

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

SOPHIA PEREIRA DA SILVA PRATTI

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED:
REDUÇÃO DE PARADAS PLANEJADAS NA TROCA DE
FORMATO DA LINHA DE SACHÊ

ITUIUTABA
2026

SOPHIA PEREIRA DA SILVA PRATTI

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED:
REDUÇÃO DE PARADAS PLANEJADAS NA TROCA DE
FORMATO DA LINHA DE SACHÊ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço Social da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr Lúcio Abimael Medrano Castillo

ITUIUTABA
2026

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED: REDUÇÃO DE PARADAS PLANEJADAS NA TROCA DE FORMATO DA LINHA DE SACHÊ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Administração, Ciências
Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço
Social da Universidade Federal de Uberlândia,
como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia de Produção.

Ituiutaba, 17 de Julho de 2026.

Banca Examinadora:

Prof. Dr Lúcio Abimael Medrano Castillo (orientador),
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Luis Fernando Magnanini de Almeida,
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Cristiane Medina Finzi Quintão,
Universidade Federal de Uberlândia

Dedico este trabalho aos meus pais, à minha irmã e aos meus amigos, pelo apoio, incentivo e por terem sido minha base durante toda a trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho e para a minha trajetória acadêmica.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, pelo amor, confiança e apoio incondicional durante toda a minha formação, tornando possível a concretização deste sonho. À minha irmã, que sempre foi meu maior exemplo e motivo de orgulho, agradeço pelo incentivo, carinho e apoio.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado durante toda a graduação, compartilhando desafios, aprendizados e conquistas, deixo meu sincero agradecimento. Em especial, à Maria Eduarda, Eduardo, Beatriz e Maria Alice, pela parceria, apoio e por tornarem essa caminhada mais leve e especial.

Agradeço também aos meus colegas de trabalho e à empresa, pela oportunidade de aprendizado, pela confiança depositada em mim e pela possibilidade de participar ativamente do desenvolvimento deste projeto.

Por fim, agradeço a todos os professores da Universidade Federal de Uberlândia que fizeram parte da minha formação, compartilhando conhecimentos e contribuindo para meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal.

“Educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas. Pessoas transformam o mundo”

Paulo Freire

RESUMO

Fundamentado na busca pela redução de perdas e aumento da eficiência operacional, o presente trabalho consiste na aplicação da metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) em uma linha de envase de leite em pó em sachê de uma indústria de alimentos. O estudo teve como objetivo identificar oportunidades de melhoria no processo de troca de formato, visando à redução do tempo de setup e, conseqüentemente, das horas de paradas planejadas da linha. Para o desenvolvimento do trabalho, foi realizada uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa, objetivo exploratório e descritivo e procedimentos caracterizados como pesquisa-ação. A metodologia utilizada contemplou as etapas de definição, medição, análise e controle, apoiadas por ferramentas de análise e priorização de melhorias. A partir do levantamento e estratificação das atividades executadas durante o setup, foram identificadas oportunidades relacionadas à padronização das operações, revisão dos parâmetros de processo e eliminação de desperdícios. Com base nas análises realizadas, foi elaborado um plano de ação e conduzida uma simulação dos resultados esperados, a qual indicou potencial para redução do tempo de setup, aumento da estabilidade operacional e melhoria do desempenho produtivo da linha. Dessa forma, o estudo demonstrou a aplicabilidade da metodologia SMED como ferramenta para identificação e desenvolvimento de melhorias em processos de troca de formato.

Palavras-chave: SMED; Troca de Formato; Setup; Melhoria Contínua; Paradas Planejadas.

ABSTRACT

Driven by the need to reduce waste and increase operational efficiency, this study applies the Single Minute Exchange of Die (SMED) methodology to a powdered milk sachet packaging line in the food industry. The study aimed to identify opportunities for improvement in the format changeover process in order to reduce setup time and, consequently, planned downtime on the production line. To achieve this objective, an applied research approach was adopted, using a qualitative-quantitative methodology with exploratory and descriptive objectives and action research procedures.

The methodology followed the stages of definition, measurement, analysis, and control, supported by improvement analysis and prioritization tools. Through the assessment and categorization of setup activities, opportunities related to operation standardization, process parameter review, and waste elimination were identified. Based on the analyses performed, an action plan was developed, and a simulation of the expected results was conducted, indicating the potential for setup time reduction, increased operational stability, and improved production line performance.

The findings demonstrate that the SMED methodology is an effective tool for identifying and implementing improvements in format changeover processes.

Keywords: SMED; Format Changeover; Setup; Continuous Improvement; Planned Downtime.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Toyota's 3Ms: MUDA, MURA, MURI	página 21
Figura 2	A Estrutura do Sistema Toyota de Produção.....	página 24
Figura 3	Indicadores KPI.....	página 42
Figura 4	Distribuição das Categorias de Paradas.....	página 42
Figura 5	Paradas Planejadas por Recurso.....	página 43
Figura 6	Estratificação do indicador de Paradas Planejadas (Bosch)	página 44
Figura 7	Amostragem da planilha de cronoanálise da troca de formato.....	página 46
Figura 8	Análise do Setup.....	página 47
Figura 9	Diagrama de Espaguete.....	página 48
Figura 10	Matriz Impacto Esforço.....	página 49
Figura 11	Plano de Ação.....	página 50
Figura 12	Revisão Centerline.....	página 51
Figura 13	Evolução histórica e projeção do indicador de setup.....	página 52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estrutura DMAIC.....	página 28
Tabela 2	Estágios conceituais do SMED e as técnicas associadas.....	página 30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

PPM	Pesquisa da Pecuária Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve e Control</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
JIT	<i>Just-in-Time</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
TPM	Manutenção Preventiva Total
UHT	Leite tratado por ultra-alta temperatura
GBO	Gemba Board Observation
DTP	Diagrama de Trabalho Padronizado
ECRS	Eliminar, Combinar, Reduzir e Simplificar
KPIs	Key Performance Indicators
PPIs	Process Performance Indicators
APIs	Activity Performance Indicators

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS DE PESQUISA	15
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	15
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	15
1.3	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	15
1.4	RELEVÂNCIA DA PESQUISA	16
1.5	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	16
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	LEAN MANUFACTURING E SEIS SIGMA	18
2.1.1	<i>Antecedentes históricos</i>	18
2.1.2	<i>Princípios do Lean Manufacturing</i>	19
2.1.3	<i>Os 8 Desperdícios</i>	21
2.1.4	<i>Estrutura - Casa Lean</i>	24
2.1.5	<i>Ferramentas</i>	25
2.1.5.1	<i>Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)</i>	26
2.1.5.2	<i>Melhoria Contínua e Kaizen</i>	26
2.1.5.3	<i>Manutenção Preventiva Total (TPM)</i>	26
2.1.5.4	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	27
2.1.5.5	<i>Metodologia DMAIC</i>	27
2.1.5.6	<i>Ferramenta ECRS</i>	28
2.1.5.7	<i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i>	29
2.2	INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	30
2.2.1	<i>Antecedentes históricos</i>	31
2.2.2	<i>Contexto atual do mercado</i>	31
2.2.3	<i>Principais atores ou empresas</i>	32
2.2.4	<i>Processo genérico de produção de bens ou serviços dessa indústria</i>	33
2.2.5	<i>Destaque para o processo e máquinas da indústria de laticínio no setor de embalagem</i>	34
3	METODOLOGIA	35
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	35
3.2	TÉCNICAS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS	36
3.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - ETAPAS	37
3.3.1	<i>Pesquisa bibliográfica</i>	37
3.3.2	<i>Caracterização do ambiente de estudo</i>	38
3.3.3	<i>Identificação do problema e definição dos objetivos</i>	38
3.3.4	<i>Coleta de dados do processo de setup</i>	39
3.3.5	<i>Proposta da metodologia de melhoria</i>	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	40
4.2	MAPEAMENTO DA REALIDADE EMPRESARIAL	41

4.3	APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS E/OU FERRAMENTAS DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	43
4.3.1	<i>Definir</i>	43
4.3.2	<i>Medir</i>	45
4.3.3	<i>Analisar</i>	46
4.3.4	<i>Implementar</i>	50
4.3.5	<i>Controlar</i>	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
5.1	CONCLUSÕES DO TRABALHO	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e justificativa

A indústria de laticínios no Brasil está inserida em um setor de elevada relevância econômica, sustentado pela forte expansão da pecuária leiteira. De acordo com a Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) de 2024, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção nacional de leite alcançou 35,7 bilhões de litros, consolidando o maior volume já registrado no país. Esse desempenho reforça a importância estratégica do segmento para o agronegócio brasileiro e evidencia um ambiente propício ao crescimento industrial, exigindo, por outro lado, maior rigor no aprimoramento dos processos produtivos, na redução de desperdícios e na adoção de tecnologias que ampliem a eficiência e a competitividade (IBGE, 2024).

Dentro desse contexto, as indústrias de laticínios lidam com atividades que exigem interrupções planejadas da produção, tais como limpeza, inspeção, lubrificação, manutenção e trocas de formato ou de lote. A troca de formato, em particular, desempenha papel crítico em sistemas de produção que trabalham com diferentes volumes e configurações de embalagem, porque influencia diretamente o tempo de setup e, consequentemente, a disponibilidade do equipamento. A literatura destaca que a redução do tempo das atividades que interrompem o fluxo produtivo é fundamental para minimizar desperdícios e manter a fluidez do processo, especialmente em ambientes com grande variedade de produtos (Rodrigues; Freitas, 2019).

Como resposta a esses desafios, diversas metodologias de melhoria contínua foram consolidadas ao longo das últimas décadas. Entre elas, o Lean Manufacturing e o Six Sigma destacam-se por oferecer abordagens complementares voltadas à eliminação de desperdícios e à redução de variações nos processos. O Six Sigma, por meio da metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*), promove análises sistemáticas e orientadas por dados para aprimorar processos existentes, enquanto o Lean Manufacturing prioriza o fluxo, a redução de perdas e a maximização do valor agregado (Silva et al., 2011)

No âmbito do Lean, a ferramenta SMED (*Single Minute Exchange of Die*) surge como uma abordagem específica para reduzir o tempo de setup e tornar o processo mais flexível, permitindo aumentar a variedade produtiva com menor impacto sobre a disponibilidade da linha. A aplicação do SMED busca separar atividades internas e externas, padronizar procedimentos e eliminar movimentos desnecessários, contribuindo diretamente para ganhos de desempenho e maior estabilidade operacional (Lang, 2021).

Diante desse cenário, este trabalho tem como foco uma indústria de laticínios localizada em Minas Gerais, que opera uma linha dedicada ao envase de leite em pó em sachê. Observou-se que, entre as atividades que compõem as paradas planejadas, a troca de formato se destaca por exercer impacto significativo sobre o indicador de desempenho da linha, ocasionando atrasos no retorno da produção e evidenciando a necessidade de revisão e aprimoramento do processo de setup. Assim, a aplicação dos princípios Lean e, especificamente, da metodologia SMED justifica-se como estratégia para mitigar essas perdas e aumentar a eficiência operacional da linha analisada.

1.2 Objetivos de pesquisa

1.2.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo aplicar a metodologia SMED a fim de reduzir o tempo de setup na linha de produção de leite em pó, promovendo maior disponibilidade da máquina e desempenho superior do processo.

1.2.2 Objetivos específicos

Para viabilizar o alcance do objetivo geral, estabelecem-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Revisar, na literatura, os fundamentos e aplicações da metodologia SMED;
- b) Mapear o processo de setup da linha de produção, identificando suas etapas e particularidades;
- c) Analisar a execução atual do setup no equipamento, identificando gargalos e oportunidades de melhoria;
- d) Aplicar a metodologia DMAIC como suporte à análise e à estruturação das ações de melhoria;
- e) Propor melhorias para o processo de setup e estabelecer padrões operacionais para sua execução;

1.3 Procedimento Metodológico

O procedimento metodológico adotado neste estudo configura-se como um estudo de caso, realizado a partir de uma intervenção direta no processo de troca de formato da máquina BOSCH na linha de sachê. A pesquisa apresenta uma abordagem mista, integrando análises qualitativas, voltadas à compreensão das atividades e condições operacionais do setup e quantitativas, fundamentadas na coleta de tempos, registros de desempenho e demais indicadores relevantes.

A condução do trabalho foi orientada pela metodologia DMAIC. Inicialmente, foram definidos o problema central, o escopo, a equipe envolvida e os critérios de seleção do processo analisado. Na etapa seguinte, efetuou-se a coleta e organização dos dados necessários para descrever as condições atuais do processo. A fase de análise contou com a aplicação da ferramenta ECRS (Eliminar, Combinar, Reduzir e Simplificar), utilizada para identificar oportunidades de melhoria no setup. Na sequência, foram propostas ações voltadas à otimização do processo.

Dessa forma, o estudo combina a prática operacional com análises qualitativas e quantitativas, possibilitando uma avaliação consistente do processo e a proposta de implementação de melhorias capazes de elevar seu desempenho.

1.4 Relevância da Pesquisa

A aplicação da ferramenta SMED mostrou-se essencial para consolidar o entendimento dessa metodologia em um contexto industrial real. Ao utilizar seus princípios na linha de envase de sachês, foi possível identificar oportunidades de melhoria, especialmente relacionadas à redução do tempo de parada planejada, o que potencialmente pode aumentar a disponibilidade produtiva e favorecer o desempenho operacional da linha.

No âmbito empresarial, essas propostas evidenciam o potencial do SMED para gerar benefícios quantitativos e tangíveis, reforçando sua relevância como ferramenta de melhoria contínua. Já no campo acadêmico, o estudo contribui ao apresentar uma aplicação prática da metodologia em um processo específico, ampliando a compreensão sobre sua implementação e seus possíveis efeitos. Dessa forma, a pesquisa demonstra simultaneamente sua relevância para a empresa e seu valor para a área de engenharia de produção.

1.5 Delimitação do trabalho

Neste estudo, a troca de formato na linha de sachê constitui o foco principal, com ênfase na aplicação dos princípios Lean, de ferramentas de melhoria de processos e da metodologia SMED (*Single-Minute Exchange of Die*) na indústria de laticínios. A delimitação do trabalho abrange especificamente a análise e a otimização do processo de troca de formato na área de embalagens, tomando como objeto de estudo a máquina BOSCH, responsável pelo envase dos sachês.

O escopo da pesquisa envolve definir de forma precisa as etapas que compõem a troca de formato, identificar ineficiências e desperdícios presentes no processo e aplicar as ferramentas Lean e a metodologia SMED com o objetivo de propor a redução do tempo de setup. Além disso, o estudo busca estabelecer as condições e particularidades que viabilizem a aplicação das melhorias sugeridas, oferecendo insights práticos para outras empresas que enfrentam desafios semelhantes na otimização de processos de produção em sachê.

1.6 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos que apresentam, de maneira sequencial e integrada, o desenvolvimento da pesquisa. O Capítulo 1 reúne a introdução, contemplando a contextualização da indústria de laticínios, a justificativa do estudo, a problemática relacionada ao tempo de setup, os objetivos da pesquisa, o procedimento metodológico, a relevância, a delimitação e a descrição da organização geral do documento.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica que sustenta o estudo, abordando os conceitos essenciais do *Lean Manufacturing* e do *Six Sigma*, seus princípios, desperdícios e ferramentas, com ênfase no SMED e na metodologia DMAIC. Também discorre sobre a indústria de laticínios, seu histórico, sua estrutura produtiva e as particularidades relacionadas ao processo de envase de leite em pó.

O Capítulo 3 descreve os métodos de pesquisa adotados, caracterizando a natureza da investigação, a abordagem utilizada e os procedimentos de coleta e análise de dados. Nesse capítulo, são detalhadas as etapas que orientaram a aplicação da metodologia DMAIC e a implementação das práticas associadas ao SMED.

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos. Inicialmente, descreve-se o estudo de caso da empresa analisada, seguido do mapeamento da situação atual do processo de troca de formato. Em seguida, são expostas as propostas de melhoria elaboradas.

Por fim, o Capítulo 5 reúne as considerações finais, destacando as principais conclusões do estudo, suas contribuições para a empresa e para a prática profissional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing*, traduzido para o português como Manufatura Enxuta, consolidou-se como uma abordagem voltada ao aumento da eficiência produtiva, ao propor a elevação da produtividade e a redução de custos por meio da identificação e eliminação de desperdícios ao longo do processo (Ohno, 1997). Nessa perspectiva, Pereira (2010) destaca que o *Lean Manufacturing* se afirma como um modelo de gestão capaz de responder às transformações do ambiente produtivo, promovendo maior flexibilidade, rapidez e qualidade nas operações, o que contribui diretamente para o fortalecimento da competitividade organizacional.

2.1.1 Antecedentes Históricos

Os antecedentes do *Lean Manufacturing* estão profundamente ligados à evolução dos sistemas produtivos ao longo dos últimos séculos. A partir do século XVIII, a Revolução Industrial marcou o início da mecanização e da implementação de técnicas sistematizadas de produção, introduzindo práticas de planejamento de instalações, estudos de arranjo físico, métodos de custeio e princípios de organização do trabalho (Piratelli, 2005). De acordo com Cunha (2002), à medida que as indústrias cresciam, novos modelos de gestão começaram a emergir, com o objetivo de aprimorar a produtividade e reduzir desperdícios em ambientes cada vez mais competitivos.

Nesse contexto, destaca-se o Taylorismo, desenvolvido por Frederick Taylor no final do século XIX. Esse modelo baseava-se na padronização rigorosa das tarefas, separação entre planejamento e execução e a busca pela melhor relação entre tempo e movimento, de modo a garantir maior eficiência operacional (Ribeiro, 2015).

Em seguida, o Fordismo ampliou essa lógica ao introduzir a linha de montagem em movimento e a extrema especialização do trabalhador, mecanismos que permitiram produzir em larga escala, com alta repetibilidade e menor tempo por unidade (Ford, 1964; Ribeiro, 2015). Embora eficientes, esses sistemas apresentavam forte dependência de estoques elevados, pouca flexibilidade produtiva e baixa capacidade de adaptação a variações da demanda.

O desempenho do modelo fordista chamou a atenção de empresas como a Toyota, que buscou replicá-lo por anos, sem sucesso, devido às limitações econômicas e estruturais do Japão

no pós-guerra (Ghinato, 2000). Em 1950, Eiji Toyoda visitou os Estados Unidos para estudar a produção em massa e percebeu que seria necessário criar um sistema diferente, mais adaptado às condições japonesas, caracterizadas pela escassez de recursos, falta de capital e diversidade crescente de produtos. Essa conjuntura motivou o desenvolvimento de uma filosofia alternativa, posteriormente reconhecida como Produção Enxuta (Ramos; Filho; Bertolino, 2016)

Foi nesse ambiente que Taiichi Ohno, junto a Eiji Toyoda, estruturou o Sistema Toyota de Produção (TPS). O TPS buscava eliminar sistematicamente todas as formas de desperdício, reduzir estoques, melhorar a qualidade e estabelecer um fluxo produtivo mais eficiente e sincronizado. Ohno destacou o uso de sistemas como o *Just in Time* e o fluxo puxado para assegurar que se produzisse apenas o necessário, no momento necessário (Ohno, 1997). Paralelamente, Shigeo Shingo contribuiu significativamente ao incorporar conceitos de engenharia industrial que permitiram reduzir tempos de setup e eliminar falhas no processo, como o Poka-Yoke e o SMED (Shingo, 1981). A combinação dessas práticas estabeleceu a base conceitual do Lean Manufacturing.

O fortalecimento e a disseminação global dessa filosofia ocorreram principalmente após a publicação do estudo conduzido pelo MIT, *The Machine That Changed the World*, que cunhou o termo “Lean Production” e demonstrou empiricamente a superioridade do TPS em relação aos sistemas tradicionais de produção em massa (Womack; Jones; Roos, 1990). A obra evidenciou que a manufatura enxuta não apenas elevava a eficiência operacional, mas também aumentava a qualidade, flexibilidade e capacidade de resposta às necessidades do cliente. Com isso, o Lean expandiu-se para diversos setores além da indústria automobilística, tornando-se referência mundial em gestão da produção.

2.1.2 Princípios do Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* teve origem na indústria automobilística e, ao longo do tempo, expandiu-se para diversos segmentos produtivos. Consolidou-se como uma metodologia inovadora na área de liderança e gestão, voltada à criação de valor e à redução sistemática de desperdícios por meio de processos simples e acessíveis (Farinha, 2015). Nesse contexto de evolução e consolidação da abordagem, diferentes autores buscaram aprofundar seus fundamentos e orientar sua aplicação prática.

Entre esses autores, Womack e Jones (2004) destacam que o pensamento enxuto é essencial para a eliminação de desperdícios, pois orienta a definição precisa do valor, a organização das atividades que o geram em uma sequência otimizada, a execução contínua

dessas ações conforme a demanda e o aprimoramento constante dos processos. A partir dessa perspectiva, os autores estruturam o *Lean Manufacturing* em cinco princípios: valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e busca da perfeição.

Conforme apresenta Werkema (2011), o primeiro princípio consiste em especificar o valor, entendido como aquilo que o cliente efetivamente considera valioso. Nesse sentido, o valor não deve ser definido pela empresa, mas pelo próprio cliente, cuja necessidade orienta todo o processo. Cabe à organização compreender essa necessidade, buscar atendê-la e estabelecer um preço adequado, garantindo sua permanência no mercado.

Em seguida, torna-se necessário identificar o fluxo de valor, que, segundo Toledo (2020), consiste em mapear todas as atividades envolvidas desde a matéria-prima até a entrega ao cliente, incluindo desenvolvimento, processamento de informações e transformação física. Essa análise detalhada da cadeia produtiva permite classificar as etapas em processos que agregam valor, aqueles indispensáveis para manter a operação e a qualidade, e atividades que não contribuem para o valor e devem ser eliminadas. Dessa forma, é possível compreender o fluxo real da produção e direcionar esforços à redução de desperdícios, conforme enfatiza Werkema (2011).

O terceiro princípio orienta a criação de fluxos contínuos, garantindo fluidez aos processos após a eliminação das etapas desnecessárias, o que exige uma mudança de mentalidade em relação à produção tradicional organizada por departamentos (Werkema, 2011). Embora desafiadora, essa transformação é considerada um dos avanços mais significativos da mentalidade enxuta, segundo Rother e Shook (2009). A implementação de um fluxo contínuo proporciona resultados imediatos, como a redução dos tempos de desenvolvimento, processamento e entrega, além da diminuição de estoques.

O próximo princípio refere-se à produção puxada, viabilizada pelo fluxo contínuo. Nesse modelo, a produção deixa de ser empurrada ao consumidor por descontos ou promoções e passa a ser acionada pela própria demanda, tornando o cliente o elemento que movimenta o processo produtivo. Isso contribui para a redução de estoques e aumenta a percepção de valor do produto (Werkema, 2011). Na prática, conforme Toledo (2020), a produção puxada significa que nenhum processo deve produzir sem demanda do processo seguinte; quando o fluxo contínuo não é totalmente viável, os processos podem ser integrados por meio de sistemas puxados.

Por fim, o *Lean Manufacturing* enfatiza a busca da perfeição, entendida como um esforço contínuo de aperfeiçoamento. Conforme Toledo (2020), a melhoria contínua está diretamente associada à aplicação dos quatro princípios anteriores. Todos os envolvidos no

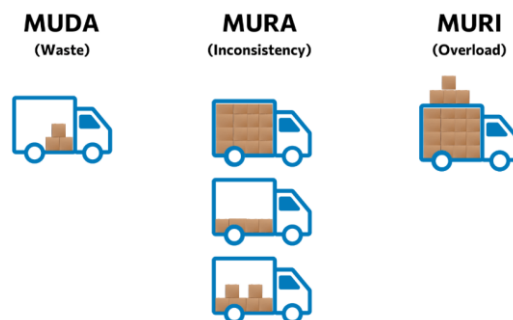
fluxo de valor devem direcionar suas ações para esse aprimoramento, em um ambiente de processos transparentes, no qual cada elo da cadeia compreende claramente o sistema produtivo. Essa compreensão compartilhada favorece o diálogo e a identificação constante de formas mais eficientes de gerar valor (Werkema, 2011).

Segundo Werkema (2011), a aplicação desses princípios é sustentada por um conjunto de ferramentas amplamente utilizadas no ambiente *Lean Manufacturing*, como o mapeamento do fluxo de valor, métricas *Lean*, *Kaizen*, Kanban, padronização, 5S, redução de setup, *Total Productive Maintenance* (TPM), gestão visual e dispositivos à prova de erro (*poka-yoke*). Nos últimos anos, observa-se um crescimento significativo no número de organizações, em diversos setores industriais e de serviços, que adotam práticas de *Lean Manufacturing*.

2.1.3 Os 8 desperdícios

Entre os princípios fundamentais do *Lean*, destaca-se a busca contínua pela redução e eliminação de desperdícios. Para Ohno (1988), a eficiência ideal é atingida quando se alcança o “zero desperdício”, o que pode ser compreendido por meio de três conceitos interligados entre si: *Muda*, *Mura* e *Muri*.

Figura 1 – Toyota’s 3Ms: MUDA, MURA, MURI



Fonte: *Humanperf* (2024).

De acordo com o *Lean Institute Brasil*, *Muda* é qualquer atividade que consome recursos sem gerar valor ao cliente, abrangendo desde retrabalhos até movimentações desnecessárias. *Mura* refere-se às irregularidades no processo, como variações de ritmo e programação que geram picos de trabalho e momentos de ociosidade. Já *Muri* diz respeito à sobrecarga de operadores ou equipamentos, quando o esforço exigido ultrapassa o limite sustentável (LEAN INSTITUTE BRASIL, s.d.). Na Figura 1, encontra-se demonstrada visualmente a distribuição desses tipos de desperdício.

Ohno (1988) descreve que o Muda pode se manifestar em sete formas principais dentro dos processos produtivos: superprodução, tempos de espera, defeitos e retrabalhos, transporte desnecessário, processamento excessivo, estoques elevados e movimentações improdutivas. Posteriormente, Liker (2004) acrescentou um oitavo desperdício, relacionado ao não aproveitamento das habilidades e da criatividade dos colaboradores. Abaixo, os oito desperdícios estão evidenciados para melhor compreensão.

- **Superprodução:** A superprodução caracteriza-se pela produção de produtos em quantidade superior à demanda real ou em momentos anteriores à sua necessidade, resultando na formação de estoques excessivos. Essa prática eleva os custos de armazenamento e aumenta o risco de obsolescência dos produtos. Segundo Ohno (1988), esse é o mais grave entre os desperdícios, pois tende a desencadear ou intensificar os demais ao longo do processo produtivo.
- **Espera:** O desperdício de espera ocorre quando colaboradores ou equipamentos permanecem ociosos devido à ausência de materiais, informações ou produtos necessários para a continuidade do processo. Essa condição não agrega valor ao produto final e compromete a fluidez do sistema produtivo. A espera pode ser provocada por diferentes fatores, como tempos elevados de setup, falhas na comunicação, indisponibilidade de materiais ou mau funcionamento dos equipamentos, resultando em redução do fluxo produtivo e da eficiência operacional.
- **Transporte:** Representa qualquer movimentação de materiais ou produtos que não agreguem valor ao processo ou ao produto final. De acordo com Okpala (2014), a ineficiência no transporte pode ser decorrente de layouts inadequados, superprodução ou adoção de grandes lotes de produção. Embora o transporte seja inerente aos sistemas produtivos, ele não contribui para a agregação de valor e, portanto, deve ser minimizado ao máximo.
- **Processamento desnecessário:** Os desperdícios decorrentes do processamento desnecessário ocorrem quando o processo produtivo incorpora etapas, métodos ou recursos que não agregam valor sob a perspectiva do cliente. Isso inclui o uso de técnicas inadequadas, equipamentos superdimensionados e a realização de operações além do estritamente necessário. Ademais, atividades ineficientes ou redundantes acabam

prolongando o tempo de produção e comprometendo o desempenho do sistema produtivo (Bergmann, 2021).

- **Estoques:** A manutenção de níveis elevados de estoque pode ser prejudicial às organizações, uma vez que implica custos associados à produção, armazenamento e capital imobilizado, sem a geração imediata de retorno financeiro. Além disso, conforme destaca Liker (2010), o excesso de estoque tende a mascarar problemas operacionais, como atrasos no fornecimento de materiais, desequilíbrios no ritmo de produção e a ocorrência de defeitos nos produtos.
- **Movimentação:** A movimentação configura-se como um tipo de desperdício relacionado à realização de movimentos desnecessários, tanto por parte dos operadores quanto dos equipamentos. Esses movimentos ocorrem quando materiais, ferramentas ou pontos de operação não estão adequadamente posicionados, exigindo deslocamentos excessivos entre estações de trabalho ou movimentos adicionais das máquinas até o início das atividades. Esse desperdício resulta em consumo de tempo e recursos financeiros, além de gerar desgaste dos equipamentos e aumento do esforço físico e do estresse dos colaboradores (Bergmann, 2021).
- **Defeito:** De acordo com Bergmann (2021), o desperdício relacionado a defeitos refere-se às falhas de qualidade que resultam em produtos fora das especificações, impactando negativamente os custos do processo produtivo. Cada item defeituoso demanda retrabalho ou substituição, ocasiona o desperdício de materiais e recursos, aumenta a burocracia operacional e pode, ainda, comprometer a satisfação dos clientes.
- **Talento:** O desperdício de talento ocorre quando as habilidades, conhecimentos e criatividade dos colaboradores não são plenamente aproveitados, geralmente devido à falta de envolvimento nas decisões e processos da empresa. Segundo Liker (2010), esse tipo de desperdício não se encaixa exatamente nas mesmas condições dos sete desperdícios tradicionais, pois não impede diretamente o fluxo produtivo, tornando-se, assim, mais difícil de ser identificado.

2.1.4 Estrutura - Casa Lean

Conforme discutido anteriormente, a eliminação total dos desperdícios constitui a base do Sistema Toyota de Produção, sendo um de seus princípios fundamentais. Para que esse objetivo seja alcançado, o sistema apoia-se em dois pilares essenciais: o *Just-in-Time* e a Automação (Ohno, 1997).

Segundo Ghinato (2000), existem diferentes formas de representar a estrutura do Sistema Toyota de Produção, sendo uma delas apresentada na Figura 2.

Figura 2 – A Estrutura do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Ghinato (2000).

Composta por dois pilares, uma base e um telhado, a casa Lean resume os princípios da metodologia de forma simples e visual, passando por diversas ferramentas que fazem parte da filosofia. Observando, de início, o telhado, ele representa o topo, ou seja, principal objetivo do *Lean Manufacturing*, que consiste em atender da melhor forma às necessidades do cliente, por meio do fornecimento de produtos e serviços de elevada qualidade, ao menor custo e com o menor lead time possível. Para que esse desempenho seja alcançado de forma sustentável, a gestão assume como preocupação fundamental a valorização das pessoas, por meio da garantia de um ambiente de trabalho seguro e estável, do estímulo à participação dos trabalhadores na identificação de problemas e na melhoria contínua, e do desenvolvimento de suas competências, reconhecendo que o envolvimento humano é um elemento essencial para a sustentação do Sistema Toyota de Produção (Ghinato, 2000).

Em busca de atingir os objetivos mencionados, são necessários dois pilares, sendo o primeiro o Just-in-Time (JIT), que indica que cada processo deve ser suprido com os itens

certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. O objetivo do JIT é identificar, localizar e eliminar perdas ao longo do sistema produtivo, garantindo maior fluidez e sincronização entre as etapas do processo. Segundo Ghinato (2000), a viabilização do JIT depende de três fatores intrinsecamente relacionados: o fluxo contínuo, o *takt time* e a produção puxada.

No âmbito do Sistema Toyota de Produção, conforme apresentado por Ohno (1997), o fluxo contínuo, o *takt time* e a produção puxada constituem elementos fundamentais para a eliminação de desperdícios. O fluxo contínuo busca assegurar a movimentação ininterrupta dos materiais ao longo do processo produtivo; o *takt time* define o ritmo de produção em função da demanda do cliente, sendo obtido pela divisão do tempo disponível de operação pelo número de peças requeridas; e a produção puxada caracteriza-se pela produção acionada pela demanda do processo subsequente.

O segundo pilar é representado pela metodologia *Jidoka*, ou Autonomação, que consiste em conceder à máquina ou ao operador a autonomia para interromper o processo produtivo sempre que uma anormalidade é identificada. Esse princípio tem como finalidade impedir a geração e a propagação de defeitos, assegurando que a qualidade seja construída ao longo do fluxo de produção, e não apenas verificada ao final do processo (Ghinato, 2000).

Segundo o autor, a implementação do *jidoka* está associada à separação entre o homem e a máquina, especialmente no que se refere à distinção entre a detecção da anormalidade e a sua correção. Enquanto a identificação do desvio pode ser atribuída à máquina, a análise e a solução do problema permanecem sob responsabilidade do operador, permitindo a supervisão simultânea de equipamentos; nesse contexto, os dispositivos *poka-yoke* viabilizam a aplicação prática do *jidoka* ao atuarem na prevenção e detecção de erros, possibilitando a inspeção na fonte, a eliminação das causas dos defeitos e a construção da qualidade no processo produtivo (Ghinato, 2000).

2.1.5 Ferramentas

Nesta subseção são apresentadas as principais ferramentas que compõem o escopo de aplicação do *Lean Manufacturing*. Dentre essas ferramentas destacam-se o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), Melhoria Contínua e *Kaizen*, a Manutenção Produtiva Total (TPM), o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), a metodologia DMAIC, a ferramenta ECRS e o *Single Minute Exchange of Die* (SMED).

2.1.5.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta do *Lean Manufacturing* que possibilita a análise integrada do ciclo de vida de um produto ou serviço, abrangendo desde o recebimento da matéria-prima até a entrega ao cliente final, com foco na identificação e eliminação de desperdícios. Dessa forma, sua aplicação contribui de maneira significativa para os esforços de melhoria contínua, ao permitir a visualização clara dos processos, bem como dos fluxos de materiais e de informações envolvidos na geração de valor (ROTHER; SHOOK, 2009).

2.1.5.2 Melhoria Contínua e Kaizen

A melhoria contínua está associada ao conceito de *kaizen*, termo de origem japonesa em que *kai* significa mudança e *zen* significa para melhor. Segundo Imai (1994), conforme apresentado por Machiori (2002), o kaizen refere-se à melhoria contínua e incremental das atividades organizacionais, com o objetivo de agregar valor e eliminar desperdícios ao longo do sistema produtivo. Esse conceito também é abordado por Womack e Roos (1998), que caracterizam o kaizen como a melhoria no ponto ou no processo, reforçando a busca constante por produtos melhores a custos reduzidos. Dessa forma, o kaizen configura-se como uma estratégia que integra filosofia, sistemas e ferramentas voltadas à solução de problemas e ao aprimoramento contínuo do desempenho organizacional.

A aplicação do kaizen está diretamente relacionada ao envolvimento das pessoas e ao comprometimento da alta gerência. Conforme destacado por Imai (1997), a participação ativa dos colaboradores por meio do incentivo à geração de sugestões de melhoria é um dos pilares dessa filosofia, independentemente do retorno financeiro imediato. O foco do kaizen está no desenvolvimento de uma mentalidade orientada ao processo, na disciplina e no aprendizado contínuo. Quando aplicado de forma adequada, possibilita melhorias significativas no sistema produtivo sem a necessidade de grandes investimentos em tecnologia ou recursos adicionais, uma vez que a melhoria dos resultados ocorre como consequência direta do aperfeiçoamento contínuo dos processos (Imai, 1994).

2.1.5.3 Manutenção Preventiva Total (TPM)

Aliada à filosofia *Lean*, a Manutenção Produtiva Total (TPM) tem sua denominação originada da expressão em inglês *Total Productive Maintenance*, que significa Manutenção Produtiva Total. Trata-se de um conceito de gestão que vem proporcionando resultados relevantes às organizações que adotam essa metodologia, ao redefinir o papel da manutenção

dentro dos sistemas produtivos e ampliá-la para além de uma função meramente corretiva. Nesse sentido, o TPM passa a ser compreendido como um elemento estratégico para a sustentação da estabilidade operacional e da competitividade das empresas (Santos; Andrade, 2021).

A partir dessa concepção, o TPM constitui-se como uma metodologia de gestão voltada à maximização da eficiência dos sistemas produtivos por meio da eliminação sistemática de perdas, do aumento da produtividade, da melhoria da qualidade e do desenvolvimento das competências humanas. Sua aplicação envolve a participação de todos os níveis hierárquicos da organização, promovendo uma cultura de melhoria contínua e de responsabilidade compartilhada sobre os equipamentos e os processos produtivos (Santos; Andrade, 2021).

2.1.5.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é um indicador amplamente utilizado na indústria de manufatura para avaliar a efetividade global de um equipamento em relação ao seu potencial máximo de produção. Desenvolvido por Seiichi Nakajima no contexto da Manutenção Produtiva Total (TPM), o OEE mensura, de forma integrada, as perdas relacionadas à disponibilidade, desempenho e qualidade, permitindo identificar não apenas o nível de eficiência do equipamento, mas também as principais fontes de ineficiência do processo produtivo. Por sua objetividade e aplicabilidade, o indicador tornou-se uma importante ferramenta de apoio à gestão da performance fabril (Vince, 2021).

2.1.5.5 Metodologia DMAIC

O método DMAIC é uma abordagem estruturada de melhoria contínua aplicada em projetos Seis Sigma, com foco na identificação, quantificação e redução da variabilidade dos processos (Holanda et al., 2013). Amplamente utilizado como ferramenta de solução de problemas, o DMAIC possibilita a condução dos projetos de forma lógica e sistemática, contribuindo para o gerenciamento eficiente das atividades e para o alcance dos objetivos definidos pelas equipes (Cleto; Quinteiro, 2011; Santos; Martins, 2003). O método é composto por cinco etapas sequenciais que orientam o desenvolvimento do projeto, as quais são apresentadas no quadro a seguir.

Tabela 1 – Estrutura DMAIC

Etapa	Definição	Ferramentas
-------	-----------	-------------

D – Definir (Define)	Define o problema, o escopo, os objetivos e os indicadores do projeto.	Análise econômica; Gráficos de controle; Mapa de raciocínio.
M – Medir (Measure)	Mede o desempenho atual do processo por meio da coleta e análise de dados.	Coleta de dados; Cartas de controle; Histograma; Diagrama de Pareto.
A – Analisar (Analyze)	Analisa os dados para identificar as causas raízes do problema.	Diagrama de Ishikawa; Testes de hipótese; Análise de regressão; Correlação; FMEA.
I – Melhorar (Improve)	Desenvolve e implementa soluções para eliminar as causas identificadas.	Brainstorming; 5W2H; Poka-Yoke, ECRS
C – Controlar (Control)	Controlar e padronizar o processo para manter os resultados alcançados.	Cartas de controle; Folha de verificação; Gestão visual.

Fonte: Adaptado de Werkema (2012).

2.1.5.6 Ferramenta ECRS

A ferramenta ECRS é um método utilizado para análise e melhoria de processos, cuja sigla representa as ações *Eliminate* (Eliminar), *Combine* (Combinar), *Rearrange* (Reorganizar) e *Simplify* (Simplificar), sendo aplicado para promover melhorias rápidas e sistemáticas nos processos produtivos (Kelendar; Mohammed, 2020).

Segundo Kelendar e Mohammed (2020), o ECRS auxilia na identificação de atividades que não agregam valor, permitindo eliminar operações desnecessárias, combinar tarefas relacionadas, reorganizar sequências de trabalho e simplificar atividades, contribuindo para a redução de tempo, esforço, movimentações e desperdícios. Dessa forma, a ferramenta apresenta forte relação com os princípios do Lean Manufacturing, especialmente na busca pela melhoria contínua e otimização do fluxo produtivo.

Além disso, o método pode ser utilizado em conjunto com outras ferramentas Lean, potencializando a geração de ideias de melhoria e auxiliando na estruturação de ações corretivas e preventivas. Sua aplicação é amplamente associada à etapa *Improve* da metodologia DMAIC, uma vez que fornece suporte para análise crítica dos processos e desenvolvimento de soluções

voltadas à eliminação de atividades sem valor agregado e aumento da eficiência operacional (Kelendar; Mohammed, 2020).

2.1.5.7 *Single Minute Exchange of Die (SMED)*

A metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) é uma abordagem estruturada voltada à redução do tempo de setup, entendido como o intervalo necessário para preparar um equipamento ou linha produtiva para a fabricação de um novo produto ou formato. Desenvolvida por Shigeo Shingo no contexto do Sistema Toyota de Produção, a metodologia tem como principal objetivo minimizar o período de indisponibilidade dos equipamentos, buscando trocas realizadas em um único dígito de minuto, ou seja, em menos de dez minutos (Sugai et al., 2007).

De acordo com Sugai et al. (2007), o princípio fundamental do SMED baseia-se na distinção entre setup interno e setup externo. O setup interno compreende as atividades que devem ser realizadas com a máquina parada, enquanto o setup externo refere-se às operações que podem ser executadas com o equipamento em funcionamento. A correta identificação e separação dessas atividades possibilita reduções significativas nas paradas planejadas, muitas vezes sem a necessidade de investimentos elevados, por meio da reorganização do método de trabalho.

A metodologia SMED é estruturada em três estágios conceituais, aplicados de forma sistemática. O Estágio 1 consiste na separação entre setup interno e setup externo, etapa na qual as atividades de troca são analisadas, classificadas e organizadas, visando transferir para o setup externo todas as tarefas possíveis. Essa fase proporciona ganhos iniciais relevantes na redução do tempo de máquina parada, principalmente por meio de melhorias organizacionais (Sugai et al., 2007).

O Estágio 2 corresponde à conversão do setup interno em setup externo. Nessa etapa, realiza-se uma análise mais aprofundada das atividades que ainda exigem a parada do equipamento, buscando alternativas técnicas e operacionais que permitam sua execução antecipada, com a linha em funcionamento. Essa conversão contribui diretamente para a redução do tempo de indisponibilidade do processo produtivo (Sugai et al., 2007).

Por fim, o Estágio 3 refere-se à melhoria sistemática das operações de setup, tanto internas quanto externas. Esse estágio envolve ações como a eliminação de ajustes, a padronização das operações, a execução de atividades em paralelo, o uso de dispositivos de fixação funcional e, quando aplicável, a mecanização do processo de troca. Segundo Sugai et

al. (2007), essa etapa é responsável pelas reduções mais expressivas e sustentáveis do tempo de setup, uma vez que atua diretamente na simplificação e otimização das atividades envolvidas.

A Tabela 2 apresenta a síntese dos estágios conceituais do SMED e das principais técnicas associadas a cada um deles, conforme sistematizado por Sugai et al. (2007) a partir da metodologia originalmente proposta por Shigeo Shingo.

A partir da Tabela 2, observa-se que a metodologia SMED estrutura-se de forma progressiva, iniciando por melhorias organizacionais e evoluindo para intervenções técnicas mais aprofundadas. Os dois primeiros estágios concentram-se na reorganização das atividades de setup, por meio da separação e conversão entre setup interno e externo, enquanto o terceiro estágio atua diretamente na otimização das operações, promovendo a redução efetiva do tempo total de troca. Dessa forma, a aplicação estruturada dos estágios do SMED contribui para a redução do tempo de troca, aumento da flexibilidade produtiva e melhoria dos indicadores de desempenho do processo (Sugai et al., 2007).

Tabela 2 – Estágios conceituais do SMED e as técnicas associadas.

Estágio conceitual	Técnicas associadas
Estágio 1	Utilização de um check-list; Verificação das condições de funcionamento; e Melhoria no transporte de matrizes.
Estágio 2	Preparação antecipada das condições operacionais; Padronização de funções; e Utilização de guias intermediárias.
Estágio 3	Melhoria na estocagem e no transporte de navalhas, matrizes, guias, batentes, etc; Implementação de operações em paralelo; Uso de fixadores funcionais; Eliminação de ajustes; Sistema de mínimo múltiplo comum; e Mecanização.

Fonte: Adaptado de Shingo (1985).

2.2 Indústria de Laticínios

2.2.1 Antecedentes históricos

A indústria de laticínios no Brasil teve origem em práticas produtivas rudimentares, voltadas principalmente ao autoconsumo e ao abastecimento local. Durante o período colonial e grande parte do século XIX, a atividade leiteira caracterizava-se por baixa produtividade,

reduzida escala de produção e ausência de padronização, sendo comum a fabricação artesanal de derivados como queijos e manteigas, sem controle sanitário adequado (Embrapa, 2014).

Com o avanço do processo de industrialização e urbanização ao longo do século XX, a cadeia produtiva do leite passou por transformações significativas. A introdução de tecnologias industriais, aliada à melhoria dos sistemas de transporte e armazenamento, possibilitou a ampliação da produção e do consumo de leite e derivados. Nesse contexto, a difusão de processos como a pasteurização representou um marco para o setor, ao contribuir para o aumento da segurança microbiológica dos produtos e para a expansão do mercado consumidor (Embrapa, 2014).

A consolidação da indústria de laticínios no Brasil ocorreu de forma gradual e regionalmente desigual. Historicamente, as regiões Sul e Sudeste se destacaram pela maior concentração de produtores, melhor infraestrutura logística e maior proximidade dos principais centros consumidores. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, políticas públicas de incentivo à agropecuária, associadas à adoção de inovações tecnológicas no campo e na indústria, foram determinantes para o fortalecimento da cadeia produtiva do leite no país (Embrapa, 2014).

2.2.2 Contexto atual do mercado

A evolução recente do setor de laticínios no Brasil pode ser analisada a partir da série histórica do valor da produção de leite, que evidencia a relevância econômica crescente dessa atividade no contexto do agronegócio nacional. De acordo com os dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), observa-se um crescimento contínuo do valor da produção entre os anos de 2020 e 2024, indicando a consolidação do leite como um dos principais produtos da agropecuária brasileira (IBGE, 2024).

Além da evolução temporal, a análise da distribuição espacial da produção de leite no Brasil revela uma forte concentração regional. Estados localizados nas regiões Sul e Sudeste, bem como em parte do Centro-Oeste, apresentam os maiores valores de produção, resultado de um processo histórico de especialização produtiva, maior nível de tecnologia, infraestrutura logística mais desenvolvida e maior integração entre produtores rurais e indústrias de processamento (IBGE, 2024).

Essa configuração espacial reforça o papel estratégico da indústria de laticínios no desenvolvimento econômico regional, na geração de emprego e renda e no abastecimento do mercado interno. Dessa forma, o contexto atual do mercado de laticínios no Brasil é marcado

por crescimento econômico, concentração regional e crescente exigência por eficiência ao longo de toda a cadeia produtiva.

2.2.3 Principais atores ou empresas

A indústria de laticínios no Brasil apresenta elevada concentração produtiva, característica que se mantém e se intensifica ao longo dos anos, conforme evidenciado pelos levantamentos realizados pela Associação Brasileira dos Produtores de Leite. O 28º Ranking das Maiores Empresas e Cooperativas de Laticínios do Brasil, referente ao ano de 2024, constitui um importante retrato da estrutura industrial do setor, reunindo informações de 17 empresas que responderam ao questionário da pesquisa (EDairy News Brasil, 2025).

Segundo os dados divulgados, o volume total de leite captado pelas empresas participantes do ranking alcançou aproximadamente 10,8 bilhões de litros em 2024, o que corresponde a cerca de 45,5% do total de leite adquirido pelas indústrias brasileiras no mesmo ano, conforme informações da Pesquisa Trimestral do Leite do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024). Esse resultado reforça o elevado grau de concentração do setor, uma vez que menos de duas dezenas de empresas são responsáveis por quase metade da captação formal de leite no país.

A edição de 2024 do ranking apresentou uma mudança relevante na liderança do setor, com o grupo francês Lactalis assumindo a primeira posição. Presente no Brasil desde 2011, após a aquisição do controle da Parmalat, a empresa consolidou sua expansão por meio da incorporação de marcas tradicionais do mercado nacional, como Batavo, Elegê, Itambé e Poços de Caldas. Além disso, a Lactalis ampliou sua atuação com a aquisição da DPA Brasil, empresa anteriormente constituída a partir de uma parceria estratégica (joint venture) entre a Nestlé e a Fonterra, voltada à atuação no segmento de lácteos no país (EDairy News Brasil, 2025).

Outro grupo de destaque recorrente nos rankings é o Grupo Piracanjuba, presente de forma contínua desde os tempos do Laticínios Bela Vista. A trajetória do grupo demonstra um crescimento sustentado ao longo dos últimos 15 anos, período no qual a empresa quadruplicou seu volume de recepção de leite, refletindo investimentos em capacidade produtiva, diversificação de portfólio e fortalecimento da relação com produtores rurais (EDairy News Brasil, 2025).

Além desses grupos de destaque, a estrutura concentrada da indústria de laticínios brasileira também é caracterizada pela atuação de empresas multinacionais com longa trajetória

no país, cuja presença influenciou de forma significativa a organização da cadeia produtiva e o desenvolvimento do setor ao longo do tempo. Nesse contexto, destaca-se a Nestlé, cuja atuação no Brasil teve início na década de 1920 e se consolidou como uma das referências históricas da indústria de laticínios nacional (EDairy News Brasil, 2025).

De modo geral, os resultados do Ranking ABRALEITE 2024 indicam que a indústria de laticínios brasileira atravessa um processo contínuo de concentração e profissionalização, no qual grandes grupos industriais e cooperativas estruturadas ampliam sua participação por meio de ganhos de escala, eficiência operacional e integração da cadeia produtiva. Esse contexto evidencia a relevância da gestão industrial, do planejamento e do controle da produção como elementos estratégicos para a manutenção da competitividade das empresas do setor, especialmente em ambientes caracterizados por elevada complexidade produtiva e pressão por custos.

2.2.4 Processo genérico de produção de bens ou serviços dessa indústria

O processo produtivo na indústria de laticínios caracteriza-se pela transformação do leite cru em produtos industrializados destinados ao consumo humano, como leite fluido, leite em pó, queijos, manteigas e derivados. Trata-se de um sistema produtivo que exige elevado controle sanitário, padronização operacional e integração entre as etapas agrícolas e industriais, uma vez que a matéria-prima apresenta alta perecibilidade e sensibilidade a variações de tempo e temperatura (ORDÓÑEZ, 2005).

De forma geral, o processo produtivo lácteo pode ser compreendido a partir do modelo de transformação, no qual as entradas correspondem principalmente ao leite cru, além de insumos complementares, energia, mão de obra e informações. O processamento envolve operações industriais como recepção, resfriamento, padronização, pasteurização, evaporação, secagem ou fermentação, dependendo do produto final. As saídas consistem nos produtos lácteos prontos para comercialização, bem como subprodutos e resíduos que demandam tratamento adequado (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2018; CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Os sistemas produtivos adotados pela indústria de laticínios apresentam, em sua maioria, características de produção contínua ou em massa, especialmente em linhas como leite tratado por ultra-alta temperatura (UHT) e leite em pó, nas quais há elevado volume, baixa variedade e alto grau de padronização. Essas características demandam processos altamente

automatizados e integrados, com fluxo contínuo de materiais e operações fortemente dependentes do desempenho dos equipamentos industriais (Groover, 2011).

Nesse contexto, a eficiência do processo produtivo assume papel estratégico, uma vez que paradas não programadas, perdas de matéria-prima ou falhas de controle impactam diretamente os custos, a qualidade do produto final e a segurança alimentar. Assim, o planejamento, o controle e o monitoramento das operações tornam-se fundamentais para garantir estabilidade do processo, conformidade sanitária e competitividade industrial. A compreensão do processo produtivo genérico da indústria de laticínios constitui, portanto, a base para análises mais específicas de desempenho, eficiência operacional e gestão da produção em ambientes industriais do setor.

2.2.5 Destaque para o processo e máquinas da indústria de laticínio no setor de embalagem

O setor de embalagem na indústria de laticínios desempenha papel estratégico dentro do sistema produtivo, uma vez que está diretamente associado à segurança alimentar, à conservação do produto e à eficiência logística. Em linhas de produção contínuas, como as de leite UHT, leite pasteurizado e derivados líquidos, a etapa de embalagem ocorre de forma integrada às fases finais do processamento, exigindo elevado nível de automação, padronização e controle operacional (ORDÓÑEZ, 2005).

De acordo com Groover (2014), os sistemas de embalagem em ambientes industriais caracterizam-se por elevado grau de mecanização e integração entre diferentes operações, como enchimento, fechamento e identificação do produto. Na indústria de laticínios, esses sistemas são projetados para operar de forma contínua, assegurando padronização, repetibilidade e controle do processo, além de atender às exigências sanitárias e de qualidade impostas ao setor. A automação nessa etapa contribui para a redução da interferência manual e para o aumento da confiabilidade operacional ao longo da linha produtiva.

Além da etapa de embalagem primária, o setor de embalagem engloba atividades complementares responsáveis pela preparação do produto para armazenamento e distribuição. Essas operações envolvem o agrupamento, acondicionamento e movimentação das unidades produzidas, podendo apresentar diferentes níveis de automação conforme a escala e a complexidade do sistema produtivo. Segundo Groover (2014), a adoção de soluções automatizadas nessas fases tem como principais objetivos o aumento da produtividade, a redução de falhas operacionais e a melhoria das condições de trabalho, aspectos relevantes em indústrias de produção contínua e alto volume, como a de laticínios.

Sob a ótica da gestão da produção, Corrêa e Corrêa (2017) destacam que o desempenho do setor de embalagem influencia diretamente indicadores como eficiência global dos equipamentos (OEE), capacidade produtiva e nível de serviço ao cliente. Paradas não programadas, falhas mecânicas ou gargalos nessa etapa podem comprometer todo o fluxo produtivo, especialmente em sistemas de produção contínua, nos quais a interdependência entre as operações é elevada.

Dessa forma, o setor de embalagem na indústria de laticínios não deve ser compreendido apenas como uma etapa final do processo produtivo, mas como um elemento crítico para a competitividade industrial. A adoção de tecnologias automatizadas, aliada a práticas eficientes de manutenção e controle operacional, torna-se essencial para assegurar qualidade, segurança dos alimentos e desempenho produtivo em ambientes industriais de alta escala.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

As pesquisas científicas podem ser classificadas segundo diferentes critérios, tais como natureza, abordagem do problema, objetivos e procedimentos técnicos. Essa classificação é essencial para garantir coerência entre os objetivos do estudo e os métodos adotados, além de assegurar rigor científico aos resultados obtidos (Gil, 2019).

Quanto à natureza, a presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, uma vez que busca gerar conhecimentos direcionados à solução de um problema prático inserido no contexto real da indústria de laticínios. Conforme Gil (2019), a pesquisa aplicada distingue-se por sua orientação à utilização do conhecimento científico com vistas à melhoria de processos, produtos ou serviços, atendendo a demandas específicas das organizações.

No que se refere à abordagem do problema, o estudo apresenta caráter qualitativo e quantitativo. A abordagem qualitativa é utilizada para compreender e descrever o processo produtivo analisado, considerando aspectos operacionais, organizacionais e tecnológicos. Já a abordagem quantitativa permite a análise de dados mensuráveis e indicadores de desempenho, possibilitando uma avaliação objetiva do processo estudado. De acordo com Creswell e Clark (2018), a combinação dessas abordagens contribui para uma análise mais abrangente e consistente, especialmente em pesquisas aplicadas ao ambiente industrial.

Em relação aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória e descritiva. O caráter exploratório justifica-se pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o processo produtivo e o setor de embalagem da indústria de laticínios, proporcionando maior familiaridade com o problema investigado. O caráter descritivo, por sua vez, está associado à descrição sistemática das características do processo, das etapas produtivas e das interações entre máquinas, métodos e pessoas, sem a manipulação direta das variáveis analisadas (Gil, 2019).

Quanto aos procedimentos técnicos, o trabalho caracteriza-se como uma pesquisa-ação, desenvolvida a partir da atuação direta do pesquisador no ambiente produtivo. Esse tipo de pesquisa envolve a interação entre o pesquisador e os profissionais da organização, permitindo a observação *in loco* dos processos, a coleta de dados operacionais e a compreensão aprofundada do contexto estudado. Segundo Thiollent (2011), a pesquisa-ação caracteriza-se pela cooperação entre pesquisadores e participantes da situação investigada, visando simultaneamente à produção de conhecimento e à melhoria das práticas organizacionais.

3.2 Técnicas de coleta e análise de dados

Para a aplicação da metodologia SMED (Single-Minute Exchange of Die), é fundamental que os objetivos da pesquisa estejam claramente definidos. A coleta de dados deve ser conduzida de forma estruturada, garantindo confiabilidade, rastreabilidade e precisão das informações registradas, conforme princípios metodológicos apresentados por Gil (2008).

No presente estudo, os dados foram obtidos por meio de observação direta, cronometragem das atividades e registro detalhado das etapas do setup. Segundo Gil (2008), a observação sistemática consiste em um procedimento planejado, com definição prévia dos aspectos a serem analisados, permitindo maior rigor e objetividade na coleta das informações.

As trocas de formato foram acompanhadas integralmente, possibilitando a decomposição do setup em etapas individuais. Conforme proposto por Shingo (1985), as atividades foram classificadas em internas, aquelas realizadas com o equipamento parado, e externas, aquelas que podem ser executadas com o equipamento em funcionamento. Essa distinção é essencial para a aplicação do SMED, pois permite identificar oportunidades de conversão de atividades internas em externas, reduzindo o tempo total de parada do equipamento.

Além disso, foram identificadas atividades que não agregam valor, como deslocamentos desnecessários, ajustes repetitivos e ausência de padronização. Essa análise está alinhada aos

princípios do Sistema Toyota de Produção, descritos por Liker (2005), que enfatizam a eliminação de desperdícios e a busca pela melhoria contínua dos processos.

Complementarmente, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com operadores e supervisores da área produtiva, com o objetivo de compreender dificuldades práticas, variações no método de trabalho e oportunidades de padronização. De acordo com Gil (2008), a entrevista é uma técnica adequada para aprofundar a compreensão de fenômenos organizacionais, permitindo confrontar as informações observadas com a percepção dos envolvidos no processo.

3.3 Procedimentos metodológicos - Etapas

O presente estudo foi estruturado em seis etapas metodológicas que orientaram a condução da pesquisa, desde o levantamento teórico até a análise dos resultados obtidos com a aplicação de ferramentas de melhoria de processos. A estrutura metodológica foi organizada de forma a possibilitar a compreensão do problema identificado no ambiente produtivo e a aplicação sistemática de métodos voltados à redução do tempo de setup em processos industriais.

Assim, o desenvolvimento do trabalho foi dividido em etapas sequenciais, contemplando a pesquisa bibliográfica, a caracterização do ambiente de estudo, a identificação do problema, a coleta e análise de dados do processo produtivo, e por fim, a proposta da metodologia de melhoria.

3.3.1 Pesquisa bibliográfica

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de fundamentar teoricamente o estudo. Nessa etapa, foram consultados livros, artigos científicos e publicações técnicas relacionados aos temas de *Lean Manufacturing*, Seis Sigma, Sistema Toyota de Produção e ferramentas de melhoria contínua aplicadas em ambientes industriais.

A revisão da literatura abordou conceitos relacionados à identificação de desperdícios nos processos produtivos e às metodologias utilizadas para melhoria da eficiência operacional, com destaque para abordagens voltadas à redução de tempos de setup. Também foram analisados aspectos relacionados ao contexto da indústria de laticínios e às características dos processos produtivos desse setor.

Esse embasamento teórico possibilitou compreender os principais conceitos, ferramentas e métodos utilizados para redução de tempos de setup, fornecendo suporte para a

análise do processo produtivo estudado e para a aplicação das ferramentas de melhoria ao longo deste trabalho.

3.3.2 Caracterização do ambiente de estudo

Na sequência, realizou-se a caracterização do ambiente de estudo, com o objetivo de contextualizar o processo produtivo analisado e compreender a dinâmica operacional da linha de produção em que o projeto foi desenvolvido.

Essa etapa envolveu a análise das rotinas operacionais da linha, bem como a compreensão das atividades relacionadas ao processo de troca de formato. A partir dessa caracterização, foi possível identificar as principais etapas do processo de setup, os colaboradores envolvidos na atividade e os impactos operacionais associados às paradas de produção durante as trocas de produto.

3.3.3 Identificação do problema e definição dos objetivos

Após a compreensão inicial do processo produtivo, foi realizada a identificação do problema que motivou o desenvolvimento deste estudo. A iniciativa surgiu a partir da análise das paradas da linha de produção durante reuniões operacionais da fábrica, nas quais foi observado que as paradas operacionais representam aproximadamente 10% do total de paradas registradas.

Ao realizar a estratificação dessas paradas por tipo, verificou-se que as trocas de formato representam o principal fator dentro das paradas operacionais, correspondendo a cerca de 17% dessas ocorrências, além de apresentarem tendência de crescimento ao longo do tempo.

Com base nessa análise, foi definido como objetivo do estudo reduzir o tempo de setup associado às trocas de formato da linha de produção, por meio da aplicação de ferramentas de melhoria de processos. A meta estabelecida consiste na redução do tempo médio de troca de produto de 3,2 horas para 2,9 horas, representando uma diminuição de aproximadamente 9,4% no tempo médio de setup. Essa melhoria operacional está associada a ganhos financeiros estimados em aproximadamente 8.596,00 reais por ano.

3.3.4 Coleta de dados do processo de setup

A etapa seguinte consistiu na coleta de dados do processo de troca de formato na linha de produção. Essa atividade foi realizada por meio de observações diretas no ambiente

produtivo, com o objetivo de compreender detalhadamente a execução das atividades envolvidas no processo de setup.

Durante essa etapa, foram realizadas duas medições por turno do tempo total de troca de formato, bem como o registro da sequência das atividades executadas pelos operadores e a análise do fluxo de movimentação dos colaboradores durante o processo. As medições foram conduzidas pelo time de Excelência em Manufatura da unidade, em conjunto com integrantes do projeto das áreas de Armazém e Qualidade, ao longo dos meses de fevereiro e março, em diferentes turnos operacionais, buscando garantir uma visão representativa do comportamento da linha de produção e identificar possíveis variações na execução das atividades.

As informações coletadas nessa etapa serviram como base para a análise detalhada do processo e para a identificação de oportunidades de melhoria relacionadas à redução do tempo de setup.

3.3.5 Proposta da metodologia de melhoria

Com base nos dados coletados, foi aplicada a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*), amplamente utilizada em projetos de melhoria de processos por fornecer uma estrutura sistemática para identificação de problemas, análise de causas e implementação de soluções voltadas ao aumento do desempenho operacional.

No contexto deste estudo, essa abordagem foi utilizada para orientar a análise do processo de troca de formato, conduzindo a aplicação de ferramentas voltadas à identificação de oportunidades de melhoria. Entre as atividades realizadas, destacam-se a observação estruturada das operações, a classificação das tarefas quanto à agregação de valor, a distinção entre atividades internas e externas conforme os princípios do SMED, e a aplicação da ferramenta ECRS (Eliminar, Combinar, Reorganizar e Simplificar) para otimização das atividades do processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da empresa

A empresa analisada neste estudo pertence ao setor alimentício e integra uma das maiores corporações multinacionais do segmento de alimentos e bebidas do mundo. Localizada na região do Pontal do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, a unidade industrial iniciou suas atividades na década de 1970 e possui destaque na produção de derivados lácteos,

especialmente leite em pó. Seu portfólio contempla produtos nas versões integral, semidesnatada, com fibras e zero lactose, comercializados em diferentes formatos de embalagem, como latas, sachês e bags de grande capacidade.

A unidade opera com elevado nível de automação e segue padrões rigorosos de qualidade, segurança alimentar e eficiência produtiva. Atualmente, conta com aproximadamente 200 colaboradores efetivos, distribuídos entre áreas operacionais, técnicas e administrativas, além de estagiários e jovens aprendizes que atuam em atividades de suporte e desenvolvimento.

A estrutura fabril é organizada em setores responsáveis pelas diferentes etapas do processo produtivo e pelas áreas de apoio à manufatura. De maneira geral, o processo de fabricação do leite em pó segue basicamente cinco etapas: recebimento do leite cru e/ou pré-condensado, standardização da receita, condensação para redução da umidade, pulverização nas torres de secagem e envase do produto final em latas de 380 gramas, bags de 500 kg e 1.000 kg, sacos de 25 kg e sachês de 380 gramas, 500 gramas e 750 gramas.

Além da produção dos derivados lácteos, a unidade também realiza internamente a fabricação das embalagens metálicas utilizadas no envase dos produtos. Esse processo contempla etapas como corte, soldagem, recravação, aplicação de membrana de vedação, rotulagem e encaixotamento.

No âmbito da manutenção industrial, são empregadas práticas de manutenção corretiva, preditiva e programada, buscando assegurar maior confiabilidade operacional e disponibilidade dos equipamentos. A empresa também aplica conceitos da metodologia TPM (*Total Productive Maintenance*), voltados à melhoria contínua, redução de perdas e aumento da eficiência produtiva nas áreas de fabricação e envase.

A organização conta ainda com setores administrativos e de suporte técnico, como Garantia da Qualidade, Engenharia, Recursos Humanos, Escritório Técnico e Excelência em Manufatura. Complementarmente, dispõe de oficinas de manutenção e de um setor de utilidades responsável pelo fornecimento de recursos essenciais ao funcionamento da planta.

Com relação à sustentabilidade e ao gerenciamento ambiental, a unidade possui sistemas destinados ao tratamento e reaproveitamento de recursos hídricos utilizados no processo produtivo. Entre eles, destacam-se a Estação de Tratamento de Água (ETA), utilizada no tratamento da água destinada às operações industriais e aos processos de limpeza CIP (*Clean In Place*), e a Planta de Tratamento de Águas Residuais (PTAR), responsável pelo tratamento dos efluentes industriais antes de seu descarte ou reutilização, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e para o uso mais eficiente dos recursos naturais.

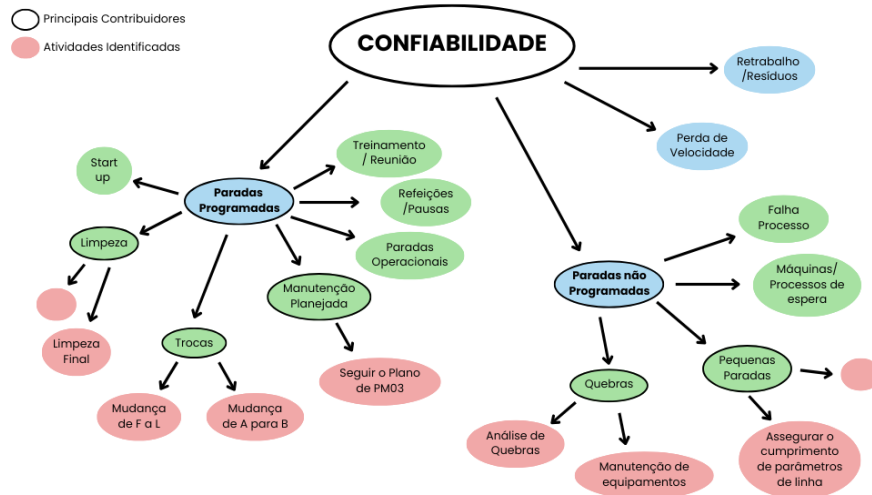
4.2 Mapeamento da realidade empresarial

Em empresas multinacionais do setor alimentício, a busca por maior eficiência operacional e melhoria dos processos produtivos é indispensável para manter a competitividade e atender aos padrões de qualidade exigidos pelo mercado. Dessa forma, torna-se necessária a adoção de metodologias que promovam o aumento da produtividade, a redução de perdas e a melhoria do desempenho industrial, como o *Total Productive Maintenance* (TPM), amplamente utilizado em ambientes de manufatura.

Com o intuito de acompanhar os resultados obtidos e garantir maior controle sobre as operações, a empresa utiliza indicadores de desempenho aplicados em diferentes níveis da organização. Entre eles, destacam-se os KPIs (*Key Performance Indicators*), relacionados ao monitoramento dos objetivos estratégicos; os PPIs (*Process Performance Indicators*), direcionados à análise da eficiência dos processos produtivos; e os APIs (*Activity Performance Indicators*), voltados ao acompanhamento das atividades executadas no ambiente operacional.

A utilização desses indicadores permite uma análise mais precisa da performance industrial, auxiliando na identificação de perdas, oportunidades de melhoria e no direcionamento das tomadas de decisão. De acordo com a Figura 3 a seguir, a confiabilidade da operação é utilizada como KPI (*Key Performance Indicator*) principal da análise. Já os PPIs (*Process Performance Indicators*), destacados em azul, correspondem aos processos que impactam diretamente esse indicador, como paradas e perdas operacionais, enquanto os APIs (*Activity Performance Indicators*), representados em verde, estão relacionados às atividades desenvolvidas para controle e melhoria dos processos, contribuindo para o aumento da eficiência e estabilidade operacional.

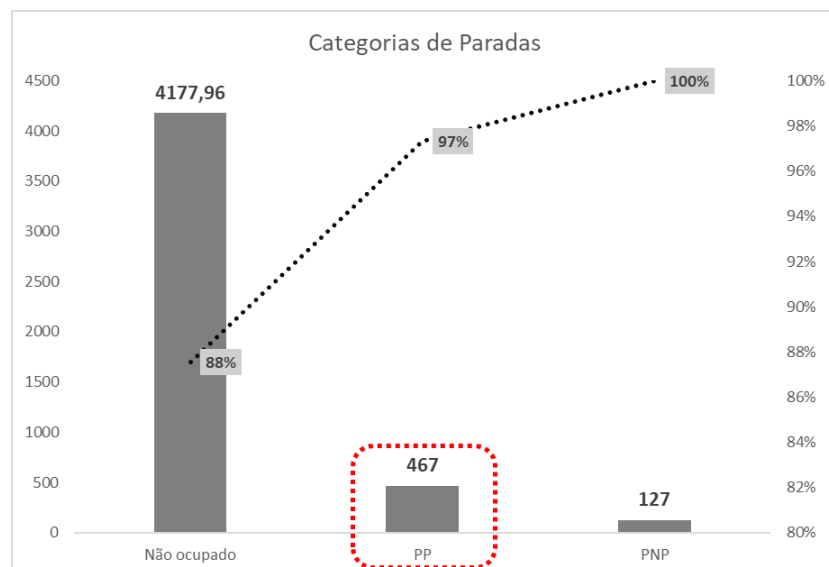
Figura 3 – Indicadores KPI



Fonte: Autor (2026).

No contexto da aplicação da metodologia, identifica-se uma oportunidade de melhoria na linha de expansão, onde o indicador de paradas planejadas apresenta valores elevados, conforme apresentado na Figura 4. É importante destacar que a categoria "Não ocupado" corresponde ao período em que a linha de produção permanece inoperante, ou seja, sem a realização de atividades produtivas.

Figura 4 – Distribuição das Categorias de Paradas



Fonte: Autor (2026).

Diante do contexto apresentado, evidencia-se a relevância da aplicação da metodologia Lean Six Sigma como ferramenta para identificação e redução de desperdícios nos processos

produtivos. A partir das análises realizadas, torna-se possível implementar ações de melhoria voltadas à redução dos tempos de parada planejada, promovendo ganhos em eficiência operacional, produtividade e otimização dos recursos utilizados. Como consequência, há redução de custos produtivos e fortalecimento da competitividade da empresa, possibilitando maior desempenho operacional e agregando valor ao produto final.

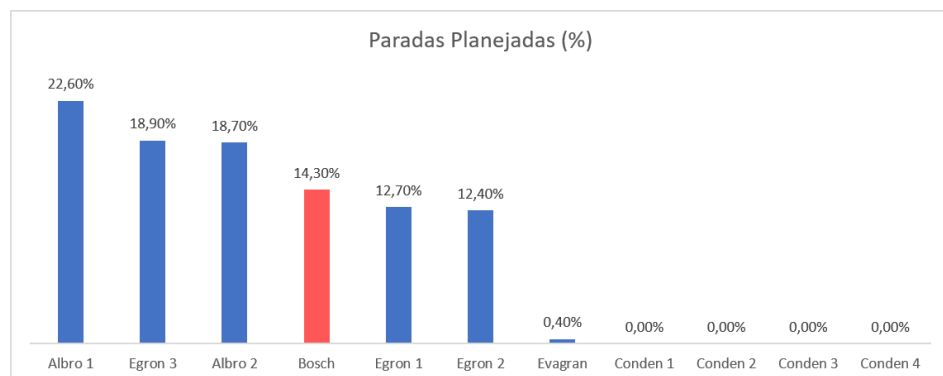
4.3 Aplicação de metodologias e/ou ferramentas da engenharia de produção

Considerando a problemática operacional apresentada anteriormente, foi desenvolvido um estudo baseado na metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*), com o objetivo de reduzir o tempo de paradas planejadas na linha de sachês. Para a condução do trabalho, foram aplicadas diferentes ferramentas e técnicas, organizadas conforme as etapas propostas pela literatura, buscando otimizar o processo de troca de formato e minimizar o tempo de inatividade da produção.

4.3.1 Definir

O presente estudo foi desenvolvido a partir da necessidade de melhorar o indicador de paradas planejadas da unidade, cenário identificado nas reuniões operacionais diárias da fábrica. Para compreender as principais causas dessas perdas, foi realizada uma análise detalhada do histórico de paradas da linha, na qual se verificou que as paradas planejadas operacionais representavam 10% do total de ocorrências registradas, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 5 – Paradas Planejadas por Recurso



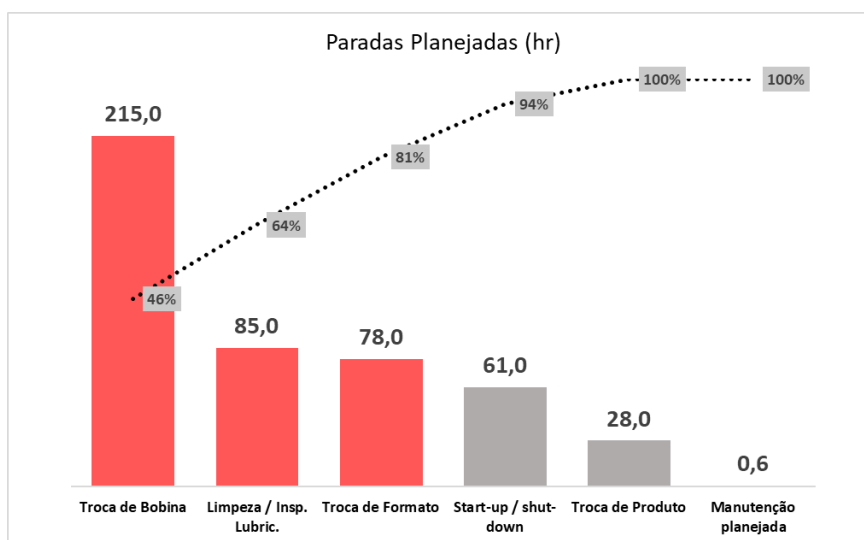
Fonte: Autor (2026).

Com o intuito de direcionar os esforços de melhoria, realizou-se a estratificação das paradas planejadas por recurso produtivo. A análise apresentada na Figura 5 evidenciou que o recurso Bosch concentrava 14,3% das horas totais de paradas planejadas, configurando-se como um dos principais contribuintes para o desempenho do indicador. Embora outros recursos apresentassem percentuais superiores, estes já possuíam projetos de melhoria em andamento na unidade. Dessa forma, em função de sua representatividade e do potencial de redução das perdas associadas, o recurso Bosch foi selecionado como escopo deste projeto de melhoria.

Após a definição do recurso prioritário, realizou-se o cascadeamento das paradas planejadas da Bosch, conforme apresentado na Figura 6, com o objetivo de identificar as principais fontes de perdas associadas ao equipamento. A análise evidenciou que a troca de bobina concentrava a maior parcela das horas de parada, seguida pelas atividades de limpeza, inspeção e lubrificação, e pela troca de formato.

Embora a troca de bobina apresentasse o maior impacto em horas paradas, já existiam iniciativas de melhoria em andamento para essa atividade na fábrica. Dessa forma, considerando a frequência de ocorrência, a viabilidade de intervenção, o potencial de ganhos operacionais e a ausência de projetos específicos voltados para essa perda, a atividade de troca de formato foi selecionada como foco deste estudo.

Figura 6 – Estratificação do indicador de Paradas Planejadas (Bosch)



Fonte: Autor (2026).

A troca de formato é uma atividade realizada durante a mudança entre diferentes tamanhos de sachê produzidos na linha Bosch, envolvendo ajustes e regulagens na máquina de envase, nas esteiras transportadoras e nos demais componentes do processo. A análise histórica dos dados evidenciou que essa operação foi responsável por aproximadamente 17% das paradas

planejadas da linha, totalizando 78 horas de indisponibilidade ao longo de um ano. Esse resultado demonstrou a relevância da atividade para o desempenho da linha e o potencial de ganhos associado à redução do seu tempo de execução.

Diante desse cenário, definiu-se como objetivo do projeto reduzir o tempo gasto nas trocas de formato, buscando aumentar a disponibilidade operacional do equipamento, elevar a eficiência do processo produtivo e desenvolver práticas padronizadas que possam ser posteriormente replicadas em outras plantas da companhia.

Para o estabelecimento da meta do projeto, foi realizado um *benchmark* com outras unidades da empresa que utilizam o mesmo modelo de equipamento e executam atividades equivalentes de troca de formato. A partir dessa análise comparativa, definiu-se como meta a redução de 9,4% do tempo médio associado às pequenas paradas em troca de formato da linha da Bosch, reduzindo de 3,2 horas para 2,9 horas por troca.

4.3.2 Medir

Na etapa de Medir da metodologia, com o objetivo de obter um diagnóstico detalhado da situação atual do processo, foi elaborado um plano de coleta de dados por meio de uma planilha de cronoanálise da atividade de troca de formato. Durante a execução de duas trocas de formato na linha Bosch, foram acompanhadas detalhadamente todas as etapas realizadas pelos operadores, registrando cada atividade executada e cronometrando seus respectivos tempos de execução.

As informações coletadas foram posteriormente consolidadas em uma planilha de análise, totalizando o mapeamento de aproximadamente 150 atividades, divididas entre Operador e Auxiliar. Além da descrição e sequência das tarefas, as atividades também foram classificadas em tempo homem e tempo máquina. O tempo homem corresponde às operações que dependem diretamente da atuação manual do operador, enquanto o tempo máquina refere-se às etapas em que o equipamento permanece em funcionamento ou execução de determinada operação.

A ferramenta desenvolvida permitiu analisar a sequência das atividades, os tempos gastos em cada etapa e a interação entre operador e equipamento ao longo da troca de formato. Além disso, utilizou-se a representação gráfica em formato de Gantt, possibilitando uma melhor visualização do fluxo das operações e a identificação de oportunidades de melhoria no processo. A partir disso, registrou-se a situação atual do processo considerando a média dos tempos coletados nas duas trocas de formato analisadas.

Devido à extensão da planilha de cronoanálise, apresenta-se a seguir, na Figura 7 apenas uma amostragem da ferramenta utilizada para o mapeamento e análise das atividades do processo.

Figura 7 – Amostragem da planilha de cronoanálise da troca de formato

Quem	Nº	Atividade	Tempo Homem / Máquina	Duração (Minutos)	Predecessor			
				203 s				
0	0			0 s	0	0 s		
Operador	1	Pegou o USB do raio-x/balança e trocou a receita	T. Homem	2,1	0	2	0	
Operador	2	Retirando a guia de laminado dos bicos 1 e 2 de 350g e colocando no tubo dosador dos bicos 1 e 2	T. Homem	3,9	2	6	1	
Operador	3	Retirando as grades por cima das guias de laminado	T. Homem	0,9	6	7	2	
Operador	4	Retirando as bobinas da máquina	T. Homem	1,5	7	8	3	
Operador	5	Retirando laminado de sache do tudo dosador de 350g do bico 2	T. Homem	1,2	8	10	4	
Operador	6	Retirando laminado de sache do tudo dosador de 350g do bico 1	T. Homem	1,2	10	11	5	
Operador	7	Subiu as escadas para a plataforma piso 2	T. Homem	0,3	11	11	6	
Operador	8	Desmontando o tubo dosador de 350g do bico 2	T. Homem	6,3	11	17	7	
Operador	9	Desmontando o tubo dosador de 350g do bico 2	T. Homem	6,3	17	24	8	
Operador	10	Fechando a mordida do bico 2	T. Homem	0,2	24	24	9	
Operador	11	Pegando o tubo dosador de 750g para o bico 2	T. Homem	0,7	24	25	10	
Operador	12	Pegando a rosca do tubo dosador para o bico 2	T. Homem	0,8	25	25	11	
Operador	13	Colocando a rosca do tubo dosador para o bico 2	T. Homem	5,7	25	31	12	
Operador	14	Colocando o tubo dosador de 750 para o bico 2	T. Homem	5,7	31	37	13	
Operador	15	Desmontando o tubo dosador de 350g do bico 1	T. Homem	5,2	37	42	14	
Operador	16	Desmontando o tubo dosador de 350g do bico 1	T. Homem	5,2	42	47	15	
Operador	17	Fechando a mordida do bico 1	T. Homem	0,3	47	48	16	
Operador	18	Pegando o tubo dosador de 750g para o bico 1	T. Homem	0,7	48	48	17	Ativa

Fonte: Autor (2026).

4.3.3 Analisar

Na etapa de Analisar, foi realizada a estratificação das atividades executadas durante a troca de formato. A análise permitiu identificar tarefas com maior impacto no tempo total de setup, além de desperdícios relacionados à movimentação, espera, limpeza, organização e transporte de materiais. Para isso, cada atividade foi avaliada quanto ao tempo de execução, classificação em atividade interna ou externa e oportunidades de melhoria com base na metodologia ECRS (Eliminar, Combinar, Reduzir e Simplificar).

As atividades internas correspondem às operações que necessariamente precisam ser executadas com a máquina parada, impactando diretamente o tempo de setup da linha. Já as atividades externas são aquelas que podem ser realizadas antes da parada da máquina ou após a finalização da troca, sem interferir diretamente na operação do equipamento. Dessa forma, a conversão de atividades internas em externas representa uma das principais oportunidades de redução do tempo de setup.

Figura 8 – Análise do Setup

Quem	Nº	Atividade	Tempo Homem / Máquina	Duração (Minutos)	Situação Atual		Reclassificação		ECRS				Proposta de ação
					Tempo Interno (Minutos)	Tempo Externo (Minutos)	Tempo Interno (Minutos)	Tempo Externo (Minutos)	Eliminar	Combina	Reduzir	Simplificar	
Operador	1	Pegou o USB do raio-x/balança e trocou a receita	T. Homem	2,1	2,1		2,1						
Operador	2	Retirando a guia de laminado dos bicos 1 e 2 de 350g e colocando no tubo dosador dos bicos 1 e 2	T. Homem	3,9	3,9		3,9					2,9	Criar uma guia de laminado para cada tubo dosador
Operador	3	Retirando as grades por cima das guias de laminado	T. Homem	0,9	0,9		0,9						
Operador	4	Retirando as bobinas da máquina	T. Homem	1,5	1,5		1,5						
Operador	5	Retirando laminado de sache do tudo dosador de 350g do bico 2	T. Homem	1,2	1,2		1,2						
Operador	6	Retirando laminado de sache do tudo dosador de 350g do bico 1	T. Homem	1,2	1,2		1,2						
Operador	7	Subiu as escadas para a plataforma piso 2	T. Homem	0,3	0,3		0,3						
Operador	8	Desmontando o tubo dosador de 350g do bico 2	T. Homem	6,3	6,3		6,3						
Operador	9	Desmontando o tubo dosador de 350g do bico 2	T. Homem	6,3	6,3		6,3						
Operador	10	Fechando a mordida do bico 2	T. Homem	0,2	0,2		0,2						

Fonte: Autor (2026).

A partir da análise apresentada na Figura 8, verificou-se que diversas atividades poderiam ser realizadas antes da parada da máquina ou após a conclusão da troca de formato, reduzindo significativamente o período em que o equipamento permanece indisponível para produção. Inicialmente, apenas 9,6% das atividades eram classificadas como externas, enquanto 90,4% eram internas. Após a análise e reclassificação das tarefas, 70,5% das atividades passaram a ser executadas externamente, restando apenas 29,5% como internas.

Entre as principais oportunidades identificadas destacam-se a preparação antecipada de materiais e ferramentas, a organização prévia das bobinas, a melhoria do fluxo de materiais por meio da implementação de um sistema Kanban e a padronização das atividades operacionais. Essas ações possibilitaram a transferência de tarefas para fora do período de setup, contribuindo para maior eficiência do processo.

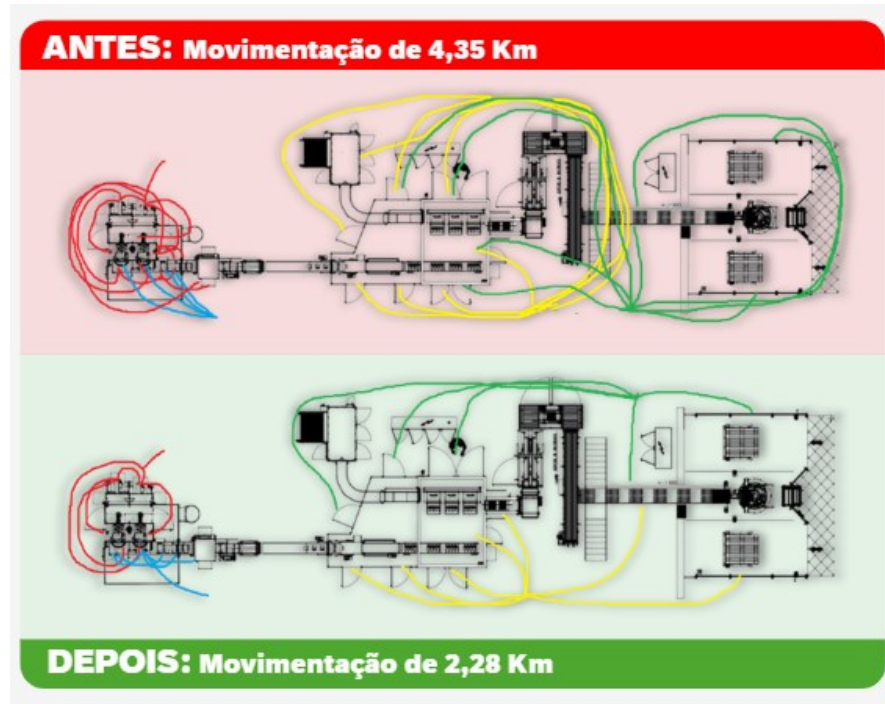
Além disso, com a aplicação da metodologia ECRS, das 150 atividades mapeadas, 77 foram otimizadas, sendo 62 eliminadas, 12 reduzidas e 3 simplificadas. As melhorias propostas envolveram a remoção definitiva de grades consideradas desnecessárias, a criação de guias de laminado específicas para cada tubo dosador, a readequação das atividades de limpeza para após a troca de formato e a conversão de atividades internas em externas.

Complementando as análises realizadas, foi elaborado um diagrama de espaguete para mapear os deslocamentos dos operadores durante a execução do setup, conforme apresentado na Figura 9. A análise revelou que, na situação inicial, os operadores percorriam aproximadamente 4,35 km devido à disposição dos materiais, ferramentas e componentes necessários para a troca de formato, caracterizando elevados desperdícios de movimentação.

Com a reorganização do fluxo operacional e a eliminação de deslocamentos desnecessários identificados durante a análise do setup, a distância percorrida foi reduzida para

2,28 km. Essa redução de 2,07 km representa uma diminuição de aproximadamente 47,6% na movimentação dos operadores durante o setup.

Figura 9 – Diagrama de Espaguete



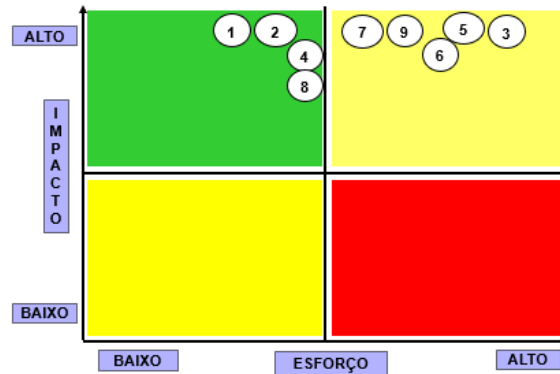
Fonte: Autor (2026).

A análise detalhada do processo de setup, associada à aplicação das metodologias utilizadas no estudo, permitiu a identificação e a priorização de diversas oportunidades de melhoria voltadas à redução do tempo de setup, ao aumento da eficiência operacional e à padronização das atividades executadas durante a troca de formato. A partir das oportunidades identificadas nessa etapa, foi elaborada a matriz Impacto x Esforço, apresentada na Figura 10.

Essa ferramenta teve como objetivo priorizar as ações levantadas durante a análise do setup, considerando o impacto esperado no processo e o esforço necessário para sua implementação. Dessa forma, foi possível direcionar inicialmente as ações de maior impacto e menor complexidade de execução, aumentando a efetividade das melhorias propostas.

Figura 10 – Matriz Impacto Esforço

Item	O que (What)
1	Revisão dos Centerlines de todas as máquinas
2	Atualização dos padrões visuais de centerline por máquina
3	Compra de Carrinho de Ferramentas
4	Compra das molas das guias que podem ser disponibilizadas para agilizar a troca do tubo dosador
5	Material estruturado de Setup por máquina
6	Implementação do Kanban Digital
7	Treinamento de Kanban Digital para operação e time do armazém
8	Treinamento Prático com Certificação de Setup
9	Criação de DTP de Setup



Fonte: Autor (2026).

Por fim, a partir das ações priorizadas na matriz Impacto x Esforço, foi elaborado o plano de ação apresentado na Figura 11. Nessa etapa, foram definidos os responsáveis, prazos e direcionamentos necessários para a implementação das melhorias identificadas ao longo da análise de setup. O plano de ação teve como objetivo garantir maior organização, acompanhamento e padronização das atividades propostas, assegurando que as oportunidades de melhoria identificadas fossem executadas de forma estruturada e alinhadas à redução do tempo de setup da linha.

Figura 11 – Plano de Ação

Item	Origem	Necessário abrir GM	Por que (Why)	O que (What)	Como (How)	Onde (Where)	Quando (When)	Quem (Who)	Quanto (How much)	Status
1	Padrão	Não	Ajustes desnecessários ocorrendo durante a troca de formato	Revisão dos Centerlines de todas as máquinas	Coletar dados de todos os formatos para revisar os centerlines	Todas as máquinas do recurso Bosch	17/04/2026	Thais/Aline	R\$ 0	Concluído
2	Padrão	Não	Demora no setup por falta de padronização dos centerlines por formato	Atualização dos padrões visuais de centerline por máquina	Identificação com padrão visual dos pontos ajustáveis separados por cor e tipo de formato	Todas as máquinas do recurso Bosch	03/06/2026	Thais/Aline	R\$ 0	Concluído
3	Condição Básica	Não	Uso de ferramentas de outros manutentores, gerando atraso nas trocas	Compra de Carrinho de Ferramentas	Disponibilizar carrinho exclusivo contendo todas as ferramentas de setup organizadas e identificadas, eliminando a necessidade de buscar ferramentas com outros manutentores.	Todas as máquinas do recurso Bosch	19/05/2026	Wilton	R\$ 0	Concluído
4	Condição Básica	Não	Demora na retira do tubo do dosador pois não há disponibilidade de outra guia para facilitar a troca	Compra das molas das guias que podem ser disponibilizadas para agilizar a troca do tubo dosador	Comprar 2 molas para revitalizar as guias do tubo dosador que estão paradas	Envasadora Bosch	30/05/2026	Wilton	R\$ 200	Concluído
5	Conhecimento	Não	Operador lê o manual frequentemente de troca de formato	Material estruturado de Setup por máquina	Treinar a operação em troca de formato, demonstrando centerlines e boas práticas	Todas as máquinas do recurso Bosch	30/05/2026	Thais/Aline	R\$ 0	Concluído
6	Conhecimento	Não	Demora na chegada dos materiais (bobinas, caixas) para uso do formato, atrasando a continuidade da troca	Implementação do Kanban Digital	Implementar ferramenta para que os operadores se comuniquem com o armazém e acesse a logística de materiais	Bosch/Armazém	25/06/2026	Thais	R\$ 0	Concluído
7	Conhecimento	Não	Aplicativo novo, sendo necessário o treinamento de capacitação	Treinamento de Kanban Digital para operação e time do armazém	Treinamento teórico e prático sobre o aplicativo	Bosch/Armazém	09/07/2026	Thais/Pedro	R\$ 0	Andamento
8	Padrão	Não	Estruturação e o sequenciamento correto de todas as atividades	Treinamento Prático com Certificação de Setup	Treinamento prático do novo padrão de troca de formato	Todas as máquinas do recurso Bosch	13/07/2026	Thais	R\$ 0	Andamento
9	Conhecimento	Não	Criação de documento de padronização de setup	Criação de DTP de Setup	Acompanhar troca de formato pós padronização das atividades, mapear sequenciamento e criar DTP	Todas as máquinas do recurso Bosch	16/07/2026	Marcelle/Michelle	R\$ 0	Não Iniciado

Fonte: Autor (2026).

4.3.4 Implementar

A etapa de implementação consiste em colocar em prática as ações priorizadas por meio da matriz Impacto Esforço. Para garantir que as melhorias definidas fossem efetivamente aplicadas na empresa e alcançassem os resultados esperados, foi estruturado um plano de acompanhamento baseado em reuniões semanais para monitoramento do andamento das ações, além de suporte contínuo para esclarecimento de dúvidas e direcionamento quanto à execução das atividades propostas.

Uma das principais ações resultantes do plano de ação foi a revisão dos centerlines da linha. O centerline consiste na definição padronizada dos parâmetros ideais de operação do equipamento, como ajustes, posicionamentos e regulagens necessárias para garantir o melhor desempenho durante o processo produtivo.

Durante o acompanhamento das atividades, observou-se que não havia uma padronização clara desses parâmetros, fazendo com que os operadores gastassem tempo realizando testes e ajustes até encontrar a configuração adequada para operação. Dessa forma, a revisão e padronização dos centerlines teve como objetivo reduzir o tempo de setup, minimizar variações operacionais e proporcionar maior estabilidade ao processo.

Figura 12 – Revisão Centerline



Fonte: Autor (2026).

Adicionalmente, foi adquirido um carrinho de ferramentas dedicado às atividades de troca de formato, permitindo que as ferramentas necessárias permanecessem organizadas e facilmente acessíveis aos operadores. Essa melhoria contribuiu para a eliminação de movimentações desnecessárias, redução do tempo gasto na busca por ferramentas e aumento da autonomia da equipe durante a execução do setup.

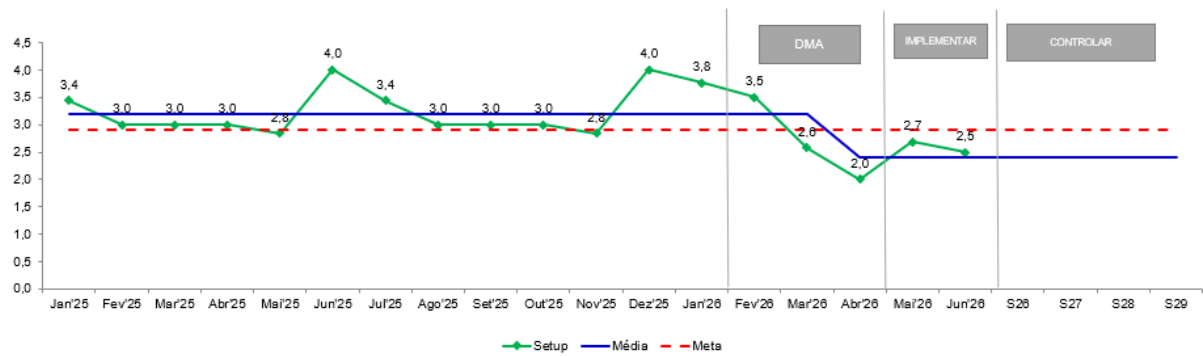
Paralelamente, foram realizados treinamentos para capacitação dos operadores e padronização das atividades de troca de formato, assegurando maior confiabilidade, uniformidade na execução dos procedimentos e agilidade na operação.

4.3.5 Controlar

A última etapa da metodologia SMED tem como objetivo estabelecer diretrizes para a sustentação das melhorias propostas, visando garantir que, após sua implementação, as alterações fossem incorporadas à rotina operacional e mantidas ao longo do tempo. Para isso, foram definidos padrões de execução e mecanismos de acompanhamento das ações propostas.

A partir da extração do histórico do indicador no sistema, foi realizada uma análise do tempo da troca de formato desde o começo do ano de 2025, até o mês de junho de 2026, durante a execução do SMED, conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Evolução histórica e projeção do indicador de setup



Fonte: Autor (2026).

Por meio da análise do gráfico, observa-se que, a partir de abril de 2026, período em que as primeiras ações do plano de ação começaram a ser implementadas, como a revisão do centerline, ocorreu uma redução significativa no tempo de troca de formato. Como resultado, o indicador passou a apresentar valores inferiores à meta estabelecida para o projeto, de 2,9 horas. Para o mês de julho de 2026, estão previstas a conclusão das ações remanescentes do plano de ação e a execução da etapa Controlar, por meio da padronização das melhorias implementadas e do monitoramento contínuo do indicador, visando consolidar os ganhos alcançados, garantir a sustentabilidade dos resultados obtidos e promover novas reduções no tempo de setup, ampliando a margem de desempenho em relação à meta estabelecida.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões do Trabalho

O presente trabalho teve como objetivo aplicar a metodologia SMED para redução do tempo de troca de formato na linha Bosch, por meio da identificação de oportunidades de melhoria voltadas à otimização do processo de setup. Para isso, foram desenvolvidas as etapas de definição, medição, análise e propostas de melhorias, utilizando ferramentas que permitiram compreender as principais causas dos desvios e estruturar soluções para redução do tempo de parada.

Durante a execução do estudo, verificou-se que parte significativa do tempo de setup estava relacionada à ausência de padronização das atividades, à necessidade de revisão dos centerlines operacionais e à existência de etapas que poderiam ser simplificadas ou reorganizadas por meio da aplicação da ferramenta ECRS. A partir dessas análises, foram elaboradas propostas de melhoria e um plano de ação para direcionar sua implementação.

A análise do histórico do indicador demonstrou que, a partir da implementação das primeiras ações do plano de ação, foi possível observar uma redução significativa no tempo de troca de formato, permitindo que o indicador atingisse valores inferiores à meta estabelecida de 2,9 horas. Esses resultados evidenciam o potencial da metodologia SMED para otimizar o processo de setup e aumentar a eficiência operacional da linha. Para a conclusão do projeto, estão previstas a implementação das ações remanescentes, a padronização das melhorias realizadas e o monitoramento contínuo do indicador, com o objetivo de consolidar os ganhos obtidos e promover reduções adicionais no tempo de setup.

Dessa forma, conclui-se que a metodologia SMED se mostrou adequada para a identificação e o tratamento das principais perdas relacionadas às trocas de formato, contribuindo para a redução do tempo de setup e para o aumento da eficiência operacional da linha. Como continuidade do trabalho, recomenda-se a manutenção do acompanhamento dos indicadores de desempenho e a revisão periódica dos padrões estabelecidos, de modo a garantir a sustentabilidade dos resultados alcançados e identificar novas oportunidades de melhoria contínua.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Raphael Lourenço de; SANTOS, Maria Izabel Lopez dos. **TPM (Manutenção Produtiva Total): conceito e implantação**. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Tecnologia de Americana, Americana, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE LEITE (ABRALEITE). **Ranking das maiores empresas e cooperativas de laticínios do Brasil – 2024**. São Paulo: ABRALEITE, 2024. Disponível em: <https://br.edairynews.com>. Acesso em: 14 fev. 2026.

BERGMANN, Laura Loss. **Análise de uma linha de produção de leite UHT sob a perspectiva do Lean Manufacturing**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria. *Revista Produção Online*, v. 11, 2011.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2012.

CUNHA, G. D. **Um panorama atual da Engenharia de Produção no Brasil**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2002.

DE FREITAS RIBEIRO, Andressa. Taylorismo, fordismo e toyotismo. *Lutas Sociais*, v. 19, n. 35, p. 65-79, 2015.

EDAIRY NEWS BRASIL. **Ranking das maiores empresas e cooperativas de laticínios do Brasil – 2024**. 2025. Disponível em: <https://br.edairynews.com/ranking-maiores-empresas-cooperativas-laticinios-brasil-2024/>. Acesso em: 14 fev. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **A indústria de laticínios no Brasil: passado, presente e futuro**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2014.

FARINHA, L. S. B. **Lean Manufacturing: uma história de sucesso em Portugal**. Tomar: Escola Superior de Gestão de Tomar, 2015.

FORD, Henry. **Os princípios da prosperidade: minha vida e minha obra**. São Paulo: Freitas Bastos, 1964.

GHINATO, Paulo. Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: **Produção e competitividade: aplicações e inovações**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.

GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo: Pearson, 2011.

HOLANDA, L. M. C.; SOUZA, I. D.; FRANCISCO, A. C. Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB. *GEPROS*, v. 4, p. 31-44, 2013.

HUMANPERF. **3M: Muda, Mura, Muri**. Disponível em: <https://www.humanperf.com>. Acesso em: 11 dez. 2025.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2024>. Acesso em: 14 fev. 2026.

IMAI, Masaaki. **Gemba Kaizen**. 5. ed. São Paulo: Instituto IMAM, 1997.

IMAI, Masaaki. **Kaizen**. 5. ed. São Paulo: Instituto IMAM, 1994.

LANG, Lucas Vieira. **Aplicação do método SMED em uma indústria de produtos automotivos para melhoria no processo de setup**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Muda, Mura, Muri: tipos de atividades que geram desperdícios**. São Paulo. Disponível em: <https://www.lean.org.br>. Acesso em: 11 dez. 2025.

LIKER, Jeffrey K. **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. New York: McGraw-Hill, 2004.

MARCHIORI, Nilton Luiz. **Aplicação de técnicas de melhoria contínua em sistemas de manufatura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos: componentes dos alimentos e processamento**. v. 1. Porto Alegre: Artmed, 2005.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OKPALA, C. C. Tackling Muda: the inherent wastes in manufacturing processes. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, v. 5, n. 6, p. 1-6, 2014.

PEREIRA, Cristina Alves dos Santos. **Lean Manufacturing: aplicação do conceito a células de trabalho**. Tese (Doutorado) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2010.

PIRATELLI, Claudio Luis. **A engenharia de produção no Brasil**. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBRENGE), 33., 2005, Campina Grande. Anais [...]. Campina Grande: ABENGE, 2005.

RAMOS-FIC, Lucas Machado; FILHO-FIC, Roberto Souza Nazareth; BERTOLINO-FIC, Tarcísio Alves. **O Sistema Toyota de Produção e os sistemas enxutos**. 2016.

RODRIGUES, R. M.; FREITAS, R. R. Implementação da ferramenta SMED para melhoria contínua em um processo de troca de formato na planta industrial de papel tissue: uma análise bibliométrica. *Research, Society and Development*, v. 8, n. 2, 2019.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2009.

SILVA, Iris Bento da *et al.* Integrando a promoção das metodologias Lean Manufacturing e Six Sigma na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças. *Gestão & Produção*, v. 18, p. 687-704, 2011.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SUGAI, M.; McINTOSH, R. I.; NOVASKI, O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, v. 14, n. 2, p. 323-335, 2007.

TOLEDO, Marcelo. **Lean Thinking (Mentalidade Enxuta)**. Lean Six Sigma Brasil, 2020. Disponível em: <https://leansixsigmabrasil.com.br/lean-thinking-mentalidade-enxuta/>. Acesso em: 7 mar. 2026.

WERKEMA, Cristina. **Lean Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **The Machine That Changed the World**. New York: Rawson Associates, 1990.