

**ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

CLARA CASAGRANDE BERRIEL

**Aplicação da metodologia SMED para a redução de *setup* em uma indústria de cereais
matinais extrusados: projeto e avaliação.**

Lorena

2020

CLARA CASAGRANDE BERRIEL

Aplicação de SMED para a redução de *setup* em uma indústria de cereais matinais extrusados: avaliação e projeto.

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Departamento de Engenharia Química da Escola de Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo, como requisito parcial para conclusão do Curso de Engenharia Química.

Orientadora: Prof^a Dr^a Liana Alvares Rodrigues

Lorena

2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Casagrande Berriel, Clara

Aplicação da metodologia SMED para a redução de setup em uma indústria de cereais matinais extrusados: projeto e avaliação. / Clara Casagrande Berriel; orientadora Liana Alvares Rodrigues. - Lorena, 2020.
57 p.

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia Química - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2020

1. Sistema toyota de produção. 2. Manufatura enxuta. 3. Smed. 4. Redução do tempo de setup.. I. Título. II. Rodrigues, Liana Alvares, orient.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Carmen, que sempre foi o meu exemplo: mulher guerreira, alegre e confiante. Obrigada por ter me dado todo o seu amor e se dedicar tanto. Obrigada por me apoiar, por acreditar em mim e ser a minha melhor amiga. Ao meu pai, que sempre tirou o melhor de mim, lutando para que eu me tornasse uma mulher forte e independente. Obrigada por se preocupar comigo, por ter me dado a melhor educação que eu poderia ter, por acreditar no meu potencial e por continuar ao meu lado apesar de todas as nossas diferenças. À todas as mulheres incríveis da minha família. Vocês me mostraram que eu poderia ocupar qualquer espaço que desejasse.

Ao meu grande amigo Hudson, por ter me apoiado durante todos esses anos. Você me levantou nos meus momentos mais difíceis e me provou que é possível estar presente na distância.

Ao Basquete Feminino da EEL por me ensinar o significado de união, garra e comprometimento. Ao Coletivo Feminista Enedina Alves Marques por me acolher e dar sentido à nossa luta diária. À instituição Marie Curie por me mostrar que podemos fazer do mundo um lugar melhor. À todos os amigos que fiz ao longo desses anos, que se tornaram minha segunda família.

À minha orientadora Liana, pela atenção, suporte e ensinamentos durante este projeto. Você é uma mulher admirável. À Mário Salvadori, o meu primeiro exemplo profissional.

À todos que tive o prazer de conhecer e conviver na EEL-USP, que foram essenciais para a minha formação profissional e pessoal.

Que nada nos limite, que nada nos defina, que nada nos sujeite. Que a liberdade seja a nossa própria substância, já que viver é ser livre.

Simone de Beauvoir

RESUMO

Berriel, C. C. **Aplicação de SMED para a redução de *setup* em uma indústria de cereais matinais extrusados: avaliação e projeto.** 2020, 57p. Monografia - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2020.

Diante das transformações e das exigências do mercado, organizações buscam melhorar continuamente os seus processos para se manterem competitivas. Para isso, os métodos de gestão devem ser confiáveis, com produtos de alta qualidade e produção flexível. Após a Segunda Guerra Mundial, foi desenvolvido o Sistema Toyota de Produção (STP), também conhecido como Manufatura Enxuta, filosofia que visa reduzir os desperdícios das organizações e alcançar a perfeição dos processos produtivos. Este trabalho teve como objetivo a redução do tempo de *setup* em uma linha de produção de cereais extrusados, propondo uma pesquisa-ação que utilizou a metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) para a redução de desperdícios e retrabalhos, auxiliando também na diminuição dos custos de melhoria. Aliado ao SMED foram utilizados conceitos de *lean* para a análise dos tempos de troca, que foram medidos por cronoanálise. Este estudo sugeriu um *setup* inicial de aproximadamente 9 horas, número que foi reduzido para 5h45min, evidenciando uma redução de 36,38% do tempo de *setup* inicial. Ao fim do projeto constatou-se a eficácia da metodologia, principalmente quando aliada a ferramentas de melhoria contínua.

Palavras-chave: Sistema Toyota de Produção; Manufatura Enxuta; SMED; redução do tempo de *setup*.

ABSTRACT

Berriel, C. C. SMED Application to reduce setup in an extruded breakfast cereal industry: evaluation and design. 2020, 57p. Monography - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2020.

In light of market changes and demands, companies seek to continuously improve their processes in order to remain competitive. This is effective when management methods are reliable, products are high quality and production is flexible. After the Second World War, the Toyota's Production System (STP), also known as Lean Manufacturing, emerged. It's a philosophy that aims to reduce waste and seek the most efficient production process possible. This paper aims to reduce the setup time in an extruded cereal production line, proposing the Single Minute Exchange of Dies (SMED) methodology to reduce waste and rework, also helping to reduce the cost of improvement. Associated to SMED, lean tools were used to analyze the setup time, which were measured with chronoanalysis. This study suggested an initial setup time of 9 hours, which was reduced by 5h45min. This meant a reduction of 36,38%. At the end, it was possible to notice the effectiveness of the project with the SMED methodology, especially when combined with continuous improvement tools.

Key Words: Toyota Production System; Lean Manufacturing; SMED; reduce the setup time.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Casa do Sistema Toyota de Produção.	18
Figura 2: Produção tradicional versus Produção Just in Time.	21
Figura 3: Conceito de Jidoka.	22
Figura 4: Os princípios do Lean.	23
Figura 5: Sete tipos de perdas.	25
Figura 6: Desdobramento das perdas de tempo (desperdício) desconsideradas por Shingo na metodologia SMED.	33
Figura 7: Os quatro estágios para aplicar o SMED.	36
Figura 8: Fluxograma simplificado da produção de cereais expandidos.	40
Figura 9: Corte da folha de registro de setup.	43
Figura 10: Corte da folha de registro de setup com foco na análise ECRS.	44
Figura 11: Planilha utilizada para registrar o plano de ação.	45
Figura 12: Perdas (em horas) da Fabricação da empresa estudada no ano de 2018.	46
Figura 13: Paradas planejadas da Fabricação no ano de 2018.	46
Figura 14: Trocas de produtos da Fabricação em 2018.	47
Figura 15: Tempo de troca por produto na linha de fabricação estudada no ano de 2018.	47
Figura 16: Média e benchmark dos tempos de troca da linha de fabricação estudada no ano de 2018.	48
Figura 17: Tempo das atividades internas e externas após análise.	50
Figura 18: Análise ECRS ilustrada.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais dados utilizados para a definição da meta deste projeto.....	49
Tabela 2: Tempos de setup após reclassificação das atividades.....	50
Tabela 3: Tempos de setup após análise ECRS.....	51
Tabela 4: Percentual de redução do setup depois da aplicação do SMED.....	52
Tabela 5: Média dos tempos de setup de 2019.....	52
Tabela 6: Tempos de setup de agosto, setembro e outubro de 2019.	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Diferenças entre os Sistemas Ford e Toyota de Produção.	17
Quadro 2: Vantagens do uso da TRF.	34

LISTA DE SIGLAS

5W2H	Plano de ação
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
ECRS	Eliminar, Combinar, Reduzir, Simplificar
IPA	Identificar, Priorizar, Agir
JIT	<i>Just in Time</i>
ME	Manufatura Enxuta
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PNP	Paradas não planejadas
PP	Paradas planejadas
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TRF	Troca Rápida de Ferramentas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Contextualização	13
1.2. Objetivos.....	15
1.2.1. Objetivos gerais	15
1.2.2. Objetivos específicos.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. Breve histórico.....	16
2.2. O Sistema Toyota de Produção - STP	18
2.2.1. As fundações	18
2.2.2. Os pilares do Sistema Toyota de Produção	20
2.2.3. Os objetivos do Sistema Toyota de Produção	22
2.3. O Conceito de Manufatura Enxuta – <i>Lean Manufacturing</i>	23
2.4. As sete perdas	24
2.5. Principais Ferramentas Lean	27
2.5.1. 5S.....	27
2.5.2. Poka-Yoke	29
2.5.3. O sistema Kanban.....	30
2.5.4. Manutenção Produtiva Total - TPM.....	30
2.6. <i>Single Minute Exchange of Die</i> – SMED	32
2.7. Fabricação de cereais expandidos.....	38
3. METODOLOGIA.....	40
3.1. Método de pesquisa	40
3.2. Características da processo produtivo	40
3.3. Desdobramento de metas.....	41
3.4. Etapas do SMED	42
3.4.1. Fase preliminar	42

3.4.2. Primeiro e segundo estágios	44
3.4.3. Terceiro estágio	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
4.1. Desdobramento de Metas	46
4.2. Fase preliminar	47
4.2.1. Definição da meta.....	47
4.3. Primeiro e segundo estágios: análise e classificação das atividades de <i>setup</i>	49
4.4. Terceiro estágio	50
5. CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O mercado passa por transformações que formam um novo contexto para as organizações. A crescente concorrência e o mercado mundial têm forçado empresas a melhorar cada vez mais [1], o que implica rever o próprio sistema de produção a fim de ser mais eficiente e eficaz. A abertura dos mercados e o resultante aumento da concorrência fez com que as tecnologias de produção se dispersassem e as demandas se voltassem para uma maior variedade dos produtos em menores quantidades [2].

Nesse contexto surgiu a necessidade de se criar um modelo de gestão da produção que diminuísse os custos através da melhora da qualidade e dos prazos de entrega, proporcionando maior flexibilidade produtiva às empresas. Flexibilidade é considerada a habilidade de trocar a produção de forma rápida e a capacidade de produzir uma variedade de produtos [3].

Após a Segunda Guerra Mundial, a Toyota desenvolveu no Japão o Sistema Toyota de Produção (STP), cujo objetivo fundamental era reduzir os desperdícios das organizações [4]. Tal modelo ficou conhecido como Manufatura Enxuta (ME) e tem correspondido às expectativas das empresas no que diz respeito à necessidade de se tornarem competitivas no mercado.

A filosofia de Produção Enxuta tem suprimido os desperdícios que antes eram intrínsecos aos processos de produção em massa [5]. Segundo Mattoso [6], o Lean elimina os desperdícios por meio da identificação de pontos de melhoria. Essas melhorias são, basicamente, a busca pela redução de custos ou de tempo, considerando mão-de-obra, matéria-prima, equipamentos e pontos de melhoria de fluxo. O mesmo autor ainda afirma que graças a filosofia Lean, a economia japonesa pode se desenvolver o suficiente para competir no mercado global automotivo.

Dito isso, a ferramenta SMED atende a maioria dos requisitos necessários para uma gestão de produção abrangente e efetiva ao reduzir desperdícios [6]. Segundo Shibuya e Oliveira [7], empresas que implementaram essa metodologia alcançaram como resultado a padronização dos seus processos e a melhoria da qualidade dos produtos por meio da redução de desperdícios e retrabalhos, auxiliando na redução de custos.

Neste trabalho, o SMED será aplicado juntamente com a metodologia de pesquisa-ação, em uma indústria de cereais matinais extrusados. Segundo Caldwell, McKeehen e Kadan [8], a indústria de cereais surgiu há mais de 120 anos e emergiu como uma notável fração da indústria

mundial de alimentos. Tendo em vista a falta de tempo da vida moderna, há uma crescente necessidade de se obter produtos de preparo rápido, o que tem impulsionado o consumo de cereais matinais [9].

Cereais matinais são basicamente grãos processados para o consumo humano. Nos Estados Unidos a indústria de cereais surgiu no início do século XX e apresenta um notável crescimento [10]. A indústria brasileira, em especial, compete em preço e qualidade com indústrias estrangeiras, que vêm tanto de países com alto nível de desenvolvimento tecnológico, quanto de países em que o custo de produção é menor [6]. Desta forma, há uma imposta necessidade de ser produtivo, o que explica o desenvolvimento de estudos que pretendem aumentar a produtividade das organizações.

As vendas mundiais de cereais foram de aproximadamente US \$ 31,8 bilhões em 2013, indicando uma taxa de crescimento anual composta de 5 anos em torno de 2,5% [8]. Esse progresso foi possível graças a combinação de conhecimentos nas áreas de nutrição humana, formulação criativa, progresso inovador na tecnologia de processamento de cereais e marketing imaginativo [8]. Para Caldwell, McKeehen e Kadan [8], o principal impulsionador desse mercado tem sido a demanda contínua por alimentos novos, convenientes, nutritivos e acessíveis, com um apelo singular para especial para crianças.

A multinacional escolhida para este trabalho utilizou a ferramenta Identificar, Priorizar e Agir (IPA) para identificação das perdas e priorização das ações que apresentaram ter maior impacto para o negócio. A partir disso, criou-se um plano de ação para reduzir ou eliminar tais perdas. Foi identificado que uma das linhas de fabricação representavam 35,44% das trocas totais efetivas da fabricação, impactando significativamente o tempo de *setup* da unidade fabril. Dito isso, tal linha produtiva demonstrou ser uma boa opção pra a aplicabilidade da ferramenta SMED, que teoricamente deve resultar em menos tempo ocioso dos equipamentos e melhor rendimento para a empresa.

Este trabalho foi dividido em quatro seções. Posterior ao primeiro tópico, este que se apresenta, o segundo traz a fundamentação teórica, abordando aspectos relacionados ao Sistema Toyota de Produção (STP), à metodologia *Lean* e suas principais ferramentas, tendo o SMED como principal foco. A terceira seção aborda a metodologia utilizada neste projeto, e a última apresenta a análise da implementação do projeto na fábrica em questão.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos gerais

O objetivo geral deste trabalho é a aplicação e avaliação de uma metodologia de redução de *setup*, o SMED, buscando reduzir o tempo de troca de produtos em uma linha de fabricação de cereais matinais extrusados. Além disso, busca-se desenvolver uma compreensão profunda entre a teoria e a prática dos assuntos abordados por este estudo.

1.2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a aplicação da metodologia SMED em um processo produtivo a fim de reduzir o tempo de troca e aumentar a sua produtividade, propondo um desenvolvimento estruturado de um sistema de *setup* que possa ser implantado e testado, atendendo aos requisitos e as necessidades do processo;
- Reduzir desperdícios para o fortalecimento da competitividade de uma indústria de cereais matinais expandidos;

As soluções resultam de diversos estudos e foram adaptadas às necessidades da linha produtiva em questão, podendo variar de organização e inovações tecnológicas que facilitam o *setup*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Breve histórico

No mundo globalizado, a competição por um mercado consumidor é tão grande, que desperdícios e ineficiências não têm vez [5]. A economia mundial e os consumidores, cada vez mais exigentes em relação a custos e prazos, carecem de empresas que administrem os seus recursos da melhor forma possível a fim de aumentar a eficiência produtiva e se manter no mercado [11].

Segundo McIntosh et al. [12], a capacidade de mudança rápida é reconhecida como uma premissa primordial para a flexibilidade e agilidade na fabricação de pequenos lotes. E conforme Mileham et al. [13], essa característica de efeito rápido na transição de uma linha produtiva (de um produto para outro) aumenta também a capacidade de resposta da organização vista às necessidades do mercado, concedendo assim, significativos graus de liderança. Dessa forma, há uma busca constante por ferramentas e técnicas que visam melhorar a qualidade dos produtos e dos processos industriais [14].

Nesse contexto, propostas de melhorias surgiram e se aprimoraram. A primeira aplicação registrada da troca Rápida de Ferramentas foi realizada pelo engenheiro Shingeo Shingo, em 1950, com a finalidade de melhorar a eficiência de uma planta industrial japonesa de manufatura de automóveis [15]. Ali ocorreu a primeira redução do tempo de troca de ferramentas, além da identificação dos tempos de preparação como interno e externo. Segundo Fagundes [15], a partir de 1969, na fábrica da Toyota Motor Company, no Japão, a Troca Rápida de Ferramentas passou a ser chamada de Single Minute Exchange of Die (SMED), uma sistemática que reunia novas técnicas para a redução dos tempos de *setup*. Com o passar do tempo, o SMED foi adotado por todas as fábricas da Toyota, sendo aprimorada e tornando-se um dos principais elementos do STP [16].

O STP, também conhecida pelo termo de Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing*, surgiu diante da necessidade enfrentada pelas indústrias japonesas após a Segunda Guerra Mundial, quando passou a ser exigido a produção de lotes maiores e de produtos mais diversificados [17]. O Japão, muito afetado pela guerra, não tinha condições econômicas para implantar a produção em massa, característica do sistema implantado por Henry Ford e General Motors, nos Estados Unidos [18]. Diante da necessidade de criar um novo modelo de gestão que alavancasse a indústria japonesa no quadro internacional, Taiichini Ohno, vice-presidente

da Toyota, estruturou o *Lean Manufacturing*, com foco na qualidade e na flexibilidade do processo [18].

Segundo Fagundes [15], “O STP trouxe novos conceitos à Gestão da Produção, especialmente se comparando ao sistema empregado anteriormente na indústria automobilística, o Sistema Ford de Produção”. Tal sistema produtivo era baseado numa linha de montagem contínua que possibilitava a produção de muitos automóveis com elevadas taxas de produtividade e baixo custo [19]. No entanto, esse modelo industrial não dava espaço para variedades de produtos. Ford disse “O carro está disponível em qualquer cor, contando que seja preto”, o que evidencia a carência na flexibilidade produtiva deste modelo e, conseqüentemente, uma dificuldade de se adaptar às necessidades do mercado [19].

Segundo Shingo [20], existem três diferenças básicas entre o Sistema Toyota e o Sistema Ford: (i) tamanhos dos lotes, (ii) variedade de produtos e (iii) operações com fluxo contínuo de peças unitárias em todas as etapas de produção. O Quadro 1 traz as principais diferenças entre esses dois sistemas.

Quadro 1: Diferenças entre os Sistemas Ford e Toyota de Produção.

Característica	Ford	Toyota	Benefício
1. Fluxo de peças unitárias	Somente na montagem	Interligação desde o início do processo até a montagem final	Ciclos curtos, inventário de produtos acabados reduzidos, estoque intermediário pequeno
2. Tamanho do lote	Grande	Pequeno	Redução do estoque intermediário, produção puxada pela colocação do pedido
3. Fluxo do produto	Produto único (poucos modelos)	Fluxo misto (muitos modelos)	Redução do estoque intermediário, ajustes para mudanças, promoção do equilíbrio de carga homem/máquina

Fonte: Shingo [20].

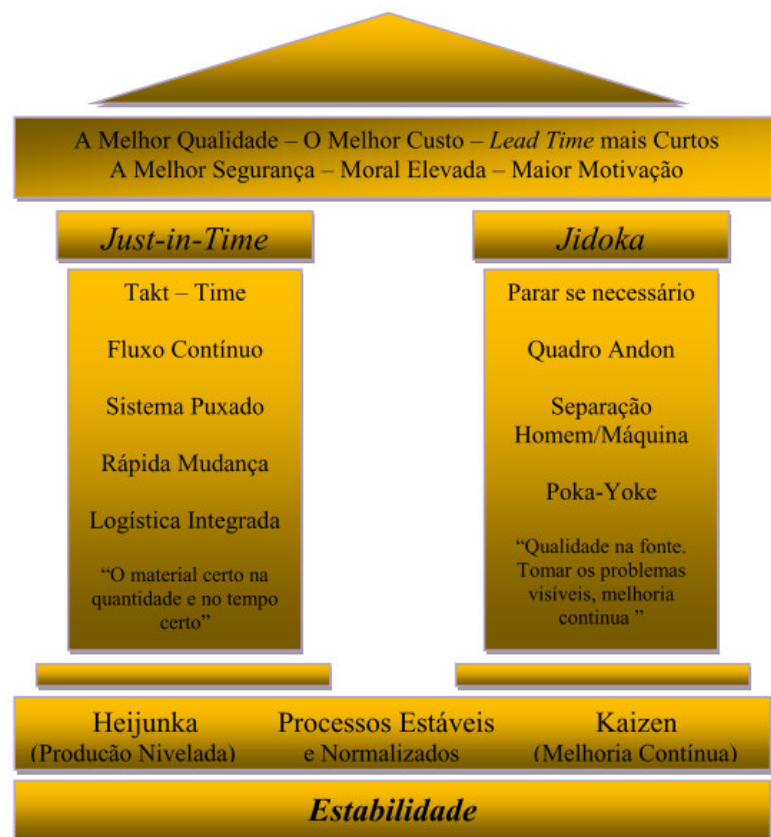
Para Fagundes [15], apesar das diferenças, o STP não se opõe ao Sistema Ford. O autor considera que o STP é uma evolução do Sistema Ford, adaptado ao mercado japonês e caracterizado pela produção em massa, lotes reduzidos e com o menor estoque possível. Com o objetivo de adaptar a gerência da manufatura ao mercado, o STP promoveu a adoção da Troca

Rápida de Ferramentas (TRF), diminuindo os tempos de *setup* e possibilitando a produção em pequenos lotes [20].

2.2. O Sistema Toyota de Produção - STP

Segundo Moreira [21], o STP não é somente um conjunto de técnicas, mas sim um sistema baseado numa estrutura. Fuji Cho, ex-diretor da Toyota, criou uma representação do STP denominada Casa do STP [22], que utiliza a figura de uma casa para explicitar o símbolo estrutural, em que as fundições, colunas e telhados devem ser fortes para sustentar a casa, ou aqui, o Sistema Toyota de Produção. A Figura 1 ilustra um modelo de Casa do STP.

Figura 1: Casa do Sistema Toyota de Produção.



Fonte: Moreira [21].

2.2.1. As fundações

As fundações são os elementos principais, pois são a sustentação da casa, ou seja, é o que dá a estabilidade do sistema. Moreira [21] diz que antes que se iniciar uma mudança dentro de uma organização, cujo objetivo seja a implementação de um sistema produtivo que siga os princípios do Lean Thinking, deve-se ter uma estabilidade básica dos processos, para que nas

etapas posteriores seja possível padronizá-los e aplicar outros princípios e ferramentas de implantação.

Somado ao processo estável e normalizado, o *Kaizen* (melhoria contínua) e o Heijunka (produção nivelada) também compõem as bases do STP.

2.2.1.1. A filosofia *Kaizen* – melhoria contínua

Kaizen remete a um processo de melhoria contínua e que já se tornou comum em empresas ocidentais [23]. Trata-se de uma palavra de origem Japonesa formada pela junção das palavras Kai (mudar) e Zen (melhor), tendo como significado mudar para melhor. Segundo Guerra [23], tais melhoramentos devem envolver todas as pessoas, tanto gestores como operadores, fazendo parte da rotina diária de cada um, e não necessitam de grandes gastos. Por ampliar a produtividade das empresas e auxiliar a produção com mais qualidade e mínimos esforços, a Filosofia *Kaizen* despertou interesse de estudiosos [24].

Para Laraia et al. [25], a lógica *Kaizen* propõe extinguir desperdícios de forma contínua e gradual, num curto espaço de tempo. Ao adotar a estratégia baseada em *Kaizen*, a organização deve modificar os seus processos aos poucos e continuamente. Sendo assim, essa filosofia é um compromisso com a excelência, devendo ser avaliada e melhorada dia após dia [23].

Esta ferramenta utiliza questões estratégicas com base no tempo, onde os pontos principais para o processo produtivo são qualidade, custo e entrega pontual [21]. Falhar em um destes três pontos pode levar a perda de competitividade e sustentabilidade no mercado global.

Imai [26] relata que a gestão ocidental costuma preferir a inovação, ou seja, realizar grandes mudanças tecnológicas ou utilizar os mais novos conceitos de gestão ou produção. Entretanto, o autor defende que, apesar significativa, a inovação pode trazer problemas, enquanto o *Kaizen*, baseado em melhorias de senso comum e de baixo custo, garante um “processo incremental que compensa a longo prazo”.

Segundo Imai [27], *Kaizen* é um recurso que engloba todas as técnicas de melhoria e faz a união entre cada ferramenta; ou seja, “*Kaizen* é um guarda-chuva que abrange todas as técnicas de melhoria, unindo-as de maneira harmoniosa para tirar o máximo proveito do que cada uma oferece”.

2.2.1.2. Heijunka – produção nivelada

O conceito de Heijunka foi criado a partir da percepção de que, produzindo tudo que o cliente exige e na hora que ele pede, a produção pode ser afetada por falta de materiais ou peças.

Isso faz com que a produção seja efetiva em alguns períodos, gerando sobrecarga de trabalho, e não tão efetiva em outros períodos, com a linha produtiva parada [28]. Ou seja, se a produção só ocorrer quando o cliente faz o pedido, ela será muito intensa em alguns dias e muito baixa em outros [29].

Diante disso, surgiu a prática do nivelamento do plano de trabalho, o heijunka, que consiste em calcular a demanda dos produtos a longo prazo e utilizar essa demanda para guiar o processo produtivo de forma nivelada e constante no nível dessa demanda [30]. Em outras palavras, o nivelamento é a alimentação uniforme da produção, atendendo a demanda dos consumidores por diferentes produtos [31]. Segundo Prioul [32], esse método minimiza a variância das quantidades que são produzidas e otimiza os recursos utilizados na produção.

2.2.2. Os pilares do Sistema Toyota de Produção

2.2.2.1. *Just in Time* – JIT

O *Just in Time* (JIT) é uma estratégia de gerenciamento da produção que sugere a produção de bens e serviços apenas no momento em que eles são necessários [15]. Ou seja, a produção deve ser abastecida com os materiais corretos, nas quantidades, no tempo e no lugar certo, pois a produção antecipada resulta em estoques e, conseqüentemente, em custos [33]. O objetivo do JIT é, portanto, a melhoria contínua por meio de ferramentas que busquem a produção com estoque zero [21].

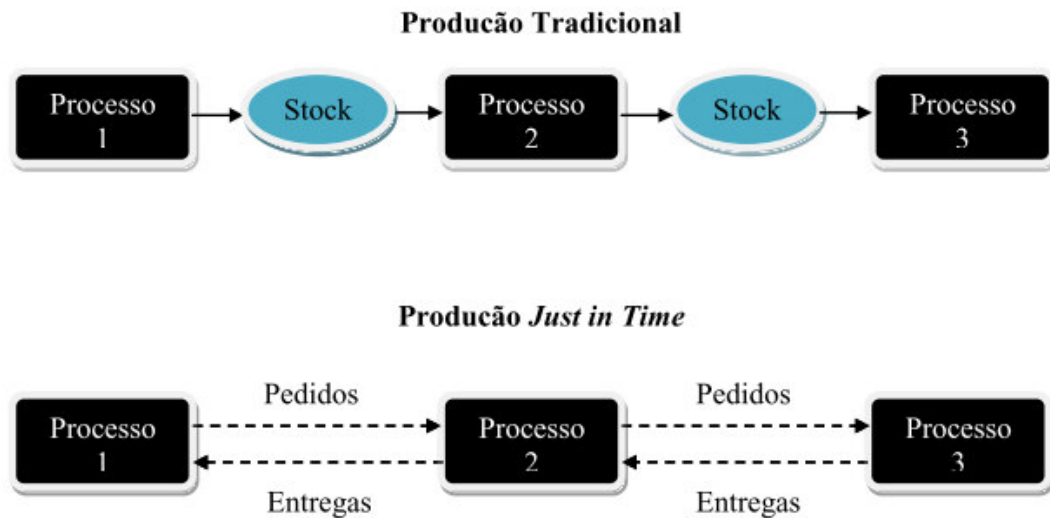
Slack [34] define o JIT de forma mais robusta:

“O *Just in Time* (JIT) é uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade necessária de componentes, na qualidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT é dependente do balanço entre a flexibilidade do fornecedor e flexibilidade do usuário. Ele é alcançado através da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe. Uma filosofia chave do JIT é a simplificação”.

Ghinato [33] diz ainda que o JIT é somente um meio de atingir o principal objetivo do STP, que é a eliminação de perdas para o aumento dos lucros.

A Figura 2 ilustra uma comparação entre a produção tradicional e a produção JIT.

Figura 2: Produção tradicional versus Produção *Just in Time*.



Fonte: Moreira [21].

Pode-se perceber que na produção tradicional a produção era realizada sem interrupções e para isso era crucial preservar um estoque, que asseguraria a eficiência e resguardava a produção de possíveis distúrbios [21]. De outro modo, os estoques entre os processos são extintos na abordagem JIT e as entregas são realizadas de acordo com os pedidos do processo seguinte.

Moreira [21] defende que o JIT apresenta vantagens além da redução dos desperdícios e alto valor agregado do produto, como a redução da superprodução, do tempo de espera, transportes, dos estoques, da movimentação excessiva de recursos e dos produtos defeituosos. A autora ainda acrescenta que é por criar uma dependência em todo o sistema produtivo e formar uma base no processo como um todo que o JIT é considerado um dos pilares do STP.

2.2.2.2. *Jidoka* - automação

Jidoka é um termo japonês que surgiu na Toyota com a necessidade de que um trabalhador pudesse operar mais de uma máquina ao mesmo tempo, aumentando assim a eficiência da produção [33]. Esse termo, muitas vezes expresso como “automação com toque humano”, significa que ao ocorrer algum problema com uma máquina, o equipamento para imediatamente, evitando a produção de itens defeituosos.

Não é incomum que se refiram a esse termo como uma filosofia para garantir a qualidade na produção, pois com a automação, a responsabilidade de produção com qualidade nos postos de trabalho ou máquinas é delegada ao longo da cadeia produtiva [21].

O conceito de Jidoka é ilustrado na Figura 3. A principal caracterização do Jidoka é impossibilitar a geração e propagação de falhas, além extinguir possíveis anormalidades no processamento. Quando o processo é interrompido, o operador é capaz de identificar o problema, e isso fomenta um esforço para que seja possível identificar a principal causa e eliminá-la, o que evita que o problema se repita, diminuindo as paradas da linha de produção [33].

Figura 3: Conceito de Jidoka.



Fonte: Moreira [21].

Apesar da automação ser comumente associada à automação, sua ideia não se restringe à máquinas, podendo ser empregado nas linhas de operação manuais. Nestes casos os operadores podem pausar a produção ao observar alguma anormalidade, reunindo a autonomia e, simultaneamente, a automação com toque humano [21], [33]. Nota-se aqui que a concepção de automação se aproxima mais à ideia de autonomia do que a de automação, pois enquanto a autonomia para pausar a linha produtiva é requisito indispensável, a automação nem sempre está presente [33].

2.2.3. Os objetivos do Sistema Toyota de Produção

Os objetivos principais da casa do STP são sustentados pela fundação e pelos pilares mencionados anteriormente. Segundo Moreira [21], esses objetivos são:

- Qualidade: buscar a produção de bens cada vez melhores de acordo com as necessidades do cliente;
- Redução de custos: redução de custos por meio da melhoria contínua, tornando o processo mais eficiente;

- Menor Lead Time: com um tempo produtivo menor, a produção se torna mais flexível e pode-se atender mais clientes.

2.3. O Conceito de Manufatura Enxuta – *Lean Manufacturing*

Segundo o Lean Institute Brasil [35], Lean é um “corpo de conhecimento” fundamentado na capacidade de eliminar desperdícios continuamente e solucionar problemas de forma sistêmica. Trata-se da produção de bens ou serviços, cujo objetivo é melhorar a performance operacional para otimizar o esforço humano, os estoques, o tempo de colocação no mercado e espaço das fábricas, para que as organizações respondam rapidamente às demandas dos clientes [17]. Ou seja, é uma cultura de resolução de problemas que visa a perfeição e excelência. Graças aos resultados que proporciona, como preço reduzido e alta qualidade, hoje os princípios de Lean são utilizados no mundo inteiro e por organizações de praticamente todos os seguimentos industriais [5]

A ideia básica do pensamento Lean é que a empresa deve produzir o máximo de valor para os clientes, evitando desperdícios ao máximo [36]. Assim, segundo Hines e Taylor [37], as organizações devem aplicar os 5 princípios básicos da Manufatura Enxuta, ilustrados na Figura 4. Tais princípios cumprem o papel de orientar as empresas que desejam adotar a filosofia Lean, evidenciando o que deve ser feita para alcançar os objetivos [18].

Figura 4: Os princípios do Lean.



Fonte: Adaptado de Lean Enterprise Institute [38].

- Especificar o valor do cliente.

As empresas devem inicialmente identificar e entender qual é o valor do cliente, ou seja, o que gera e o que não gera valor sob a perspectiva do comprador. Entende-se que somente a partir da compreensão exata das necessidades do consumidor é possível produzir o que ele

deseja. Para Hines et al. [39], somente satisfazendo as necessidades do cliente, cobrando o preço que ele estiver disposto a pagar, as empresas conseguirão se manter no mercado.

- Compreender o fluxo de valor.

O fluxo de valor são todas as atividades que “[...] quando realizadas corretamente e na ordem exata, produzem o produto ou o serviço para um cliente.” [36]. Compreender o fluxo de valor é, portanto, identificar todos os passos necessários para produzir um determinado produto [5]. Cruz (2013), diz que para identificar essas atividades, pode-se dividi-las em três categorias: atividades que acrescentam valor; atividades que não acrescentam valor, mas são fundamentais para a conservação dos processos e qualidade, e as atividades que não possuem qualquer valor associado, que podem ser chamadas de desperdícios. Após esta divisão, deve-se buscar eliminar as atividades consideradas como desperdício.

- Aperfeiçoar o fluxo de valor.

É necessário promover ações a fim de melhorar o fluxo, fazendo com que o trabalho na organização flua continuamente e sem esperas. Para Pinto [40], este ponto capacita a empresa para uma resposta mais ágil e eficiente para as necessidades do mercado.

- Utilizar o sistema *pull*.

Sistema *pull* significa produzir somente as quantidades que o consumidor solicita, ou seja, reagir à encomenda do cliente [36]. Assim é possível reduzir eventuais inventários e há um aumento na mão de obra disponível [19].

- Buscar um processo perfeito.

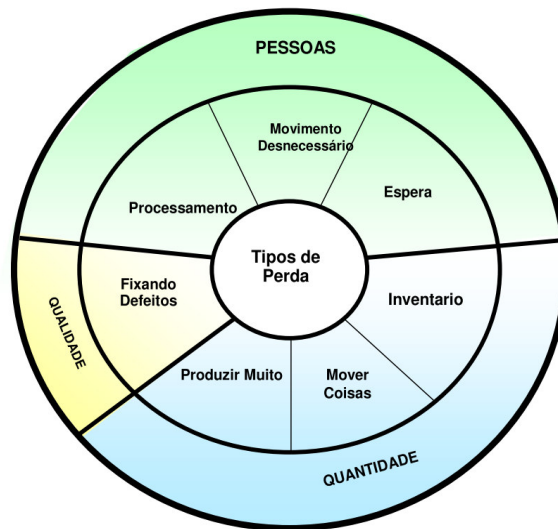
Deve-se ter ações para melhoria contínua do processo, tornando-o flexível e procurando remover as perdas e desperdícios. Moutinho [36] diz que num processo perfeito cada passo é valioso, então tal processo deve ser capaz, disponível, adequado, flexível e orientado para um fluxo contínuo. Dessa forma, entende-se que o Lean procura identificar e reduzir os desperdícios para atender o mercado consumidor e manter a organização competitiva no mercado.

2.4. As sete perdas

Segundo Ohno [41], desperdício são todos os elementos (ou atividades) que são realizadas no processo de produção e que aumentam os custos sem agregar valor ao produto, do ponto de vista do cliente. Womack e Jones [42] destacam que Shigeo Shingo identificou, em

1981, sete tipos de desperdícios, também denominados de perdas, para o sistema Toyota de Produção, que estão listados a seguir e ilustrados na Figura 5.

Figura 5: Sete tipos de perdas.



Fonte: Riani [18].

A figura acima evidencia que a qualidade do produto, quantidade produzida e pessoas estão ligadas de forma direta aos sete tipos de perda [18]. As perdas por processamento, por movimentos desnecessários e por tempo de espera são relacionadas à mão de obra, enquanto as perdas de superprodução, de transporte excessivo e de inventários dispensáveis são associados à quantidade de produção. Já a perda em consequência de produtos defeituosos e retrabalho se refere à qualidade do produto. Riani [18] conclui então, que investindo nesses três pontos, pessoas, qualidade e quantidade, pode-se minimizar, ou até aniquilar, as perdas no processo.

1. Superprodução

Riani [18] classifica a superprodução em duas categorias. A superprodução por quantidade é a produção além do que foi programado, gerando sobra de peças ou produtos, enquanto a superprodução por antecipação é a perda pela produção antes do momento necessário, gerando estoques. A engenheira ainda aponta que esse é o pior tipo de perda, pois além de ser de difícil eliminação, gera outros desperdícios, como grandes áreas de estoques e deterioração dos produtos, além de altos custos de energia e manutenção de equipamentos.

2. Transporte excessivo

Movimentação excessiva de pessoas, peças ou informações geram um gasto desnecessário de capital, tempo e energia, além de não agregarem valor ao produto final [21].

Riani [18] ressalta que o excesso de movimentação também leva a estoques temporários na produção.

3. Processos inadequados

Segundo Moreira [21] é o desperdício inerente a um processo não otimizado, ou seja, a existência de etapas do processo que não agregam valor ao produto final. Processos inadequados podem ser a utilização errada de alguma ferramenta, sistema ou procedimento, e que geralmente podem ser substituídos por processos mais simples e até mais efetivos [6]

4. Esperas

Esperas desnecessárias de pessoas e até de peças e informações, resultam em um fluxo pobre e mal organizado, gerando longos *lead times* [6]. As esperas podem ocorrer devido à falta de matéria-prima, problemas nas máquinas, ou até quando a máquina está executando uma operação e o operador fica ocioso esperando que esta termine [19].

5. Estoque desnecessário

O armazenamento excessivo, seja de produto acabado ou intermediário, resulta em custos desnecessários, além de baixo desempenho do serviço prestado ao cliente [6]. Segundo Cruz [19], elevados estoques necessitam de elevadas áreas de armazenamento e consequentemente, maior gasto para mantê-los.

Riani [18] defende que a redução desse desperdício deve ser feita através da eliminação das causas que geram a necessidade de manter os estoques e que, por meio da extinção de todos os outros desperdícios, diminui-se, por consequência, as perdas de estoque.

6. Movimentação desnecessária

Movimentações desnecessárias são originárias da desorganização do ambiente de trabalho, que leva os operadores a realizarem movimentos desnecessários durante a execução de um trabalho ou operação [18]. Isso resulta em baixo desempenho dos aspectos ergonômicos e provável perda de ferramentas [6].

Dessa forma, o Lean busca a economia e a consistência nos movimentos através do estudo de métodos e tempos de execução das tarefas, procurando soluções simples e de baixo custo [21]. Portanto, deve-se primeiro aperfeiçoar os movimentos para posterior mecanização e automação destes.

7. Produtos defeituosos

Produtos com defeitos são resultantes de problemas nas cartas de processo, gerando problemas na qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega do mesmo. Segundo Riani [18] produzir ítems com defeitos leva a perda de materiais, disponibilidade mão de obra e equipamentos, além de gastos desnecessários com energia e movimentação desses produtos.

Além destes sete desperdícios, Womack e Jones [42] identificaram um oitavo desperdício, que se refere à subutilização de pessoas. Eles acreditam que muitas vezes as empresas não aproveitam completamente os recursos humanos, perdendo ideias criativas e melhorias que poderiam ser aplicados no processo produtivo.

2.5. Principais Ferramentas Lean

Moreira [21] evidencia que as ferramentas do Sistema Lean Thinking são importantes auxílios na organização de empresas, melhorando o fluxo de produção e promovendo ações que criam valor, gerando processos mais rentáveis e eficientes. Neste trabalho, para poder implementar a ferramenta SMED, foi necessário conhecer outras ferramentas a fim de obter mais sucesso na redução do *setup*.

As ferramentas a seguintes ditam como seguir os princípios do Lean. A ferramenta SMED é abordada como um tópico a parte, por ser o foco deste projeto.

2.5.1. 5S

O principal objetivo da ferramenta 5S é aprimorar a qualidade dos produtos e serviços; melhorar o ambiente de trabalho e a qualidade de vida dos funcionários; potencializar o aproveitamento dos recursos disponíveis; encolher gastos e desperdícios; otimizar o espaço físico; reduzir e prevenir acidentes [21]. A sigla 5S, deriva das iniciais de cinco palavras japonesas: Seiri, Seiton, Seison, Seiketsu e Shitsuke [19].

- Seike: Separar

Moreira [21] interpreta como Senso de utilização. Segundo o autor, para que tudo se mantenha em ordem, deve-se utilizar somente o necessário e aplicável, na quantidade apropriada e controlada, a fim de facilitar as operações. Deve-se então definir quais são os materiais necessários para a realização das operações referentes ao posto de trabalho, separando o que é de fato útil do que não é. Segundo Moreira [21], o que é usado sempre ou quase sempre, deve ser colocado próximo ao local de trabalho; o que é usado ocasionalmente deve ser colocado

um pouco afastado do local de trabalho; o que é usado raramente, mas é necessário, deve ser separado em um local determinado; e o que for desnecessário deve ser eliminado.

Ainda segundo Moreira [21], o primeiro “S” traz vantagens como a redução da necessidade e gastos com armazenamento e transporte; facilita o transporte interno, o espaço físico e o controle de produção; evita a compra de materiais em duplicidade; melhora a produtividade dos equipamentos e pessoas envolvidas; proporciona maior senso de organização, economia, menos cansaço físico e torna a operação mais fácil; reduz riscos de acidentes com o uso desses materiais.

- Seiton: Arrumar

Classificado por Moreira [21] como Senso de Arrumação. O passo seguinte à eliminação dos materiais desnecessários é a organização dos que são de fato necessários. Isso consiste na identificação de cada um desses materiais, além de alocação a um lugar específico para que qualquer pessoa possa localizar facilmente [19]. Nesta fase é importante padronizar as nomenclaturas; usar rótulos e cores para identificar os objetos, sempre seguindo um padrão; guardar materiais diferentes em locais diferentes; expor de forma visual os pontos críticos como extintores de incêndio, pontos de alta voltagem e partes dos equipamentos que exijam atenção; não deixar objetos ou móveis em locais de passagem [21].

- Seison: Limpar

O terceiro “S” diz respeito à limpeza do local de trabalho, para mantê-lo limpo e agradável para os operadores. Para isso, todo o material de limpeza necessário deve estar disponível no posto de trabalho [19].

Moreira [21] classifica essa etapa como Senso de Zelo, em que cada pessoa deve estar ciente da importância de estar num ambiente limpo, que segundo a autora, traduz qualidade e segurança. A engenheira ainda diz que o desenvolvimento do senso de limpeza evita proporcionar o aumento da produtividade das pessoas, máquinas e materiais, uma vez que evita o retrabalho, além de evitar perdas e danos de materiais e produtos.

- Seiketsu: Normalizar

O quarto “S” se refere à padronização dos procedimentos de limpeza que foram estabelecidos. Moreira [21] define esse ponto como Senso de Saúde e Higiene, em que deve-se conservar o ambiente de trabalho de “forma favorável à saúde e higiene”. O autor define higiene

como a manutenção de limpeza e ordem do local, além de ressaltar que a segurança do trabalho é maior num ambiente limpo.

- Shitsuke: Manutenção

O último “S” tem o objetivo de garantir que os outros quatro “S” anteriores estão sendo cumpridos. De acordo com Cruz[19], esta é uma fase de trabalhosa implementação, pois as pessoas são resistentes às mudanças na rotina. Portanto, pode-se recorrer a auditorias periódicas para avaliar os procedimentos operacionais e os padrões de tempos em tempos. Moreira [21] classifica esta etapa como Sensso de Auto-Disciplina, em que deve-se transformar o 5S em um hábito.

2.5.2. Poka-Yoke

Como já foi dito anteriormente, a filosofia Lean busca uma produção perfeita, ou seja, sem defeitos. Para que isso realmente ocorra, é recomendado substituir a inspeção por amostragem pela inspeção de 100% dos produtos (informativa), bem como agir nas verdadeiras causas geradoras destes defeitos a fim de evitar que eles se repitam [15]. Deste modo, utiliza-se o conceito de Autonomia ou Jidoka, que se refere à construção de mecanismos para prevenir materiais defeituosos na produção em massa, em máquinas ou linhas de produtos, além do conceito dos dispositivos à prova de erros, conhecidos como poka-yoke [4].

O conceito de poka-yoke foi introduzido em 1961 por Shingeo Shingo, quando ele trabalhava na Toyota Motor Corporation, e significa *mistake-proofing* (à prova de erros) [43]. Os poka-yokes são dispositivos constituídos por um instrumento de detecção de falhas, uma ferramenta para limitar a operação ou isolar o item anômalo, e um conjunto de sinalização, que deve indicar o erro e proporcionar a ação imediata do operador [15].

Moreira [21] relata que idealmente os poka-yokes garantem que as condições dos produtos estão adequadas antes de executar o próximo passo do processo, primeiramente impedindo que os defeitos ocorram e, quando isto não é possível, os poka-yokes possuem a função de detecção, eliminando defeitos no processo. A autora ainda defende que, apesar de poder exemplificar poka-yokes como interruptores de limite, pinos de guia ou deligadores automáticos, essa é uma visão muito restrita e que estes mecanismos podem ser qualquer forma que impede ou previne execução incorreta, ou fora do padrão, no processo.

2.5.3. O sistema Kanban

Kanban é uma forma clara e de comunicação direta situada no ponto que se faz necessária, que controla a superprodução e diminui a necessidade física de grandes espaços; é portanto um sistema de gestão de estoques que age no controle das quantidades necessárias à produção em todos os processos [15].

Segundo Moreira [21], o conceito fundamentado do Kanban é o controle visual e se trata de uma maneira de ordenar o trabalho, estabelecendo como produzir, como transportar e onde entregar. Com esse sistema, o material em processo é limitado e controlado, as necessidades de reposição são identificadas visualmente e a burocracia é eliminada.

2.5.4. Manutenção Produtiva Total - TPM

A Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* - TPM) surgiu com a Nippon Denso KK, uma das integrantes do grupo Toyota. Apesar deste conceito ter sido iniciado no Japão durante a década de 70, só se desenvolveu no Brasil a partir de 1986 [44]. Trata-se de um método de gerenciamento que visa identificar e eliminar as perdas da produção e assegura produtos de maior qualidade a custos mais baixos [21].

Em resumo, a TPM tem como objetivo o aumento da eficiência da empresa, melhorando a qualificação das pessoas e dos equipamentos, além de desenvolver os indivíduos para conduzirem fábricas mais automatizadas, que ganham cada vez mais espaço [45]. A ideia é que, sendo os operadores as pessoas que mais conhecem os equipamentos, se eles forem bem treinados, terão mais condições de identificar os problemas [44]. Portanto, a equipe envolvida na produção deve ser treinada para realizar as modificações necessárias no maquinário. Dessa forma, os operadores se tornam aptos a executar tarefas básicas que um dia eram feitas somente pela equipe de manutenção, como lubrificação e limpezas específicas, medição de vibração e temperatura, troca de lâmpadas, limpeza e troca de filtros, substituição de partes removíveis dos equipamentos, entre outras tarefas; deixando a área de manutenção responsável pelos serviços tecnicamente mais complexos [45].

O nome, *Total Productive Maintenance*, traduz os principais conceitos deste método de gestão. *Total* remete ao envolvimento de todos os colaboradores e à eliminação de todos os possíveis acidentes, defeitos e falhas. *Productive* significa que as medidas de melhoria devem ser feitas com a produção contínua e remete ao objetivo de minimizar os problemas na produção. Por último, *Maintenance* exprime a ideia de conservar os equipamentos sempre em boas condições de uso, limpos e lubrificados [21].

Segundo Nascif e Kardec [44], o conceito de Quebra Zero é fundamental na filosofia TPM, pois a quebra é o principal fator que prejudica o rendimento operacional. Esse conceito significa que a máquina deve rodar 100% do tempo em que ela estava programada para operar. Shingo [20], considera a TPM como uma abordagem científica, que resulta no desenvolvimento de melhorias contínuas juntamente com a eliminação dos desperdícios. Para atingir a quebra zero deve-se: (a) manter os equipamentos em condições básicas de funcionamento, limpos e lubrificados, além de garantir as condições de uso dos equipamentos dentro dos limites estabelecidos; (b) minimizar as causas de envelhecimento dos equipamentos para evitar possíveis quebras, por meio de inspeções e restaurações periódicas; (c) rever e reparar falhas originais dos projetos, revisar a previsão de vida média útil dos equipamentos; e (d) instruir e desenvolver os indivíduos para diagnosticarem e atuarem nos problemas.

Segundo Moreira [21] e Alves e Oliveira [45] A filosofia TPM é sustentada por oito pilares, são eles:

- Manutenção autônoma: manutenção da autonomia do operador, ou seja, a capacitação da operação para fazer intervenções e pequenos ajustes nas máquinas;
- Manutenção planejada: estruturação da manutenção planejada, o que significa elaborar um plano de manutenção dos equipamentos, tarefa que deve ser realizada pela área de manutenção da fábrica;
- Melhorias Específicas: melhoria dos equipamentos para aumentar suas eficiências e assim reduzir as perdas; pode-se dizer que este pilar se refere à melhoria global do negócio, pois objetiva minimizar as falhas para aumentar o desempenho da linha e consequentemente da própria organização [44];
- Educação e Treinamento: instruir os operadores e técnicos de manutenção, para expandir suas capacidades técnicas, gerenciais e comportamentais, tornando-os capazes de realizar completamente todas as suas atividades;
- Manutenção da Qualidade: manutenção da qualidade dos produtos e processos, por meio da eliminação das perdas relacionadas à qualidade das máquinas e que afetam o produto;
- Controle inicial: implementação de uma estrutura de gestão da fase inicial para novos projetos e equipamento, além da eliminação de falhas e elaboração de sistemas de monitoramentos.
- Gestão Administrativa: criação e aplicação de uma gestão no modelo TPM nas áreas administrativas para otimizar a geração de informações e aumentar sua eficiência;

- Segurana, Higiene e Meio Ambiente: implantação de melhorias nas áreas de saúde, segurança e meio ambiente, com a meta de ter zero acidentes e eliminar qualquer condição que coloque em risco a segurança dos funcionários e da produção.

2.6. *Single Minute Exchange of Die* – SMED

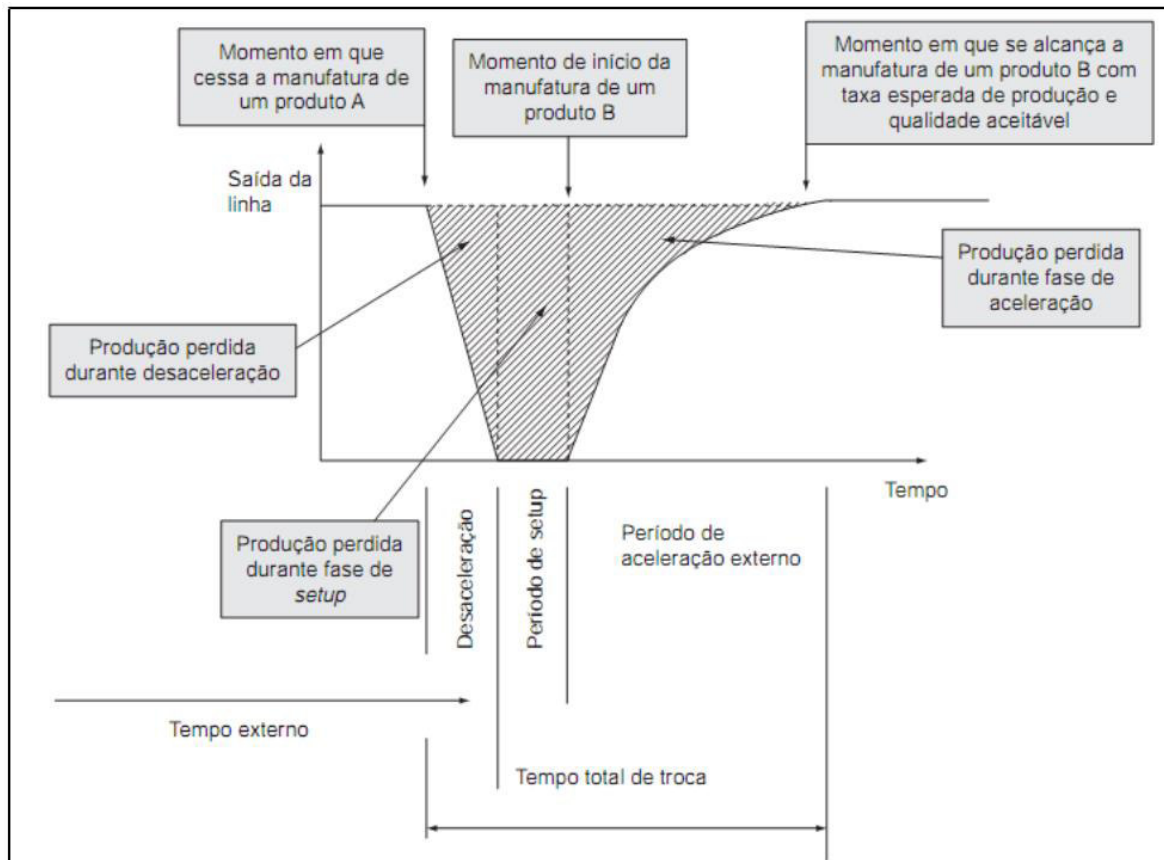
Uma das ferramentas mais relevantes de Lean para reduzir perdas nas indústrias é o *Single Minute Exchange of Dies* (SMED), que trata o tema da redução de tempo na preparação, troca, ajuste de equipamentos e quais ferramentas estão associadas a essas trocas [51]. O SMED foi desenvolvido em 1985 por Shingeo Shingo, um engenheiro japonês, com o objetivo de reduzir o tempo de troca de produção para um único dígito (menos de 10 minutos), transformando as atividades internas em externas [17].

Shingo [52] deixa claro que é a separação correta entre o que deve ser uma atividade interna e o que deve ser atividade externa que contribui para a redução do tempo de *setup*. O engenheiro define como atividade interna aquelas que só podem ser executadas quando a máquina está desligada, enquanto atividades externas são aquelas que podem ser realizadas quando a máquina ainda está em funcionamento (antes ou depois da troca de produto), uma vez que não interferem diretamente no equipamento e que podem ser realizadas sem interromper a produção.

Martins e Laugeni [53] definem o tempo de troca (*setup* ou *changeover*) como todo o trabalho que deve ser realizado para colocar os equipamentos em condições de produzir um novo item com qualidade. Segundo Goubergen e Landeghem [54], o *setup* é o tempo necessário para configurar um determinado sistema de produção para executar um produto de características diferentes do produto que estava sendo produzido anteriormente.

Fundamentando-se nessas definições, entende-se que o *setup* deve considerar todas as atividades necessárias para o início da produção de um novo item, incluindo as trocas de ferramentas, ajustes dos parâmetros de processo, limpeza dos equipamentos e a preparação das matérias primas que serão utilizadas no lote seguinte. Em outras palavras, é o tempo gasto desde a produção do último produto de um lote até a produção do primeiro item do próximo lote, com a produtividade e qualidade padrões [55]. Tal definição é descrita na Figura 6.

Figura 6: Desdobramento das perdas de tempo (desperdício) desconsideradas por Shingo na metodologia SMED.



Fonte: Leandro [56].

Segundo Nicholas [57], a simplificação das atividades de *setup* é de suma importância, pois traz benefícios em diferentes esferas organizacionais. Tal autor enumera os seguintes benefícios abaixo:

1. Qualidade: Um erro de *setup*, como uma limpeza mal executada por exemplo, pode causar defeitos em todos os produtos de um lote de produção. Sendo assim, a simplificação e melhoria do *setup* podem aumentar a qualidade do produto.

2. Minimização de custos: Um tempo de *setup* menor gera lotes produzidos com uma base diária, levando a uma diminuição de investimentos excessivos com estoque. Além disso, procedimentos mais simples de *setup* diminuem as horas gastas para realizar tal tarefa, logo os custos relacionados ao *setup* também são reduzidos.

3. Flexibilidade e redução de estoques: Com *setups* rápidos, a manufatura torna-se mais flexível no que diz respeito ao ajuste de equipamentos, sendo possível produzir diversos produtos em caso de variações da demanda, gerando assim, lotes menores.

4. Utilização do trabalhador: se o *setup* é simplificado, um maior número de trabalhadores serão capazes de realizá-lo. Dessa forma, as pessoas com mais conhecimento técnico poderão focar em atividades tecnicamente mais complexas.

5. Capacidade e *Lead Time*: *Setups* mais curtos aumentam a capacidade da produção e diminuem o *lead time* da mesma.

Deste modo a redução de *setup* se mostra essencial em vários aspectos da produção, afetando desde a qualidade do produto até o tempo de entrega ao consumidor final. Além disso, as maiores dificuldades que ocorrem em uma indústria são provenientes das operações de *setup* [8], portanto é nesta etapa que as organizações devem concentrar os seus esforços.

Dessa forma, o SMED, que ficou conhecido no Brasil como Troca Rápida de Ferramenta (TRF), se mostrou extremamente eficiente na troca rápida de produto, sendo um fator crucial na redução dos tamanhos dos lotes e melhoria do fluxo produtivo. Essa metodologia é basicamente a prática de reduzir o tempo de troca de um produto A para um outro produto B, num equipamento ou linha de produção [11], [58]. Black [59] define a TRF como um método científico que se baseia na análise dos tempos e movimentos necessários para os *setups* e tudo que estiver incluído neste tempo pode ser melhorado por meio da utilização desta ferramenta. Segundo Moura [60], o SMED sugere a eliminação de todas as atividades que não são realmente necessárias, aprimorar os ajustes de máquinas e padronizar os passos para a troca de produto.

Shingo [16] lista as vantagens da aplicação da TRF, conforme o Quadro 2.

Quadro 2: Vantagens do uso da TRF.

(continua)

VANTAGEM	MOTIVO
Produção sem estoque	Pedidos de baixo volume e alta diversificação podem ser realizados em pequenos lotes devido ao tempo reduzido de <i>setup</i> , não gerando estoques.
Aumento das taxas de utilização de máquina e capacidade produtiva	Com a redução do tempo de <i>setup</i> , os índices de utilização da máquina e a produtividade aumentam.
Eliminação dos erros de <i>setup</i>	Com a eliminação de operações experimentais é reduzida a incidência de efeitos.

Quadro 2: Vantagens do uso da TRF.

(conclusão)

VANTAGEM	MOTIVO
Qualidade melhorada	As condições operacionais são reguladas com antecedência melhorando a qualidade.
Maior segurança	Operações se tornam mais seguras devido a sua simplicidade
<i>Housekeeping</i> simplificado	O número de ferramentas necessárias é reduzido devido à padronização do <i>setup</i> .
Menores despesas	Aumenta a produtividade diminuindo o custo
Preferência do operador	Devido à simplicidade e rapidez do <i>setup</i> , não há razões para evitá-la
Menor exigência de qualificação	A simplicidade das operações de <i>setup</i> elimina a necessidade de mão-de-obra qualificada
Tempo de produção reduzido	Com a redução de tamanho do lote, reduz também o tempo que um lote inteiro espera para ser processado e o tempo que cada peça do lote espera para a conclusão do restante das peças do mesmo lote
Aumento da flexibilidade de produção	Permite responder rapidamente a mudanças da demanda
Eliminação de paradigmas conceituais	O aumento do número de <i>setup</i> não significa menor produtividade.

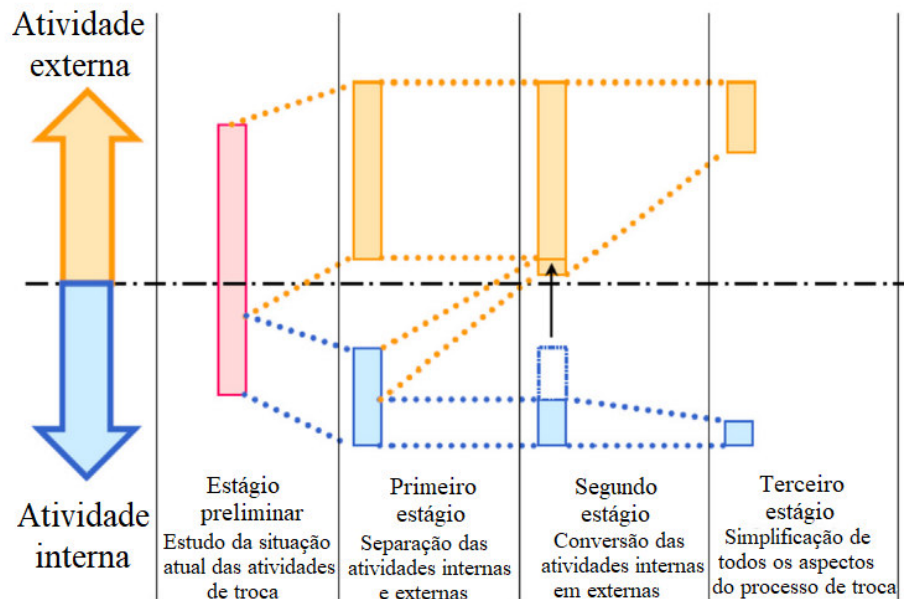
Fonte: Adaptado de Shingo [16].

Como já mencionado, a demanda por diversidade de produção forçou as organizações a adotarem o Sistema Toyota, que resulta em lotes menores [51]. De acordo com Rosa et al. [61], isso evidencia uma associação direta entre o tamanho dos lotes e os tempos de troca, pois se o tempo para realizar a troca for muito longo ou se as atividades dessa troca forem muito complexas, há uma tendência para a produção de grandes lotes. Sendo assim, para atender as exigências do mercado, as trocas devem ser executadas necessariamente da forma mais rápida possível. A execução do SMED contribui também para minimizar os estoques, além de evitar

transportes, movimentos e esperas desnecessárias durante as atividades de troca, uma vez que sua adoção favorece a economia do tempo do operador e da máquina [17].

Shingo [20] propôs quatro estágios para aplicar o SMED, como ilustrado na Figura 7: o estágio preliminar, primeiro estágio, segundo estágio e terceiro estágio.

Figura 7: Os quatro estágios para aplicar o SMED.



Fonte: Adaptado de Leme et al. [17].

a) Fase preliminar: Observar o *setup* atual.

Aqui deve-se analisar as condições de produção na qual se deseja implementar o SMED, observando, identificando e descrevendo como o *setup* é realizado, para uma posterior análise e distinção das atividades internas e externas [8]. Shingo recomenda a utilização de um cronômetro para a obtenção dos tempos das atividades, além de conversas com os operadores e filmagens, para que seja possível caracterizar as condições do *setup*. O autor ainda enfatiza que “[...] observações e discussões informais com os trabalhadores geralmente são suficientes” [62].

b) Primeiro estágio: Separação do *setup* interno e externo.

Segundo Robinson [62], diferenciar as atividades internas e externas é o estágio mais importante da implementação do SMED. De acordo com Shingo [52], essa fase pode reduzir de 30 a 50% o tempo de troca analisado. Robinson [62] ainda acrescenta algumas técnicas que Shingo sugeriu para garantir a realização de tarefas como *setup* externo. São elas:

- Uso de listas de verificação: recomenda-se criar uma lista com todas as etapas e passos necessários para se realizar uma operação. Shingo [52] cita que tal lista deve incluir nomes; especificações; número de lâminas ou dies; pressão, temperatura e outros parâmetros; valores numéricos para todos os dimensionamentos e ajustes necessários.

- Verificações (double-check): Shingo [52] destaca a importância de verificar se não há erros nas condições de funcionamento de cada etapa a fim de evitar erros e retrabalhos.

- Melhoria no transporte de matrizes e outros componentes: Movimentação de ferramentas e peças do estoque para a máquina ou vice-versa devem ser feitos, preferencialmente, enquanto as máquinas ainda estão em funcionamento, ou seja, devem ser classificados como atividade externa [52].

c) Segundo estágio: Transformar *setup* interno em externo

Essa é a fase em que as atividades internas são convertidas em externas, e Shingo [52] diz que o primeiro passo para isso é preparar com antecedência as condições operacionais. Em seu livro, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, o engenheiro cita alguns vários exemplos para ilustrar esse método.

Em um desses exemplos, o autor relata a situação de uma fábrica de tecidos, que realizava operações de tingimento por meio da imersão dos tecidos em um tanque com corante aquecido. O principal problema era o tempo gasto para que o tanque atingisse a temperatura ideal de processo e a solução foi a instalação de um tanque auxiliar. Enquanto o primeiro tanque estava sendo utilizado para o tingimento dos tecidos, esse segundo tanque era preenchido com o corante do próximo lote e era pré-aquecido. Quando o primeiro lote fosse concluído, uma válvula de ligação entre os dois tanque poderia ser aberta e o corante pré-aquecido era transportado ao tanque de uso. E o tanque auxiliar poderia pré-aquecer o corante para o seguinte lote. Além de eliminar o atraso causado pelo aquecimento do corante, a empresa obteve um efeito adicional: as cores dos tecidos passaram a ser mais intensas.

Shingo [52] ainda diz que as atividades devem ser padronizadas, ressaltando a importância do registro da sistemática obtida da aplicação do SMED, para garantir o trabalho padronizado e ser base para treinamentos e aprimoramento dos operadores. Shibuya [8] ressalta que nesta etapa é importante que cada atividade seja reexaminada sob uma nova perspectiva da sua real função a fim de averiguar se alguma etapa foi assumida erroneamente como interna.

d) Terceiro estágio: racionalização das atividades do *setup* e melhoria contínua

Shingo [52] afirma que somente as etapas anteriores não são suficientes para garantir a eficácia do SMED, sendo necessário aplicar a melhoria contínua em todas as operações envolvidas no processo. Assim, esta é a etapa em que se deve buscar a racionalização das atividades de *setup* com o objetivo de reduzir ainda mais o tempo de *setup* interno e eliminar falhas no *setup* externo [11]. Exemplos de possíveis simplificações são:

- Utilização de grampos funcionais ou até a eliminação de grampos;
- Substituição de peças de difícil retirada ou fixação por peças de fácil encaixe ou fixação de único toque;
- Criação e utilização de gabaritos padronizados que facilitem ajustes finos na máquina, ou que eliminem a necessidade de ajustes.

2.7. Fabricação de cereais expandidos

Os cereais matinais são alimentos extrusados, cujo amido é a principal matéria-prima, podendo ser obtido de diversos grãos como milho, arroz, trigo, aveia e cevada [9]. São alimentos com alto teor de proteína, carboidratos e fibras, podendo ser enriquecidos com vitaminas e sais minerais visando aumentar o seu valor nutritivo [10]. Os cereais prontos para consumo, ou seja, aqueles que não necessitam de cozimento para serem consumidos (*ready to eat cereals* - RTE) representam cerca de 86% das vendas globais de cereais matinais (aproximadamente 3,6 milhões de toneladas globais) e necessitam de embalagens especiais para proteger o seu sabor, textura e nutrição durante o armazenamento, além de atrair visualmente o consumidor [9].

O cozimento por extrusão é uma importante etapa de processamento industrial no setor alimentício, sendo considerado um processo de fabricação muito eficiente [63]. É um tratamento térmico que combina calor, umidade e trabalho mecânico, modificando profundamente as matérias primas, dando-lhes novas formas, estruturas e características funcionais e nutricionais [64]. A extrusão combina, num único equipamento, diversas operações unitárias, incluindo mistura, cozimento, cisalhamento e moldagem, e modificações físico-químicas [65], que resulta num processo capaz de produzir uma ampla variedade de alimentos, normalmente ricos em amido, incluindo cereais RTE.

O princípio fundamental da extrusão é converter um material sólido em fluido pela aplicação de calor e trabalho mecânico e extrusá-lo através de uma matriz (*die*), promovendo assim, a termo-plastificação do material [64]. Esse processo é dado através da utilização de uma

rosca sem fim que pressiona a massa através de uma abertura estreita por onde o material é expelido [65]. Há vários tipos de extrusoras, utilizadas de acordo com a necessidade do processo; elas podem ser de rosca única ou dupla, de alto ou baixo cisalhamento por exemplo [9].

Em muitos processos de extrusão alimentar, o aquecimento e a cozimento das matérias-primas ocorrem simultaneamente, à medida que estas são misturadas e dão forma ao produto final [66]. Deste modo, após as respectivas matérias-primas sofrerem o aquecimento, que conduz ao seu amolecimento, o produto é moldado por este orifício de saída, consolidando a sua forma [65]. As perfurações nos *dies* e o design das facas de corte presentes na saída da extrusora, juntamente com a temperatura, pressão, tempo de residência e cisalhamento no barril da extrusora são responsáveis pela forma, tamanho e textura do produto final [9]. A diferença de pressão entre o interior e o exterior da extrusora leva à expansão da massa que sai do *die*, resultando em extrudados expandidos [67].

3. METODOLOGIA

3.1. Método de pesquisa

Para a execução deste trabalho foi conduzida uma pesquisa pelo método de pesquisa-ação que, segundo Carneiro [68], une a pesquisa científica a um problema empírico real. Neste contexto, a proposta é a redução do *setup* nas limpezas, ajustes e trocas de peças de uma linha de produção de cereais extrusados utilizando uma sistemática de troca rápida de ferramentas, o SMED. Ao adotar este método, busca-se resolver um problema de produtividade em uma empresa de forma ativa, aplicando a ciência em um problema do dia-a-dia da organização.

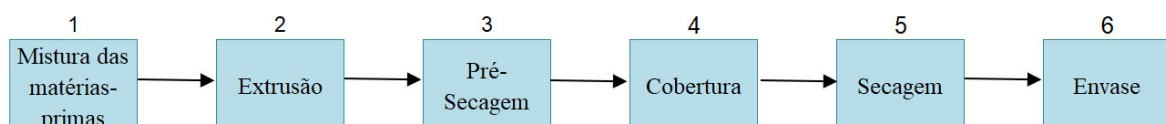
Associando a pesquisa à prática, esta metodologia assume aproximações com o objetivo de resolver problemas e implementar mudanças numa organização [15]. Segundo Avison et al. [69], os passos principais dessa metodologia são: (a) esclarecer a situação, objetivos e suposições do tema estudado, (b) reunir dados a respeito do tema, (c) entender o tema a partir dos dados recolhidos, (d) executar ações interventivas a partir do diagnóstico, (e) conhecer o sistema a fim de ter maior controle sobre ele e (f) acompanhar as melhorias obtidas.

3.2. Características da processo produtivo

Este projeto foi realizado em uma indústria de cereais matinais expandidos. O nome da empresa foi preservado por conta de sigilo de informação e confidencialidade entre a autora e a unidade da empresa em questão.

A Figura 8 ilustra de forma simplória o processo da linha produtiva em questão. No setor conhecido como *Dry Mix*, as matérias-primas são primeiramente dosadas e misturadas até formarem uma mistura homogênea (etapa 1), que passará pelo processo de extrusão numa extrusora de rosca dupla (etapa 2). Esse processo aplica calor e pressão à mistura, forçando a massa contra um molde. Ao sair da extrusora, a diferença de pressão expande o cereal, dando a sua forma característica.

Figura 8: Fluxograma simplificado da produção de cereais expandidos.



Fonte: Autora.

Após a extrusão, os extrudados passam por um processo de pré-secagem (etapa 3) para diminuir sua umidade antes de serem cobertos (etapa 4). A cobertura (*slurry*), rica em açúcar,

é aplicada ainda quente e úmida em tanques conhecidos como *enrobers*, e é a principal responsável pela cor e sabor característicos de cada tipo de cereal. Após esta etapa, tem-se a secagem final do produto (etapa 5) em temperaturas operacionais controladas e o posterior envase do mesmo (etapa 6).

Cada operador é responsável por limpar os equipamentos do seu próprio posto de trabalho. No entanto, o operador do secador final além de limpar o seu equipamento, que é de grande porte, também se encarrega de limpar os *enrobers*. Sendo assim, a etapa 5 é a que demanda mais tempo de limpeza em toda a linha produtiva, sendo portanto onde os esforços foram concentrados.

Estudos anteriores feitos pela própria empresa apontam que o desperdício do tempo está associado à falta de padrões nas execuções das atividades, ou seja, à execução desordenada das operações. Isso gera movimentação excessiva e desigual distribuição da carga de trabalho entre os operadores. Desta forma, este projeto prevê a adequação das operações por meio da organização e padronização do fluxo de trabalho dos operadores.

3.3. Desdobramento de metas

Melhorar um processo implica em uma mudança para um padrão melhor. Segundo Shingo [16], para conseguir melhorias deve-se definir metas com antecedência, explicitando os objetivos que se deseja atingir, considerando a situação inicial para a implementação de um projeto de melhoria. Fagundes [15] explica que há três fatores que devem ser levados em consideração ao se elaborar um projeto de TRF: (i) a existência e análise de indicadores dos tempos de *setup* antes do projeto (a situação inicial), (ii) o estabelecimento do percentual de redução de tempo de *setup* que se objetiva e (iii) a definição de um cronograma com tudo que deve ser executado no projeto, com estimativas de tempo de conclusão de cada atividade e os responsáveis por cada uma delas.

A empresa estudada utilizou a ferramenta IPA para identificação das perdas e priorização das ações que apresentaram ter maior impacto para o negócio. Tal ferramenta, utilizada no final de cada ano, avalia os indicadores de performance de todas as áreas da fábrica e identifica as principais perdas, para que seja possível propor iniciativas que reduzam ou eliminem tais perdas no ano seguinte.

No IPA 2019, todos os indicadores da fábrica relativos ao ano de 2018 foram analisados. A partir disso, a gerência traçou iniciativas como projetos, análises de causas, *kaizens* e etc. com prazos e responsáveis (líderes), com o intuito de melhorar os números para o ano seguinte.

Falando especificamente do setor de manufatura, os indicadores de Paradas Planejadas (PP) e Paradas Não Planejadas (PNP) das linhas produtivas foram coletadas do banco de dados da empresa e minuciosamente analisadas. Com isso, os projetos que deveriam ser executados ao longo de 2019 foram definidos e entregues para os seus respectivos líderes.

Todos os líderes, incluindo a aluna, receberam um treinamento teórico a respeito do SMED para nivelar os conhecimentos a respeito da ferramenta. Dentre os tópicos abordados, a metodologia do SMED e a importância da liderança para o sucesso do projeto foram os pontos-chaves do treinamento. Também discutiu-se sobre os tipos de perdas de máquina, definição de tempo de *setup* e a importância de reduzi-lo.

3.4. Etapas do SMED

3.4.1. Fase preliminar

Esta etapa consiste em entender e avaliar a situação atual, o que inclui a definição da meta de redução do *setup*, definição da equipe envolvida, o estabelecimento de um cronograma de trabalho e principalmente a identificação das atividades internas e externas. Nessa fase realiza-se também a medição dos *setups* atuais.

3.4.1.1. Definição da meta

Foi feita uma coleta de dados do *setup* de cada cereal produzido na linha de cereais expandidos no ano de 2018, para um estudo deste histórico. Constatou-se o *benchmark* (valor de referência do melhor resultado obtido; o menor tempo de *setup*) e calculou-se a média simples dos tempos de *setup*.

Segundo Salvadori [70], a meta de um projeto é um valor entre o *benchmark* e a média atual, e a diferença entre os dois últimos é conhecido como lacuna (ou GAP), como mostra a equação:

$$\text{lacuna} = \text{média atual} - \text{benchmark}$$

A meta foi então definida como uma equação simples:

$$\text{valor da meta} = \text{média atual} \pm (\% \text{ de redução da lacuna})$$

3.4.1.2. Definição da equipe

Após a definição da meta, formou-se uma equipe multidisciplinar, encarregada de auxiliar no registro e análise das atividades do *setup*. Os membros do grupo participaram ativamente das reuniões da equipe; contribuíram com ideias e sugestões; executaram as

atribuições que lhes foram dadas em tempo, dentro de sua área de atuação; e apoiaram a implementação das ações de melhoria.

A aluna, líder da equipe, teve a responsabilidade de conduzir as reuniões, exercendo a liderança do grupo; estabelecendo objetivos e tópicos a serem discutidos; proporcionando direção e foco às atividades da equipe; garantindo a participação dos membros nos momentos importantes; estimulando a discussão e promovendo a harmonia do grupo; ensinando e disseminando as ferramentas de metodologia para a equipe quando necessário. Além da líder, o grupo era composto por três operadores da linha de produção em que o projeto foi executado; um funcionário da área técnica, responsável pelos planos de manutenção do equipamento de maior gargalo durante a limpeza; e um membro da área de Qualidade.

3.4.1.3. Medição do *setup*

Os dados temporais do *setup* foram levantados por cronoanálise, utilizando cronômetro digital. Considerando que a linha produz tanto cereais de cor clara quanto cereais escuros (sabor chocolate, por exemplo) e que a limpeza da linha é mais difícil e demorada quando realiza-se a troca de um produto escuro para um produto de cor clara, fez-se medições que se enquadravam nessa situação. O pensamento aqui foi que, fazendo propostas de mudanças a partir da análise dos casos mais complicados, tais propostas também se encaixariam nos casos mais simples (produtos de cor clara para outro produto de cor clara, por exemplo).

Foram realizadas três medições diferentes, uma em cada turno, para que fosse possível identificar as diferenças na forma de trabalhar de cada operador. Cada atividade foi acompanhada, mensurada com o auxílio de um cronômetro e registrada em uma folha de registro, apresentada na Figura 9. Paralelamente às medições, foram realizadas conversas informais com todos os funcionários diretamente envolvidos, visando o total entendimento das limitações e necessidades da linha produtiva.

Figura 9: Corte da folha de registro de *setup*.

Data: _____ Local: _____		Troca de: _____ Para: _____		REGISTRO DE SETUP				
Nº	ATIVIDADE	Início da Atividade	Fim da Atividade	TEMPO ETAPA	Distância Percorrida	NÚM. PESSOAS		
						PREPARADOR	OPERADOR	AUXILIAR

Fonte: Autora.

3.4.2. Primeiro e segundo estágios

Feitas as medições do *setup*, cada atividade foi analisada e diferenciada entre atividade interna ou externa. Para isso, a equipe fez reuniões de *brainstorm* com o objetivo de entender qual a forma mais adequada de executar cada operação e coletar propostas de melhoria, assim como considerou o uso de *kanbans* para a disponibilização de matérias-primas e *setup* puxado.

3.4.3. Terceiro estágio

Com intuito de racionalizar as operações envolvidas nas trocas de produtos, aplicou-se a metodologia Eliminar, Combinar, Reduzir e Simplificar (ECRS). Se trata de um exame detalhado de cada atividade visando a eliminação, combinação, redução ou simplificação das atividades internas. Toda a análise ECRS foi preenchida na folha de registro, como mostra a Figura 10.

Figura 10: Corte da folha de registro de *setup* com foco na análise ECRS.

Análise do Set up											
SITUAÇÃO ATUAL		RECLASSIFICAÇÃO (preencher com um X se atividade deve ser externa ou interna)		PROPOSTA DE MELHORIA (Preencher em Tempo)		ANÁLISE ECRS (Preencher com X se atividade pode ser E, C, R ou S)				ANÁLISE ECRS (Preencher em tempo)	
TEMPO INTERNO	TEMPO EXTERNO	ATIVIDADE INTERNA	ATIVIDADE EXTERNA	TEMPO INTERNO	TEMPO EXTERNO	ELIMINAR	COMBINAR	REDUZIR	SIMPLIFICAR	ELIMINAR	COMBINAR

Fonte: Autora.

Traçou-se então um plano de ação por meio da ferramenta 5W2H, muito utilizada na resolução de problemas, pois esclarece as responsabilidades das ações. Tal ferramenta se baseia nas seguintes questões:

- *What*: o que será feito;
- *Who*: quem será responsável;
- *When*: quando será feito;
- *Where*: onde será feito;
- *Why*: por que será feito;
- *How*: como será feito;

- *How much*: quanto custará

A Figura 11 mostra um corte da planilha utilizada para o registro do plano de ação.

Figura 11: Planilha utilizada para registrar o plano de ação.

Plano de Ação								
Item	O que?	Onde?	Quando?	Como?	Por que?	Quem?	Quanto?	Status

Fonte: Autora.

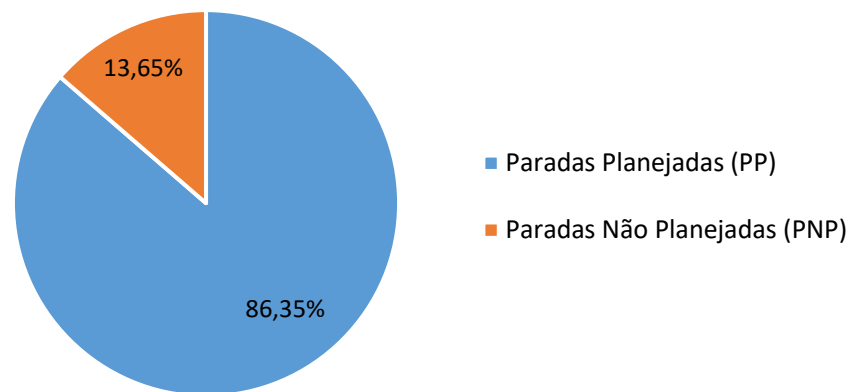
Nesta etapa, os *setups* foram observados durante três meses para que fosse possível a verificação do alcance da meta, comparando os tempos de *setups* antes e depois da implementação do plano de ação. Novos padrões foram criados e transmitidos à todos os envolvidos no processo de troca de produto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Desdobramento de Metas

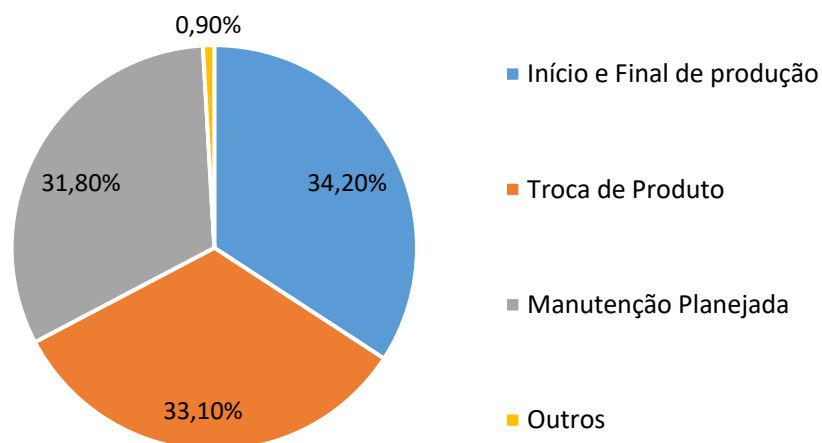
No IPA 2019 foi identificado que as PPs representavam 86,35% das perdas totais, em horas, da fabricação (Figura 12), sendo que a troca de produto remeteu a 33,1% dessas paradas (Figura 13).

Figura 12: Perdas (em horas) da Fabricação da empresa estudada no ano de 2018.



Fonte: Adaptado do IPA 2019 da empresa estudada.

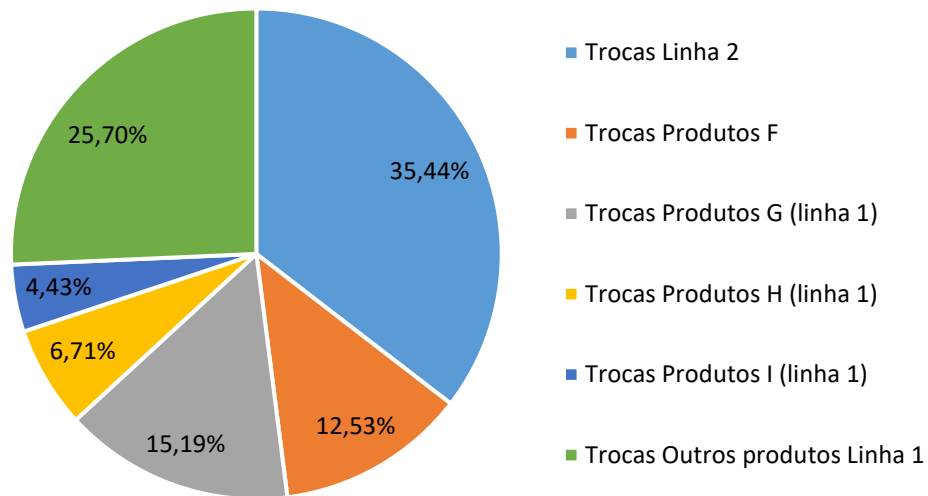
Figura 13: Paradas planejadas da Fabricação no ano de 2018.



Fonte: Adaptado do IPA 2019 da empresa estudada.

Além disso, o IPA apontou que a linha de produção de cereais expandidos (linha 2) representou 35,44% das trocas totais efetivas da fabricação em 2018 (Figura 14), impactando significativamente o tempo de *setup* da fábrica.

Figura 14: Trocas de produtos da Fabricação em 2018.



Fonte: Adaptado do IPA 2019 da empresa estudada.

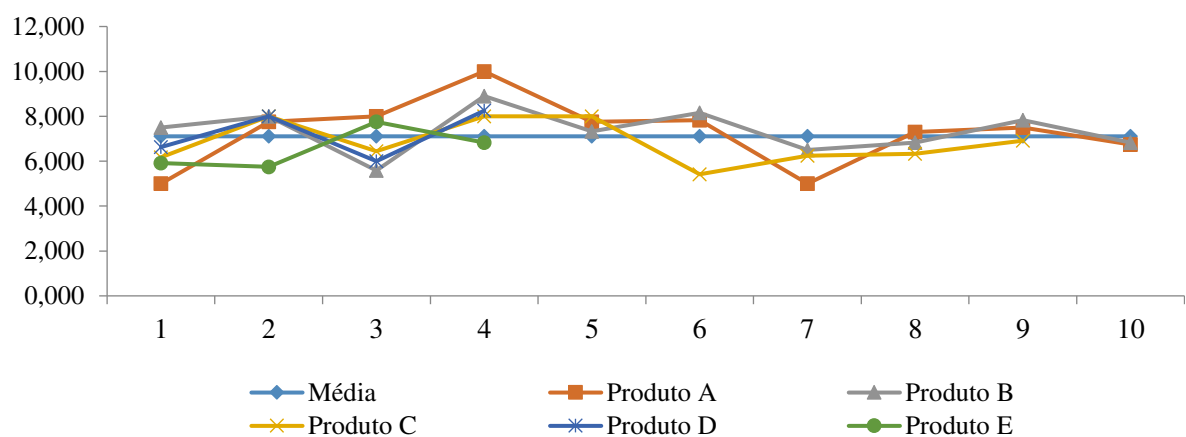
Nesse contexto, verificou-se que as trocas de produto da linha de cereais expandidos poderiam ser otimizadas, sendo este o ponto de implementação do SMED.

4.2. Fase preliminar

4.2.1. Definição da meta

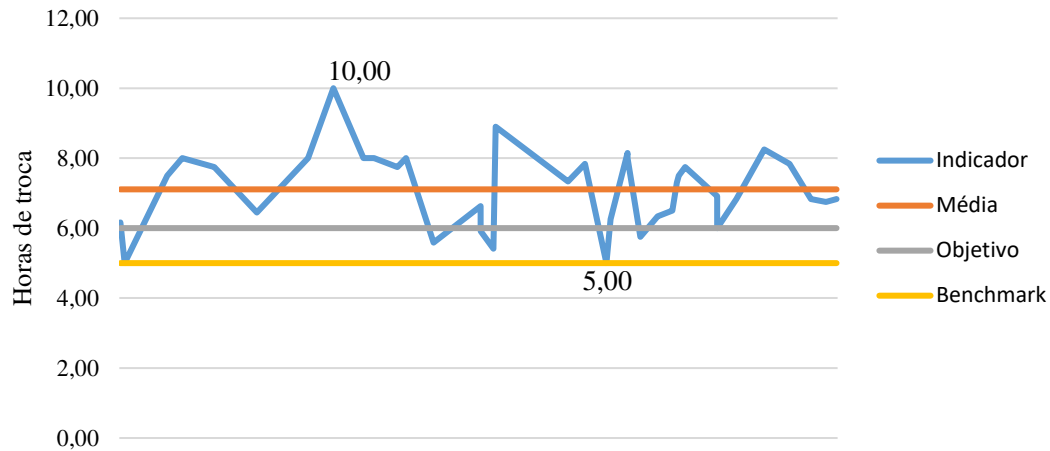
Com a coleta dos tempos de *setup* de cada produto que foi feito na linha de produção de cereais expandidos no ano de 2018, montou-se os gráficos das Figuras 15 e 16. O primeiro expõe os tempos de *setup* por produto em 2018, enquanto o segundo exhibe todos esses mesmos tempos sequencialmente, destacando a média, a meta, o *benchmark* e o maior tempo de troca.

Figura 15: Tempo de troca por produto na linha de fabricação estudada no ano de 2018.



Fonte: Autora.

Figura 16: Média e benchmark dos tempos de troca da linha de fabricação estudada no ano de 2018.



Fonte: Autora.

A partir desses dados constatou-se que o tempo médio de troca em 2018 foi de 7,1 horas; o tempo mínimo neste mesmo período foi de 5 horas (*benchmark*) e tempo máximo de 10h. Evidenciou-se também que o valor da lacuna era igual a 2,11 horas, de acordo com o seguinte cálculo:

$$lacuna = média atual - benchmark$$

$$lacuna = 7,11 - 5$$

$$lacuna = 2,11 \text{ horas}$$

A meta do projeto foi calculada a partir da proposta de redução de aproximadamente 52% do valor da lacuna, aproximando o valor de variação do tempo de troca do *benchmark*:

$$valor da meta = média atual \pm (\% \text{ de redução da lacuna})$$

$$valor da meta = 7,11 - (0,52 * 2,11)$$

$$valor da meta = 6,01 \text{ horas}$$

Portanto, a meta do projeto foi definida como sendo 6 horas, após todas as ações serem implementadas. Todos os cálculos citados foram feitos com o auxílio de uma planilha eletrônica, ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1: Principais dados utilizados para a definição da meta deste projeto.

Média do período	7,11
Melhor marca (benchmark)	5,00
GAP (lacuna)	2,11
% de redução do GAP	52,61%
Objetivo do projeto	6,00
% de redução da Média	15,61%

Fonte: Autora.

4.3. Primeiro e segundo estágios: análise e classificação das atividades de *setup*

A limpeza do *Dry Mix* (etapa 1; ver Figura 8) pode ser iniciada antes da extrusora parar. Portanto, uma parte dessa limpeza foi reclassificada como atividade externa. Além disso, tem-se dois operadores disponíveis para as tarefas de *setup*: um operador é responsável pela linha produtiva em questão e outro ajuda na organização geral do setor. O trabalho principal aqui foi padronizar qual funcionário se responsabilizaria por cada operação, combinar algumas atividades que poderiam ser realizadas de forma simultânea e utilizar uma chave de catraca pneumática para desmontar e desmontar uma peneira vibratória, tarefa que demandava bastante tempo. Outro ponto de melhoria foi definir que o operador responsável pela linha deveria ajudar o operador da etapa 5 (secador final) assim que terminasse a limpeza do seu posto de trabalho.

A tarefas para o *setup* das etapas 2, 3 e 4 (ver Figura 8) não tinham um padrão claro, uma vez que cada funcionário realizava-as de uma maneira distinta. Além disso, algumas ferramentas que deveriam estar disponíveis em todos os postos de trabalho estavam em falta nos armários mais próximos. O foco aqui foi identificar o que de fato seria atividade interna e externa e padronizá-las, além de disponibilizar as ferramentas necessárias em todos os armários da fabricação.

Apesar de já ser de conhecimento geral dos funcionários, a medição deixou claro que o gargalo do *setup* era a etapa 5: a limpeza do secador final. Nas três medições executadas observou-se que todos os postos de trabalho já estavam prontos para preparar o próximo lote do novo produto, enquanto o secador final ainda estava sendo limpo.

Foi identificado que o tempo médio de execução da limpeza do secador final era de 9 horas, contando com somente um operador para realizar todas as tarefas. A Tabela 2 evidencia que com a reclassificação das atividades internas e externas foi possível reduzir em 18,31% o tempo total de troca, obtendo aproximadamente 7h30min de atividades internas, o que ainda não alcançaria a meta proposta.

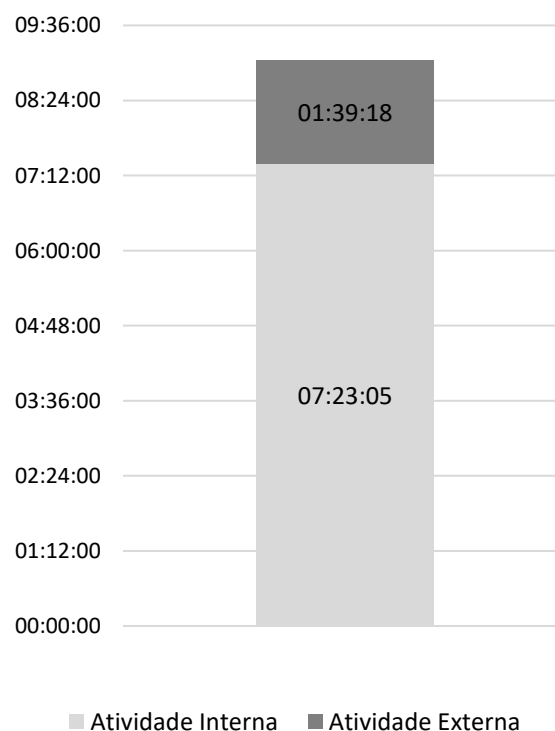
Tabela 2: Tempos de *setup* após reclassificação das atividades.

Reclassificação de Atividades	Atividade Interna	Atividade Externa	Total	% Redução
	07:23:05	01:39:18	09:02:23	18,31%

Fonte: Autora.

A Figura 17 ilustra os tempos das atividades classificadas como internas (em cinza claro) e externas (em cinza escuro).

Figura 17: Tempo das atividades internas e externas após análise.



Fonte: Autora.

4.4. Terceiro estágio

Na etapa de racionalização das atividades identificou-se que a mangueira de água quente do secador final estava rasgada e, portanto, o operador percorria um caminho maior para pegar outra mangueira, que se localizava em outro posto de trabalho, gerando movimentação desnecessária e desgaste físico dos operadores. Esse fato também indica uma falha no fluxo de comunicação entre operadores e coordenadores, uma vez que a coordenação não tinha ciência

da falta de tal mangueira naquele posto. Eliminando esse deslocamento foi possível economizar 5 minutos relativos ao ponto “eliminar” na análise ECRS. Como resultado, foi orçada uma mangueira nova e deu-se entrada no seu fluxo de compras.

Com o auxílio do operador do setor Dry Mix, pode-se combinar 1h33min de atividades, ação crucial na redução do tempo total. Dessa forma, após a reclassificação das atividades e análise ECRS foi possível alcançar um tempo total de setup de 5h45min, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Tempos de *setup* após análise ECRS.

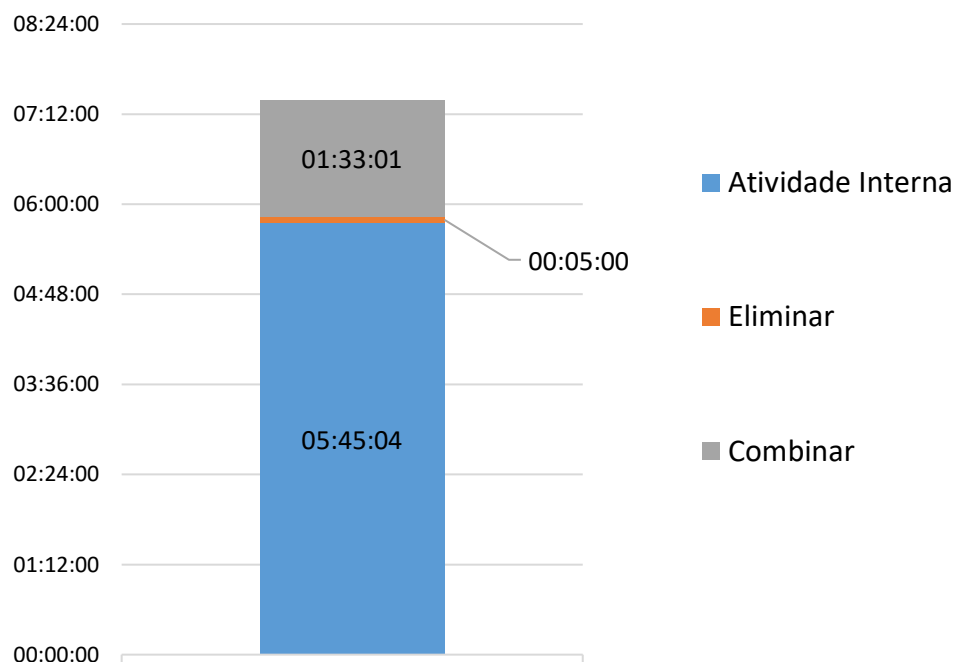
ECRS	Tempo Final	Eliminar	Combinar	Reduzir	Simplificar	% Redução
	05:45:04	00:05:00	01:33:01	00:00:00	00:00:00	22,12%

Fonte: Autora.

Deve-se ressaltar que nesta etapa também foram aplicados os conceitos de 5S, *kanban* e poka-yoke com o intuito de tornar a linha de produção mais limpa e organizada. Em alguns postos substituiu-se roscas parafuso por roscas do tipo borboleta, facilitando o trabalho. Esse tempo não foi mensurado no item “reduzir” ou “simplificar” na análise ECRS, pois essas atividades foram combinadas.

A Figura 18 ilustra a racionalização das atividades pela análise ECRS.

Figura 18: Análise ECRS ilustrada.



Fonte: Autora.

A Tabela 5 evidencia o tempo de *setup* antes e depois da aplicação do SMED, com um percentual de redução de 36,38 % do tempo total de troca.

Tabela 4: Percentual de redução do setup depois da aplicação do SMED.

Tempo de setup antes do SMED	09:02:23
Tempo de setup depois do SMED	05:45:04
% Redução	36,38%

Fonte: Autora.

Após a implementação das ações, foram observados os tempos de *setup* durante três meses (agosto, setembro e outubro de 2019) a fim de verificar se as medidas tomadas foram suficientes para garantir a redução do tempo de troca. A Tabela 5 expõe a média dos tempos de troca do ano de 2019, além da média total observada nesse ano.

Tabela 5: Média dos tempos de setup de 2019.

Meses 2019	Média do tempo de <i>setup</i> (horas)
Janeiro, 2019	8,13
Fevereiro, 2019	7,13
Março, 2019	7,56
Abril, 2019	6,05
Maio, 2019	5,23
Junho, 2019	6,33
Julho, 2019	4,77
Agosto, 2019	5,07
Setembro, 2019	5,30
Outubro, 2019	5,46
Novembro, 2019	4,96
Dezembro, 2019	5,13
Média 2019	5,93
Média 2020	5,62

Fonte: Autora.

Nota-se que, a partir do mês de abril, as médias mensais já apresentaram redução, se comparadas com a média do ano de 2018. Isso provavelmente se deu por variações no número de mão de obra disponível para a execução das atividades, além dos tipos de cereais que foram produzidos em cada mês. Entretanto, acredita-se que esse número foi afetado principalmente devido às conversas informais que foram realizadas durante as medições de *setup*, que se iniciaram no fim de março e se estenderam pelo mês seguinte. Ao acompanhar as atividades

realizadas, a aluna, juntamente com sua equipe, questionou os operadores envolvidos buscando despertar neles uma análise crítica a respeito dessas operações. Isso levou-os a mudar a forma como estavam trabalhando antes mesmo da padronização dessas operações.

Somado a isso, a média de 2020 (até o mês de junho) se manteve abaixo de 6 horas, como pode ser visto na Tabela 5, o que evidencia ainda mais a eficiência das medidas adotadas neste projeto e a significância dos resultados apresentados.

A Tabela 6 detalha os tempos de troca desses três meses de observação.

Tabela 6: Tempos de setup de agosto, setembro e outubro de 2019.

ago/19		set/19		out/19	
Data	Tempo (horas)	Data	Tempo (horas)	Data	Tempo (horas)
05/08/2019	4,58	14/09/2019	4,67	01/10/2019	4,50
06/08/2019	4,28	17/09/2019	4,00	09/10/2019	6,33
14/08/2019	4,42	18/09/2019	6,88	16/10/2019	7,00
22/08/2019	7,00	24/09/2019	5,67	21/10/2019	4,00
Média	5,07	Média	5,30	Média	5,46

Fonte: Autora.

Percebe-se que houveram trocas com tempo superior a 6 horas (meta), assim como houveram trocas com tempo inferior a 5h44min (tempo calculado com este projeto). Essas diferenças se dão a inúmeros fatores como variação no número de funcionários disponíveis para realizar tais tarefas, matéria-prima disponível para uso, horário de almoço e/ou janta além do tipo de produto que estava sendo feito no dia. De modo geral, a média desses meses estão dentro do que foi estipulado nos cálculos deste trabalho, alcançando a meta proposta.

Ao fim dos três meses de observação, fez-se um diagrama de trabalho padronizado, esclarecendo como as atividades de troca deveriam ser feitas. Esses diagramas foram avaliados pelas áreas de Segurança e Qualidade da empresa antes de serem divulgados oficialmente aos operadores.

5. CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho evidenciaram a eficiência da metodologia SMED e sua associação com ferramentas da Manufatura Enxuta como 5S e sistema *kanban*, não somente para atingir o principal objetivo da redução do *setup*, mas também no alcance indireto de melhorias como a redução do *lead time*, a padronização das atividades e diminuição de esforços físicos da equipe operacional. Observou-se também uma melhora no ambiente de trabalho, já que alguns ajustes da máquina se tornaram mais simples e o ambiente mais organizado.

No caso desse projeto, houve uma superação da meta, atingindo um tempo de *setup* inferior a 6 horas, remetendo a 36,38% de redução. Observou-se que o principal aspecto responsável pelo alto tempo dispendioso estava relacionado à falta de padrão e consequentemente, desordem na execução das atividades. Tal fato reitera que o SMED viabiliza melhorias de baixo custo, sobretudo a respeito de aspectos organizacionais.

No entanto, a última fase desta metodologia, onde aplicou-se a análise ECRS, trouxe um resultado mais significativo na redução do *setup* do que a simples transferência de atividades internas e externas. Portanto, a racionalização e melhoria contínua se mostraram fundamentais para o sucesso do SMED. Evidenciou-se ainda que o ponto crucial para manter o tempo de *setup* padrão é a mudança de cultura operacional, através de treinamentos e divulgação das atividades padronizadas.

Diante dos resultados obtidos, constata-se que este projeto obteve atingimento satisfatório, pois além de contribuir para a competitividade da empresa em questão, fortaleceu a cultura *lean* de redução de desperdícios, deixando claro a sinergia entre o SMED e as ferramentas da Manufatura Enxuta.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Alves Pereira, “ESTUDO DE CASO DA METODOLOGIA SMED: QUESTÕES OPERACIONAIS PARA IMPLANTAÇÃO EM TORNOS CNC,” 2008.
- [2] G. G. M. P. da Silva, S. Hornburg, D. Ferrari Tubino, M. Romig, and G. J. P. O de Andrade, “MANUFATURA ENXUTA, GEMBA KAIZEN E TRF: UMA APLICAÇÃO PRÁTICA NO SETOR TÊXTIL,” 2008.
- [3] D. M. Upton, “Flexibility as process mobility: the management of plant capabilities for quick response manufacturing,” *J. Oper. Manag.*, vol. 12, no. 3–4, pp. 205–224, 1995.
- [4] Y. Monden, *O Sistema Toyota de Produção - Uma abordagem integrada do just-in-time*. São Paulo: IMAM, 1983.
- [5] A. L. Da Silva, G. Miller, D. Ganga, V. Cristiane, and O. Silva, “A INTEGRAÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA E AS FERRAMENTAS DE ANÁLISE E MELHORIA DE DESEMPENHO: TQM, BSC,” 2003.
- [6] A. S. Mattoso, “Metodologia de redução de setup em um processo de extrusão : implantação e análise crítica por meio de uma pesquisa-ação,” 2014.
- [7] M. Shibuya and C. De Oliveira, “a Aplicação Do Smed Em Plásticos Abs,” *Encontro Nac. Eng. Produção*, 2010.
- [8] E. F. Caldwell, R. S. Kadan, and J. D. McKeechen, “CEREALS: Breakfast Cereals,” *Encycl. Grain Sci.*, pp. 201–206, 2016.
- [9] R. Takeuchi, Katiuchia Pereira; SABADINI, Edméia; CUNHA, “Análise das propriedades mecânicas de cereais matinais com diferentes fontes de amido durante o processo de absorção de leite,” *Ciência e Tecnol.*, vol. 25, no. 1, pp. 78–85, 2005.
- [10] M. G. V. Leoro, “Desenvolvimento de cereal matinal extrusado orgânico à base de farinha de milho e farelo de maracujá,” Dissertação apresentada a título de Mestre em Tecnologia de Alimentos na Faculdade de Engenharia de Alimentos - FEA/UNICAMP. Universidade Estadual de Campinas, 2007.
- [11] D. A. Rangel, L. M. Freitas, O. R. de Assis, and T. P. do Rêgo, “Aumento da eficiência produtiva através da redução do tempo de setup: aplicando a troca rápida de ferramentas em uma empresa do setor de bebidas,” *P&D em Eng. Produção*, vol. 10, no. 1, pp. 36–49, 2012.
- [12] R. McIntosh, G. Owen, S. Culley, and T. Mileham, “Changeover improvement: Reinterpreting Shingo’s ‘SMED’ methodology,” *IEEE Trans. Eng. Manag.*, vol. 54, no. 1, pp. 98–111, 2007.
- [13] A. R. Mileham, S. J. Culley, G. W. Owen, and R. I. McIntosh, “Rapid changeover - a prerequisite for responsive manufacture,” *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 19, no. 8, pp. 785–796, 1999.
- [14] G. Parry, J. Mills, and C. Turner, “Lean competence: integration of theories in operations management practice,” *Supply Chain Manag.*, vol. 15, no. 3, pp. 216–226, 2010.
- [15] P. R. M. Fagundes, “SISTEMÁTICA PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP NA INDÚSTRIA MOVELEIRA,” Dissertação (Mestrado profissional em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2002.
- [16] S. Shingo, *Sistema de Troca Rápida de Ferramentas; uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- [17] R. D. Leme, A. O. Nunes, L. B. Message Costa, and D. A. L. Silva, “Creating value with less impact: Lean, green and eco-efficiency in a metalworking industry towards a cleaner

- production,” *J. Clean. Prod.*, vol. 196, pp. 517–534, 2018.
- [18] A. M. Riani, “ESTUDO DE CASO: O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON,” 2006.
 - [19] N. M. P. da Cruz, “Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos,” 2013.
 - [20] S. Shingo, *Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas*. Porto Alegre: Bookman, 1996.
 - [21] S. Moreira, “Aplicacao das Ferramentas Lean,” p. 113, 2011.
 - [22] J. K. Liker, *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer*. 2004.
 - [23] H. C. Guerra, “Ciências Sociais e Humanas A Filosofia Kaizen como metodologia de Gestão baseada na Melhoria Contínua Estudo de caso : Principais impactos nos Recursos Dedicatória,” 2010.
 - [24] J. Singh and H. Singh, “Kaizen Philosophy: A Review of Literature.,” *IUP J. Oper. Manag.*, vol. 8, no. 2, 2009.
 - [25] A. C. Laraia, P. E. Moody, and R. W. Hall, *The Kaizen Blitz – Accelerating Breakthroughs in Productivity and Performance*. The Association for Manufacturing Excellence. Wiley, 1999.
 - [26] M. Imai, *Gemba Kaizen: Cómo implementar el Kaizen en el sitio del trabajo (Gemba)*, 1ª. Colombia: McGraw-Hill Interamericana de Colombia, 1998.
 - [27] M. Imai, *The Key to Japan’s Competitive Success*. McGraw-Hill, 1986.
 - [28] L. E. D. Araujo, “Nivelamento de Capacidade de Produção utilizando Quadros Heijunka em Sistemas Híbridos de Coordenação de Ordens de Produção,” p. 135, 2009.
 - [29] A. Niimi, “Sobre o Nivelamento (heijunka),” 2004. [Online]. Available: https://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_109.pdf. [Accessed: 04-Mar-2020].
 - [30] D. T. Jones, “Heijunka: leveling production. Manufacturing,” *Manufacturing Engineering*, v.137, n. 2., 2006.
 - [31] D. Cummings, “Managing the Constraint Operation thru Heijunka: Production Leveling.,” 2007. [Online]. Available: http://www.sme.org/downloads/expo/2007/ET07/presentations/cummings_managing_constraint.pdf. [Accessed: 22-Jan-2020].
 - [32] A. Prioul, “Production Leveling,” 2008. [Online]. Available: <http://lean.enst.fr/wiki/pub/Lean/LesPresentations/alainprioul.pdf>. [Accessed: 01-Feb-2020].
 - [33] P. Ghinato, “Sistema Toyota de Produção: Mais do Que Simplesmente Just-in-Time,” *Production*, vol. 5, no. 2, pp. 169–189, 1995.
 - [34] N. Slack, A. Brandon-Jones, and R. Johnston, *Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1997, 726p*. São Paulo: Atlas, 1997.
 - [35] “O que é Lean.” [Online]. Available: <https://www.lean.org.br/o-que-e-lean.aspx#>. [Accessed: 15-Nov-2019].
 - [36] E. C. Moutinho, “Desenvolvimento de um jogo de simulação do sistema de produção lean,” 2012.
 - [37] P. Hines and D. Taylor, “Going lean,” *Lean Enterprise Research Centre*, 2000. [Online]. Available: <http://www.lean.org>. [Accessed: 13-Jan-2020].
 - [38] “Principles of Lean.” [Online]. Available: <https://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>.

[Accessed: 22-Jan-2020].

- [39] P. Hines, P. Found, G. Griffiths, and R. Harrison, *Staying Lean: Thriving, Not just Surviving*. Nova York: Productivity Press, 2008.
- [40] J. P. Pinto, “Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro,” Comunidade Lean Thinking, 2008.
- [41] T. Ohno, *Toyota Production System: Beyond large-scale production*. Cambridge: Productivity Press, 1988.
- [42] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. Nova York: Simon & Schuster, 1996.
- [43] S. Shingo, *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*. Portland: Productivity Press, 1986.
- [44] A. Kardec and J. Nascif, *Manutenção: Função Estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- [45] L. M. Alves and F. D. P. Oliveira, “Estudo De Implementação Do Sistema Tpm Na Indústria De Alimentos E Seus Ganhos,” *Rev. do Curso Adm. / PUC Minas - campus Poços Caldas*, vol. Edição 201, 2014.
- [46] S. Trad and A. C. A. Maximiano, “Seis sigma: fatores críticos de sucesso para sua implantação,” *Rev. Adm. Contemp.*, vol. 13, no. 4, pp. 647–662, 2009.
- [47] G. Eckes, *A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro*, 3ª. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- [48] P. S. Pande, R. P. Neuman, and R. R. Cavanagh, *The Six Sigma way : How GE, Motorola, and other top companies are honing their performance*. Nova York: McGraw-Hill, 2000.
- [49] C. Werkema, *Criando a Cultura Seis Sigma*, vol. 1. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- [50] W. E. Deming, *Qualidade: a revolução da administração*. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.
- [51] E. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira, R. Gouveia, and R. P. Silva, “Applying SMED methodology in cork stoppers production,” *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 611–622, 2018.
- [52] S. Shingo, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge: Productivity Press, 1985.
- [53] P. G. Martins and F. P. Laugeni, *Administração da Produção*. São Paulo: Saraiva, 2005.
- [54] D. Van Goubergen and H. Van Landeghem, “Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design,” *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 18, pp. 205–214, 2002.
- [55] M. Brito, A. L. Ramos, P. Carneiro, and M. A. Gonçalves, “Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1112–1119, 2017.
- [56] L. Maitan, “Aplicação de SMED e DCO para a redução de setup em uma indústria de laminados de PVC: avaliação de projeto,” Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia Industrial Química da Escola de Engenharia de Lorena – EEL/USP. USP - Universidade de São Paulo, 2012.
- [57] J. M. Nicholas, *Competitive Manufacturing Management*. McGraw-Hill/Irwin, 1998.
- [58] N. Dave, Yash; Sohani, “Single Minute Exchange of Dies: Literature Review,” *Teknokent*, 2012.

- [59] J. T. Black, *The Design of the Factory with a Future*. McGraw-Hill, 1991.
- [60] R. A. Moura and E. Banzato, *Redução do Tempo de Setup: Troca Rápida de Ferramentas e Ajustes de Máquinas*. São Paulo: IMAM, 1996.
- [61] C. Rosa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, and R. Campilho, “SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1034–1042, 2017.
- [62] A. Robinson, *Modern Approaches to Manufacturing Improvement: The Shingo System*. Portland: Productivity Press, 1990.
- [63] K. F. De Camargo, M. Leonel, and M. M. Mischon, “Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: Efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades físicas,” *Food Sci. Technol.*, vol. 28, no. 3, pp. 586–591, 2008.
- [64] N. J. C. Da Silva, P. I. Soares, and E. T. de V. Silva, “Desenvolvimento de alimentos em extrusora monorotacional.” Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências - COPANESC, 2017.
- [65] M. de F. Lopes-da-Silva, L. Santos, and A. Choupina, “A extrusão em tecnologia alimentar: tipos, vantagens e equipamentos,” *Rev. Ciências Agrárias*, vol. 38, no. 1, pp. 3–10, 2015.
- [66] R. W. Hartel and D. R. Heldman, *Principles of Food Processing*. Boston: Springer, 1997.
- [67] C. W. P. De Carvalho, “O que é o processamento de cereais por extrusão?,” pp. 8–9, 2011.
- [68] L. O. Carneiro, “Aplicação da metodologia lean para redução de setup no processo produtivo de resinas poliméricas,” Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia Química da Escola de Engenharia de Lorena – EEL/USP. USP – Universidade de São Paulo, 2012.
- [69] D. E. Avison, A. T. Woof-Harper, R. T. Vidgen, and J. R. G. Wood, “A further exploration into information systems development: The evolution of Multiview 2,” *Inf. Technol. People*, vol. 11, no. 2, pp. 124–139, 1998.
- [70] M. A. A. Salvadori, “Aplicação do Seis Sigma por meio da metodologia DMAIC (Define Measure Analyse Implement Control) com o intuito de reduzir a variação de gordura CBE na produção de chocolate,” Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia Química da Escola de Engenharia de Lorena – EEL/USP. USP - Universidade de São Paulo, 2014.