



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
ENGENHARIA QUÍMICA

TIAGO REGIS PERRELLI

**FERRAMENTAS DE PRODUÇÃO ENXUTA PARA REDUÇÃO DE PERDAS NO
PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE SABÃO EM BARRA**

Recife

2023

TIAGO REGIS PERRELLI

**FERRAMENTAS DE PRODUÇÃO ENXUTA PARA REDUÇÃO DE PERDAS NO
PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE SABÃO EM BARRA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do Título Bacharel em
Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Pedro da Costa
Gomes

Recife
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Perrelli, Tiago Regis.

Ferramentas de produção enxuta para redução de perdas no processo de fabricação de sabão em barra / Tiago Regis Perrelli. - Recife, 2023.
46 p. : il., tab.

Orientador(a): Felipe Pedro da Costa Gomes

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Química - Bacharelado, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. Controle de Processos. 2. Lean Manufacturing. 3. Sabão em barra. I. Gomes, Felipe Pedro da Costa. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

TIAGO REGIS PERRELLI

**FERRAMENTAS DE PRODUÇÃO ENXUTA PARA REDUÇÃO DE PERDAS NO
PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE SABÃO EM BARRA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do Título Bacharel em
Engenharia Química.

Aprovado em: 28/09/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Felipe Pedro da Costa Gomes (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Daniella Carla Napoleão (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Nattany Tayany Gomes de Paula (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me deu saúde e força para caminhar a estrada da vida até o momento. Lembro que, aos 7 anos de idade, joguei uma moeda em uma fonte dita como “realizadora de desejos”, onde pedi para nunca reprovar em nenhuma disciplina até concluir a universidade e, por meio dos caminhos tortuosos traçados por Ele, este desejo foi realizado.

Agradeço à minha família, Mércia Regis, Humberto Perrelli e Leandro Perrelli, que me impulsionaram desde sempre para o caminho do conhecimento, sempre me estimulando e contribuindo para a realização dos meus sonhos.

Agradeço ao meu orientador Felipe Pedro Gomes que, além de ser um ótimo professor, me auxiliou com grande sabedoria meu trabalho de conclusão de curso.

Aos meus colegas de turma, especialmente a José Rutênio e Vinicius Antonio, que fizeram desta jornada de aprendizado na UFPE mais prazerosa de ser cumprida.

Aos meus colegas de trabalho, que foram fenomenais na contribuição e colaboração para realização deste trabalho.

RESUMO

Processos industriais, de maneira geral, estão sujeitos a enfrentar problemas de variabilidade durante sua execução, sendo possível produzir produtos acabados não conformes de acordo com suas especificações pré-estabelecidas. Dessa maneira, este trabalho teve como objetivo, a partir da aplicação de ferramentas da filosofia *lean*, analisar e regular a produção de sabão em barra de uma indústria que possui um histórico de dificuldade no controle da massa do seu produto final. A metodologia adotada consistiu em seguir os passos propostos do método de resolução de problemas A3, sendo definido o problema, entendido o problema, analisada a causa raiz, construção de um plano de ação, realização da contramedida e acompanhamento do resultado. À medida que se avançou com a metodologia, percebeu-se que haviam diversas causas aparentes, desde desgastes mecânicos em peças fundamentais para o corte, até oscilações recorrentes de parâmetros de produção. Ao analisar este problema mais a fundo, foi perceptível que este estava sendo ocasionado pela falta de uma rotina de inspeção em equipamentos fundamentais para o corte, assim como um grave problema envolvendo a inconstância da velocidade de extrusão do sabão devido à uma folga existente em uma trefila do processo. Dito isso, foram traçados planos de ação, priorizadas as ações e atuou-se nas causas raízes de tal forma que contribuiu para aumentar consideravelmente o controle de peso do produto final, que passou de uma faixa de 1,05% de sobrepeso para 0,5% no mês de julho de 2023, comprovando o aumento da eficiência do controle sobre o produto final, evidenciando, então, a eficácia do método de resolução de problemas implementado.

Palavras-chave: Controle de processos; *Lean manufacturing*; Sabão em barra.

ABSTRACT

Industrial processes, in general, are subject to variability problems during their execution, which may produce non-conforming finished products. Thus, this work aimed, based on the application of lean philosophy tools, to analyze and regulate the production of bar soap in an industry that has a history of difficulty in controlling the mass of its final product. The methodology adopted consisted of following the proposed steps of the A3 problem solving method, defining the problem, understanding the problem, analyzing the root cause, building an action plan, carrying out the countermeasure and monitoring the result. As the methodology progressed, it was noticed that there were several apparent causes, from mechanical disfunction on parts essential for cutting, to recurring fluctuations in production parameters. When analyzing this problem in more depth, it was noticeable that it was being caused by the lack of an inspection routine in equipment essential for cutting, as well as a serious problem involving the inconsistency of the soap extrusion speed due to a gap in a process drawing. That said, action plans were built, actions were prioritized and root causes were addressed in such a way that it contributed to considerably increasing the weight control of the final product, which went from a range of 1.05% overweight to 0.5% in July 2023, proving the increased efficiency of control over the final product and showing that the problem solving method was a success.

Keywords: Lean Manufacturing; Process Control; Soap Bar.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	ESTADO DA ARTE	12
2.1	A HISTÓRIA DO SABÃO EM BARRA.....	12
2.2	EXPLICAÇÃO DO PROCESSO.....	13
2.2.1	Clarificação.....	14
2.2.2	Saponificação	14
2.2.3	Preparação	15
2.2.4	Solidificação e extrusão	16
2.2.5	Dimensionamento e envase	16
2.3	METODOLOGIA E FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	16
2.3.1	Lean manufacturing.....	17
2.3.2	Método de resolução de problemas A3	18
2.3.3	Diagrama de Ishikawa.....	19
2.3.4	Ferramenta dos 5 porquês	20
2.3.5	Matriz de priorização.....	21
2.4	CAPACIDADE DE UM PROCESSO	22
2.5	CONTROLADOR PID	23
3	METODOLOGIA.....	25
3.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	25
3.2	ENTENDIMENTO DO PROBLEMA	25
3.3	ANÁLISE DE CAUSAS	26
3.4	PLANO DE AÇÃO	26
3.5	ACOMPANHAMENTO PÓS REALIZAÇÃO DA AÇÃO	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	27
4.2	ENTENDIMENTO DO PROBLEMA	28
4.3	ANÁLISE DE CAUSAS	30
4.4	PLANO DE AÇÃO.....	34

4.5	ACOMPANHAMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA AÇÃO	37
5	CONCLUSÃO.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41
	APÊNDICE A – Amostras coletadas para o controle estatístico do processo pré-ajuste.....	45
	APÊNDICE B – Amostras coletadas para o controle estatístico do processo pós-ajuste.....	46

1 INTRODUÇÃO

O processo de fabricação do sabão em barra, em escala industrial, pode ser separado, de maneira geral, em algumas etapas, sendo elas: clarificação (responsável por tratar o óleo ou gordura animal para se adequar ao processo), saponificação (reação entre o triglicerídeo proveniente do óleo ou gordura com uma base a fim de se obter sais de ácido carboxílico, o sabão), adição de insumos complementares em um misturador, atomização (transformação do sabão de estado líquido para sólido), dimensionamento (onde será cortado o sabão nas dimensões de interesse) e envase (SPITZ, 2016). O processo de fabricação de sabão em barra em escala industrial, assim como os demais processos industriais, possui eventos que, esporadicamente, se desdobram de maneira diferente do desejado, ou seja, há a existência de diversos problemas que aumentam a variabilidade das variáveis de qualidade do produto acabado (CARNEIRO, 2017).

No contexto industrial, onde as organizações enfrentam uma variedade de desafios envolvendo seus processos, o método de resolução de problemas A3 destaca-se como uma ferramenta fundamental para aprimorar a eficiência e a qualidade destes. Ao adotar uma abordagem sistemática e baseada em fatos, a metodologia oferece uma análise aprofundada do problema de maneira que o usuário entenda de fato o problema, descobrindo suas causas raízes, evitando soluções paliativas que apenas mascaram os sintomas e promovendo soluções direcionadas e eficazes. Isso resulta em melhorias duradouras, que impulsionam a excelência operacional e aumentam a competitividade das empresas (KOSAKA, 2006).

O método de resolução de problemas A3 está intrinsecamente ligado à filosofia *Lean*, também conhecida como Sistema de Produção Enxuta. Esta trata-se de uma filosofia e abordagem de gestão que busca eliminar desperdícios, aumentar a eficiência e melhorar a qualidade nos processos industriais. Originado no sistema Toyota de produção, o *Lean* tem sido amplamente adotado em diferentes setores ao redor do mundo devido aos seus princípios fundamentais. Através da aplicação de diversas ferramentas e metodologias, a manufatura enxuta promove uma cultura de melhoria contínua, envolvendo todos os membros da organização na busca por excelência operacional (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2015). Em suma, o *Lean* oferece uma abordagem holística para a gestão eficiente dos processos industriais,

permitindo a criação de valor para o cliente, a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua.

Ao adotar os princípios do *Lean*, as organizações podem alcançar maior competitividade, eficiência operacional e satisfação do cliente, consolidando-se como líderes em seus respectivos setores (TOYOTA, [s.d.]). Dessa maneira, este projeto visa a aplicação da Metodologia de Resolução de Problemas A3 para entender, a partir de um estudo de caso, os motivos de um dos problemas relacionados com a falta de controle efetivo na massa do produto acabado. Sendo assim, com esta metodologia, será possível encontrar as ações possíveis e eficazes para a solução do problema, aumentando a eficiência do processo e melhorando a qualidade do produto acabado.

2 ESTADO DA ARTE

Este tópico consiste na explicação do processo analisado, história do sabão em barra, conceitos importantes da filosofia *Lean* de melhoria de processo e ferramentas da qualidade que são citadas no decorrer do trabalho.

2.1 A HISTÓRIA DO SABÃO EM BARRA

A história do sabão em barra remonta a milhares de anos, quando os primeiros indícios de sua fabricação surgiram em diferentes civilizações ao redor do mundo. Acredita-se que a produção de sabão em forma de barra tenha começado na antiga Mesopotâmia, por volta de 2800 a.C., onde foram encontradas tabuletas de argila que descrevem a técnica de saponificação (FOGAÇA, 2023).

Os antigos mesopotâmios utilizavam uma mistura de gordura animal e cinzas de plantas para produzir o sabão em barra. A gordura animal era obtida através do cozimento de animais, como bois, cabras e ovelhas, enquanto as cinzas eram provenientes de plantas, como a *Saponaria officinalis*. A combinação desses ingredientes resultava em uma substância com propriedades de limpeza e desengordurante (BARROS, 2010).

No antigo Egito, por volta de 1500 a.C., também existem registros de fabricação de sabão em barra. Os egípcios usavam uma mistura de óleos vegetais, como o óleo de oliva, e cinzas de plantas, como a soda cáustica obtida a partir das cinzas de plantas de sal marinho. O sabão era utilizado tanto para fins de higiene pessoal como para lavar roupas (TREVISAN, 2011).

Foi somente no século XIX, com a Revolução Industrial, que a produção de sabão em barra se tornou mais acessível e em maior escala. O desenvolvimento de processos industriais permitiu a fabricação de sabão de maneira mais eficiente e a preços mais baixos. A invenção da caldeira de saponificação por Nicolas Leblanc em 1791 e a descoberta do processo de fabricação de soda cáustica a partir do sal marinho por Ernest Solvay em 1861 foram avanços fundamentais para a produção em larga escala de sabão (BARROS, 2010).

Com o tempo, novas técnicas e ingredientes foram introduzidos na fabricação de sabão em barra. A adição de substâncias como glicerina, óleos essenciais e fragrâncias conferiu propriedades hidratantes e aromáticas ao produto. Além disso, a

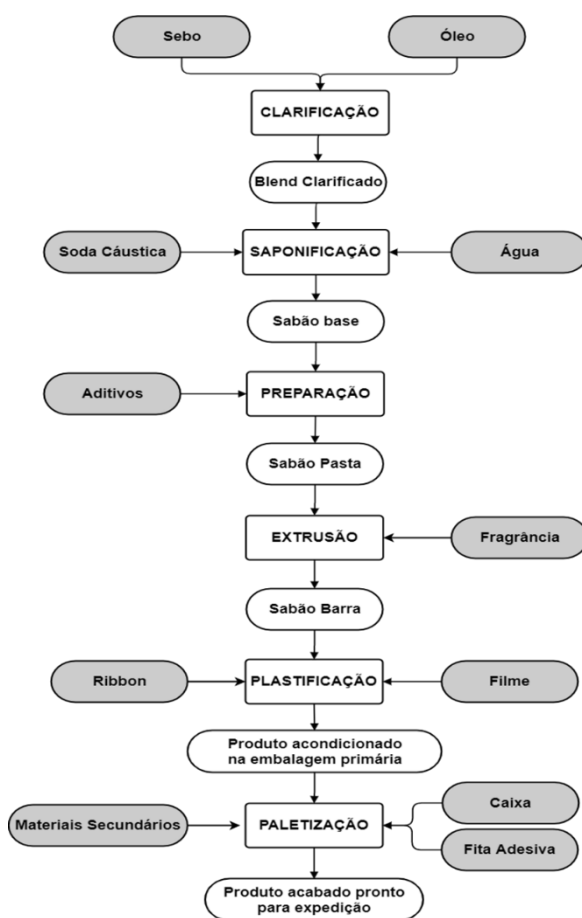
diversificação de fórmulas permitiu a criação de sabões específicos para diferentes tipos de pele e necessidades, como sabonetes antibacterianos, sabonetes dermatológicos e sabonetes infantis (LEITZKE, 2021).

O sabão em barra continua sendo amplamente utilizado em todo o mundo, tanto para fins de higiene pessoal como para limpeza doméstica. Além disso, a consciência ambiental tem levado ao desenvolvimento de sabões em barra mais sustentáveis, sendo possível encontrar sabões completamente biodegradáveis (MOURA, 2014).

2.2 EXPLICAÇÃO DO PROCESSO

A produção do sabão em barra é resultado de diversas etapas de um processo de produção. A Figura 1 evidencia o macrofluxo do processo de fabricação industrial do sabão em barra analisado.

Figura 1. Macrofluxo do processo de produção de sabão em barra.



Fonte: O autor (2023).

Analisando a Figura 1, verifica-se que o processo pode ser dividido em quatro grandes etapas, sendo elas: Clarificação, saponificação, preparação, atomização, extrusão e envase do produto.

2.2.1 Clarificação

A etapa de clarificação é primordial para a produção de um produto final de qualidade, uma vez que, alguns dos insumos que são utilizados no processo, como a gordura animal e óleos vegetais, possuem pigmentos que podem interferir na coloração do sabão. Dessa maneira, nesta etapa são utilizadas terras clarificantes a fim de retirar pigmentos como clorofila e carotenoides presentes nos óleos utilizados (PATRICIO, 2014). Além disso, sabe-se que a gordura animal possui uma demasiada quantidade de resíduos sólidos, sendo necessária a utilização de agentes filtrantes como a terra diatomácea (ALVARO, 2022).

O processo de fabricação de sabão em barra inicia-se com a injeção da gordura animal e óleo vegetal em um tanque agitado, na proporção de interesse. Após a devida agitação realizada, é aplicado ao tanque, a partir de um sistema à vácuo, terra diatomácea a fim de retirar as impurezas sólidas presentes no insumo recebido e terra clarificante com o objetivo de retirar os pigmentos existentes nos insumos utilizados. Este procedimento trata-se do início da etapa de clarificação (SPITZ, 2016).

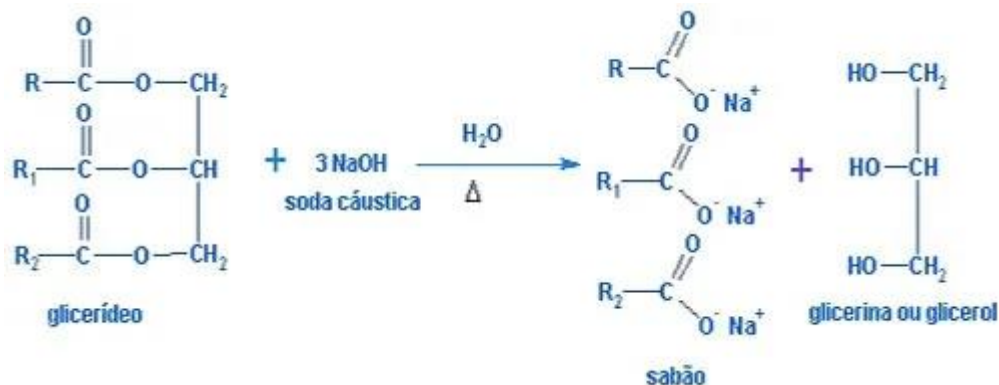
Após adicionados os insumos filtrantes de impurezas, a mistura de gordura animal e óleo vegetal, também chamada de *blend*, passa por um filtro de areia no intuito de retirar a areia filtrante já saturada do processo. Com o *blend* filtrado e clarificado, amostragens deste são submetidas a avaliações de cores a partir de um colorímetro a fim de verificar se o processo foi realizado de maneira efetiva e concordante com a coloração desejada (SPITZ, 2016).

2.2.2 Saponificação

Após obter o *blend* clarificado na etapa de clarificação, este é direcionado para a etapa mais importante do processo, a saponificação. Esta etapa trata-se de uma reação de hidrólise alcalina de ésteres, formando sal de ácido graxo (sabão) e glicerol, sendo, então, a etapa responsável por produzir o sabão base (sem aditivos)

(BARROS, 2010). A Figura 2 representa a reação de saponificação envolvida no processo.

Figura 2. Reação de Saponificação.



Fonte: SOUZA (2023).

O mecanismo da reação de saponificação consiste, inicialmente, na dissociação da base forte em meio aquoso, liberando íons HO^- . Estes íons atuam como nucleófilos, interagindo com as carbonilas presentes no triglicerídeo, formando um ácido carboxílico. Seguidamente, a base forte reage com o ácido carboxílico, resultando em uma reação cujo produto final seja sal (sabão) e álcool (glicerina) (BARROS, 2010).

A etapa de saponificação, reação entre o *blend* clarificado e base forte, ocorre em um reator, em batelada. Ela é controlada por um operador especializado que se utiliza de um software de controle de processo a fim de monitorar parâmetros como temperatura, vazão de aplicação e pressão (SPITZ, 2016).

Após a produção do sabão base, este é direcionado a um tacho de armazenamento específico. São coletadas amostras a fim de calcular a alcalinidade, por titulação, e umidade a partir de um equipamento analisador de umidade que utiliza de um método termogravimétrico para obtenção do resultado (SPITZ, 2016).

2.2.3 Preparação

A preparação do sabão é uma etapa crucial para a qualidade do produto final e para construção das características desejadas do produto final. Nesta etapa são dosados insumos que conferem ao produto não somente características estéticas, mas químicas e físicas também (YAROVY, 2016).

Entre os insumos utilizados, são introduzidos ao misturador verticalmente agitado agentes emulsificantes, corantes, branqueadores ópticos e insumos de carga, que conferem ao sabão uma maior massa, para serem misturados com o sabão base e formar o sabão em estado líquido com as características desejadas. Após dosados os insumos e serem devidamente misturados ao sabão base, são feitas análises de umidade e alcalinidade, assim como após a saponificação, com o objetivo de controlar a qualidade do processo e do produto final (SPITZ, 2016).

2.2.4 Solidificação e extrusão

Após a etapa de preparação do sabão, este já possui propriedades químicas iguais às do produto final, restando apenas assumir o estado sólido em formato de barra. Para isso, o sabão é direcionado a um equipamento chamado atomizador, responsável por transformar o sabão líquido em estado sólido (PATEL, 2009).

Também chamado de *Spray Dryer*, o atomizador pulveriza o líquido, sendo ejetado, em forma de *Spray*, no interior de um tanque submetido à vácuo. O vácuo existente no sistema possui a função da secagem do sabão. Após isso, o sabão secado é submetido a extrusão, com o auxílio de trefilas, sofrendo tratamentos térmicos e direcionado ao envase em forma sólida (SANTOS, 2018).

2.2.5 Dimensionamento e envase

Após sua extrusão, o sabão passa por uma cortadeira, onde, a partir de parâmetros selecionados na IHM (interface homem-máquina) de comprimento, altura e largura do sabão, é alterada a velocidade do corte para se adequar aos parâmetros selecionados.

Ao ser realizado o corte da barra do sabão nas dimensões desejadas, são unificadas cinco barras de sabão e embaladas em um filme plástico com auxílio de um tratamento térmico, sendo, após isso, o produto paletizado.

2.3 METODOLOGIA E FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para a realização de melhorias de um processo, é interessante que se faça a utilização de metodologias já existentes para assegurar o definitivo desenvolvimento

do processo. Entre elas, o método de solução de problemas A3, da filosofia do *Lean Manufacturing*, trata-se de um método amplamente utilizado, objetivo e eficaz (SILVA, 2023).

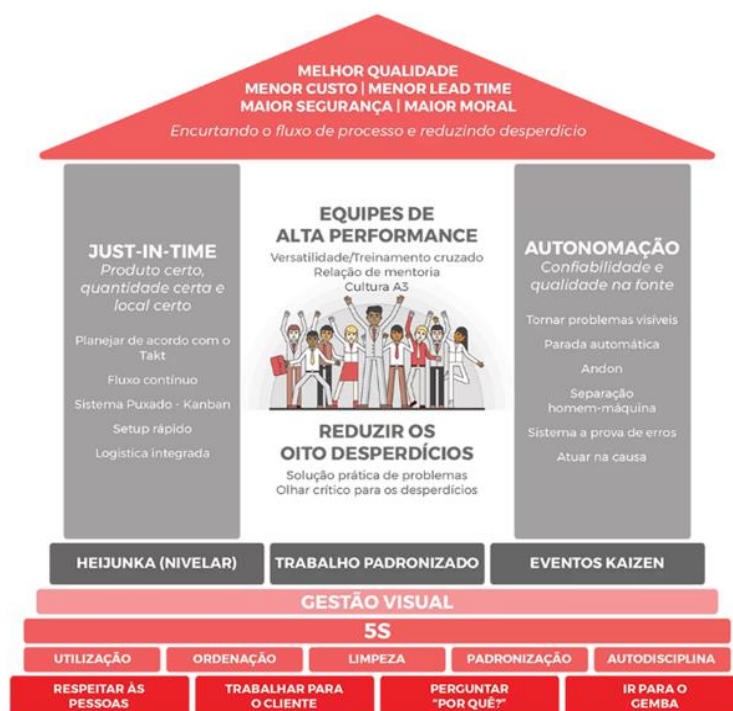
2.3.1 Lean manufacturing

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão de produção que foi introduzida no Japão através do sistema Toyota de produção. Trata-se de uma abordagem altamente eficaz, cujo objetivo principal é aprimorar os processos de produção e aumentar a satisfação dos colaboradores da empresa (GUPTA; JAIN, 2013).

Essa filosofia se baseia na aplicação de um conjunto de técnicas e práticas com o objetivo de aprimorar a produção. Essas medidas visam a redução de custos, o aumento da qualidade do produto, a diminuição do tempo de produção e a melhoria da satisfação dos clientes (SHAH; WARD, 2003).

A Figura 3 ilustra os conceitos fundamentais e a estrutura do pensamento *lean*. A imagem destaca que a base dessa estrutura é formada por valores, atitudes e ferramentas, como o 5S, que consiste na organização aprimorada do ambiente de trabalho.

Figura 3. Conceitos básicos do *Lean*.



Fonte: Norte Gubisian (2018).

Conforme ilustrado na Figura 3, essa filosofia se apoia em dois pilares principais: *just-in-time* e *jidoka*. O *just-in-time* envolve um planejamento e execução adequados para a produção do produto final. Essa abordagem visa garantir que o processo ocorra corretamente, com a quantidade adequada e no local correto. Por outro lado, o *jidoka* é um termo japonês que combina as palavras "trabalhador", "autônomo" e "ação". Ele enfatiza a autonomia dos operadores de interromper o processo diante de algum problema, evitando assim a ampliação de possíveis complicações (GUPTA; JAIN, 2013).

Em resumo, a Figura 3 evidencia todos os fundamentos do *lean*. A combinação dessas metodologias, ferramentas e valores contribui para a melhoria da qualidade do processo e, conseqüentemente, do produto final, resultando em um aumento geral na eficiência da empresa.

2.3.2 Método de resolução de problemas A3

O relatório A3 é uma metodologia utilizada para a resolução de problemas, recebendo esse nome porque deve ser conciso o bastante para caber em uma folha de papel no formato A3. Esse método oferece uma abordagem sistemática para analisar o problema, identificar a causa raiz e desenvolver contramedidas eficazes para resolvê-lo (BORSALLI, 2021).

A Figura 4 mostra um exemplo de uma folha A3 conforme a metodologia propõe.

Figura 4. Exemplo de folha A3 contendo instruções da metodologia A3.

Título do A3:		<logo da empresa>																																														
Definição do Problema 1		Situação Futura 5																																														
Situação Atual 2		Principais Entregas (Milestones)																																														
Meta 3		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>Ação</th> <th>Responsável</th> <th>Data</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Nº	Ação	Responsável	Data	Status	1					2					3					4					5					6					7					8				
Nº	Ação	Responsável	Data	Status																																												
1																																																
2																																																
3																																																
4																																																
5																																																
6																																																
7																																																
8																																																
Análise da Causa Raiz 4		Indicador 7																																														
<small>Nome do Projeto:</small>	<small>Nome do Projeto:</small>	<small>Data de Atualização: ____/____/____</small>	<small>Responsável do A3:</small>																																													

Fonte: SANDRINI (2020).

Através da Figura 4, é possível observar que o lado esquerdo da folha é destinado para entender e identificar melhor o problema, enquanto o lado direito é reservado para as possíveis contramedidas. Essa metodologia enfatiza que a etapa de compreensão do problema é a mais crucial, pois quando realizada de forma eficaz, facilita significativamente a ação para solucioná-lo (SILVA, 2023).

O processo do A3 começa com a definição do problema, seguida pela apresentação da situação atual e da meta a ser alcançada. Em seguida, ocorre a análise das causas, onde podem ser utilizadas ferramentas como os 5 porquês e o diagrama de Ishikawa. Seguidamente, com o auxílio de outras ferramentas de qualidade, são identificadas as contramedidas, bem como suas prioridades. Por fim, há um espaço dedicado para acompanhar o progresso da solução implementada (BORSALLI, 2021).

2.3.3 Diagrama de Ishikawa

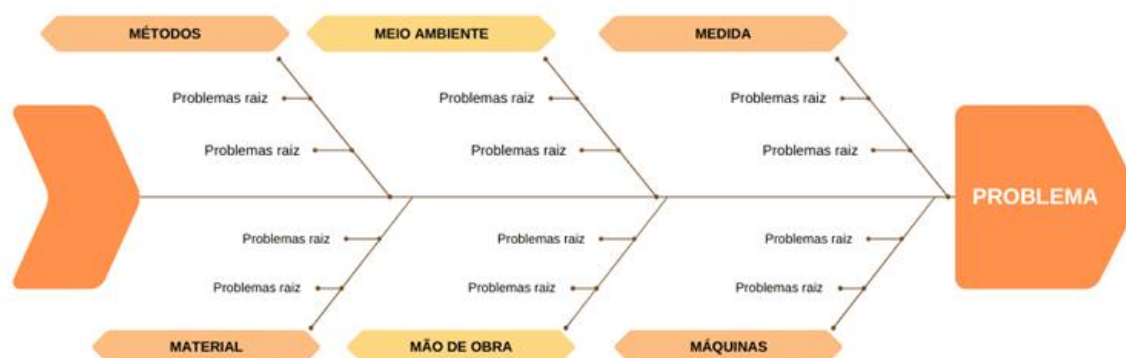
O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de espinha de peixe devido ao seu formato, é uma ferramenta de qualidade utilizada para realizar a análise das causas de um problema. Essa ferramenta tem como objetivo organizar a compreensão das causas raízes, estabelecendo uma correlação entre o efeito a ser analisado e as causas mais influentes (SOARES, 2022).

O diagrama de Ishikawa procura categorizar as causas em seis possíveis campos de fontes de problemas: máquina, materiais, mão de obra, meio ambiente, medida e método (DELGADO, 2021).

No campo "máquina", são identificados problemas que ocorreram devido a falhas em máquinas e equipamentos. "Materiais" refere-se às matérias-primas utilizadas no processo, incluindo o uso de materiais que estejam fora das especificações. "mão de obra" está relacionado a problemas operacionais ligados às atitudes dos colaboradores. "Meio ambiente" abrange o impacto que o ambiente pode ter nos problemas, incluindo poluição sonora, ambiental e o *layout* da fábrica. "Medida" trata de erros de medição no controle do processo. Por fim, "método" refere-se à metodologia utilizada na execução do processo (DELGADO, 2021).

Tanto a ferramenta quanto os seis possíveis campos de fontes de problemas podem ser vistos na Figura 5.

Figura 5. Diagrama de Ishikawa.



Fonte: COUTINHO (2020).

2.3.4 Ferramenta dos 5 porquês

A ferramenta dos 5 porquês é uma técnica de análise de causa-raiz utilizada para identificar as causas fundamentais de um problema. Consiste em fazer repetidamente a pergunta "por quê?" até chegar à causa raiz do problema (NAPOLEÃO, 2019). Por mais simples que seja a ferramenta, a obtenção da resposta do "por quê?" pode ser demorada e difícil de se obter, requerendo um estudo cauteloso para se obter a resposta correta.

Essa abordagem foi popularizada pela Toyota por sua simplicidade e eficiência e é amplamente utilizada na gestão da qualidade. A ideia é que, ao identificar as causas fundamentais de um problema, seja possível implementar ações corretivas eficazes para evitar sua recorrência (NAPOLEÃO, 2019).

2.3.5 Matriz de priorização

A matriz de priorização é uma ferramenta da qualidade bastante utilizada para ordenar projetos, processos com a finalidade de identificar os mais importantes com base em critérios estabelecidos (JUSTO, 2019).

Quando utilizado no método de resolução de problemas A3, trata-se de uma ferramenta com o objetivo de priorizar as contramedidas estipuladas para solução do problema (ZABALETA, 2002). A Tabela 1 evidencia um modelo de matriz de priorização.

Tabela 1. Modelo de matriz de priorização.

Nº	Relação de causas (Ishikawa) que podem estar provocando o problema	Contramedida	Priorização			Pontuação
			Custo	Influência	Esforço	
1	Causa 1	Ação 1	1	2	5	10
2	Causa 2	Ação 2	3	2	1	6
3	Causa 3	Ação 3	3	3	3	27
4	Causa 4	Ação 4	4	5	4	80
5	Causa 5	Ação 5	3	5	2	30

Fonte: O autor (2022).

Na matriz de priorização apresentada na Tabela 1 são considerados três parâmetros para avaliar a contramedida estabelecida com o objetivo de solucionar o problema: custo, influência e esforço. Esses parâmetros são avaliados com notas de 1 a 5, e ao final é calculada uma pontuação final multiplicando-se os valores dos três parâmetros. A contramedida que receber a pontuação mais alta será priorizada para o plano de ação (JUSTO, 2019).

2.4 CAPACIDADE DE UM PROCESSO

A capacidade de um processo refere-se à sua habilidade intrínseca de produzir peças idênticas de forma consistente ao longo do tempo, considerando um conjunto específico de condições. Indicadores como C_p (capacidade potencial do processo) e C_{pk} (capacidade efetiva do processo) estão intimamente relacionados com a capacidade do processo, sendo assim, a avaliação destes tem como objetivo determinar se um processo de fabricação é viável e sustentável. Com base nessa análise rigorosa, um fabricante pode decidir continuar a produção, fazer alterações nas especificações ou cancelar o projeto (GONÇALEZ, 2009).

A avaliação da capacidade de um processo é crucial, pois permite quantificar a capacidade de produzir produtos aceitáveis. Isso possibilita aos gerentes e engenheiros de uma fábrica priorizar melhorias necessárias e identificar os processos que não requerem atenção imediata (GONÇALEZ, 2009).

Os índices C_p e C_{pk} apontam o quão dentro da faixa de especificação o produto está localizado, sendo, portanto, excelentes direcionadores da capacidade de um processo. Estes se baseiam nos limites inferior e superior de especificação, desvio padrão de uma amostra analisada e mediana. As Equações 1 e 2 evidenciam como é realizado o cálculo do C_p e C_{pk} , respectivamente (FRANCESCHI, 2017).

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} \quad (1)$$

$$C_{pk} = \left(\frac{LSE - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\bar{X} - LIE}{3\hat{\sigma}} \right) \quad (2)$$

Onde:

LSE: Limite superior de especificação

LIE: Limite inferior de especificação

\bar{X} : Média da amostragem

$\hat{\sigma}$: Desvio-padrão da amostragem.

O cálculo do C_{pk} consiste no cálculo de um $C_{pk,min}$ e $C_{pk,máx}$, conforme pode ser visto na Equação 2. O valor do C_{pk} escolhido, usualmente, para representar um processo é o menor valor entre os dois, visto que é melhor assumir que um processo

possui um C_{pk} menor do que o real, a assumir um processo possuindo um C_{pk} acima do real (DA ROSA, 2016).

O indicador C_p , capacidade potencial do processo, considera que o processo esteja centrado no valor nominal da especificação, dessa maneira, este mede apenas a precisão do processo, não medindo a exatidão. Por outro lado, o índice C_{pk} leva em consideração a distância média em relação aos limites de especificação, sendo, portanto, um indicador de precisão e exatidão do processo. Se os valores de C_p e C_{pk} forem iguais, será um indicativo que o processo está centrado no valor nominal e, quanto maior, forem seus valores, melhor controlado é o processo (OLIVEIRA, 2011). Dessa maneira, processos que não estão centrados usam-se os $C_{pk,min}$ e $C_{pk,máx}$ para medir a capacidade do processo.

De acordo com Montgomery (2004), valores de C_p e C_{pk} menores do que 1 evidenciam um processo incapaz, enquanto, maiores ou iguais a 1 e menores do que 1,33, indicam um processo aceitável (ou também chamado de razoavelmente capaz) e para valores maiores do que 1,33, são processos potencialmente capazes.

2.5 CONTROLADOR PID

Os controladores PID (Proporcional, Integral e Derivativo) são algoritmos de controle amplamente utilizados na área de controle de sistemas dinâmicos. Eles são particularmente eficazes para o controle de processos industriais, onde é necessário ajustar e manter uma variável de processo (por exemplo, temperatura, velocidade, pressão) em um valor desejado (FACCIN, 2004).

O controlador PID é baseado em três termos principais. O termo proporcional (P) ajusta a ação de controle com base no erro atual entre o valor desejado e o valor real da variável de processo. O termo integral (I) considera a integral do erro ao longo do tempo e ajuda a corrigir erros de longo prazo ou erros sistemáticos. Por fim, o termo derivativo (D) considera a taxa de variação do erro e ajuda a prever a tendência futura do erro. A combinação desses três termos permite que o controlador PID atue de forma rápida e precisa para manter a variável de processo no valor desejado (FACCIN, 2004).

O controlador PID pode ser aplicado a uma ampla variedade de sistemas dinâmicos, sendo um exemplo de sua utilização em sistemas que envolvem cortadeiras e esteiras. A velocidade das esteiras precisa ser ajustada de acordo com

o processo de corte, a fim de obter resultados precisos e consistentes. O controle PID é ideal para esse tipo de aplicação, pois permite um controle preciso da velocidade da esteira, compensando distúrbios e mantendo a velocidade desejada de forma estável, adequando a velocidade da cortadeira com a da esteira (BATISTA, 2015).

3 METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido seguindo a metodologia proposta pelo formulário de resolução de problemas A3. Nesse sentido, etapas de definição do problema, entendimento do problema, análise de causa e efeito, determinação da causa raiz, plano de ação, acompanhamento de resultados e padronização foram executadas sequencialmente para que seja avaliada a viabilidade da metodologia e, conseqüentemente, a melhoria no processo.

3.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A etapa de definição do problema do método de resolução de problemas A3 consiste em descrever o problema, evidenciando a situação atual, relacionando os indicadores afetados por tal situação (BORSALLI, 2021).

Diante disso, esta etapa consistiu em uma coleta de dados do histórico do sobrepeso de uma linha de produção, realizando uma comparação com a meta e com o objetivo desejado após a implementação da melhoria.

3.2 ENTENDIMENTO DO PROBLEMA

A etapa de entendimento do problema é realizada com a finalidade de expor o contexto atual do problema (BORSALLI, 2021). Para isso, foi realizado um controle estatístico do processo a fim de verificar a variação do produto final produzido, capacidade e performance da máquina.

A fim de serem obtidos dados para o estudo estatístico, foi retirada, da produção final, uma amostra de 50 barras consecutivas sem alterar os parâmetros de produção da máquina. Essas amostras foram pesadas e os valores mássicos das respectivas barras são registrados, de tal forma a gerar um banco de dados.

A partir destes valores obtidos, calculou-se indicadores de capacidade como o $C_{pk,min}$ e $C_{pk,máx}$, visto que a empresa informa que o processo não está centrado nos limites de especificação, sendo, então, desnecessário calcular o C_p . Além disso, são calculados a média, amplitude e desvio padrão.

3.3 ANÁLISE DE CAUSAS

A etapa de análise de causas foi realizada para garantir que seja encontrada a causa raiz do problema. Para isso, um *brainstorming* com operadores da máquina e gestores foi realizado com o objetivo de encontrar as possíveis causas para a falta de controle efetivo do peso do produto final.

Aliado ao *brainstorming*, ferramentas da qualidade como o diagrama de Ishikawa e os 5 porquês foram utilizadas nesta etapa.

3.4 PLANO DE AÇÃO

A etapa do plano de ação consistiu na criação de contramedidas a serem feitas para solucionar o problema. Além disso, nesta etapa, foram priorizadas as ações de maior impacto para resolução do problema, devendo ser escolhida uma ação que atue na causa raiz. Para isso, foi utilizada uma matriz de priorização das contramedidas selecionadas e priorizada a ação com maior pontuação na matriz desenvolvida.

3.5 ACOMPANHAMENTO PÓS REALIZAÇÃO DA AÇÃO

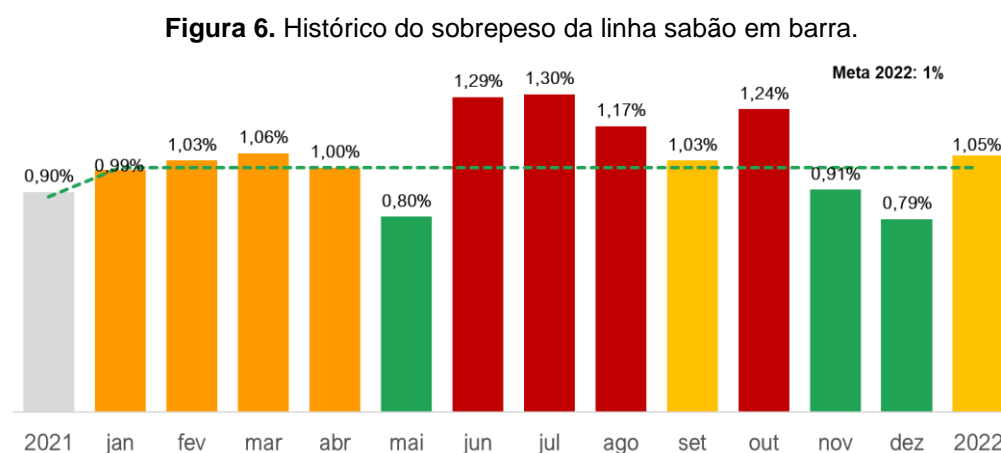
Após a ação ser realizada, a metodologia de resolução de problemas A3 propõe que haja uma padronização no processo desenvolvido (BORSALLI, 2021). Dessa maneira, foi realizado o treinamento com a operação das melhorias realizadas e estipulado uma rotina de verificação diária em ações realizadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos resultados e discussão estão abordados de acordo com o ordenamento do formulário A3, sendo assim, será dividido em tópicos de definição do problema, entendimento do problema, análise de causa, aplicação do plano de ação, acompanhamento de resultados e passos futuros.

4.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Com base nos dados coletados dos valores mássicos do produto final ao longo dos meses, é possível observar um histórico do sobrepeso da linha de produção de sabão em barra ao longo do ano de 2022, conforme pode ser visto na Figura 6.



Fonte: O autor (2023).

O valor em porcentagem evidenciado na Figura 6, retrata o desvio do valor mássico real com a meta esperada. Sendo assim, quando se há 1,3% de sobrepeso, significa que o mesmo valor da massa do produto final, em percentual, excedeu a meta mássica preestabelecida.

Os dados da Figura 6 foram obtidos a partir da coleta dos valores mássicos dos produtos finais ao longo do ano de 2022, onde dez amostras do produto final foram coletadas a cada hora a fim de mensurar seu valor mássico. Diante disso, a média de todas estas amostras resultou no valor mássico médio. Relacionando este dado com a meta mássica foi possível obter o sobrepeso.

Diante da Figura 6, é possível observar que em sete meses do ano de 2022, o sobrepeso excedeu a meta estabelecida de 1,00%, contribuindo para uma média anual de 1,05%. A oscilação de sobrepeso durante os meses e a média anual mostram que há um problema no controle da massa do produto final da linha de produção de sabão em barra.

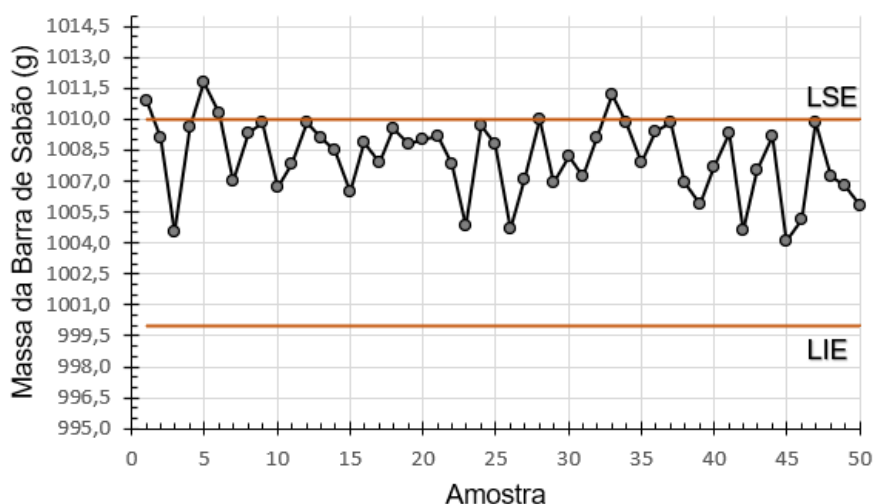
Com o problema já definido, definiu-se como objetivo deste trabalho reduzir o sobrepeso de um patamar de 1,05% para 0,60% com a resolução do problema.

4.2 ENTENDIMENTO DO PROBLEMA

Na etapa de entendimento do problema, de acordo com a metodologia de resolução de problemas A3, fez-se necessário realizar um aprofundamento no problema a fim de decifrá-lo melhor. Devido a isso, foi realizado um controle estatístico do processo conforme mencionado no capítulo metodologia.

Os dados coletados decorrente da atividade desenvolvida podem ser verificados no Apêndice A. Para melhor visualização, pode-se observar a Figura 7.

Figura 7. Massa das barras de sabão.



Fonte: O autor (2023).

Como pode ser visto na Figura 7, é possível verificar uma alta variação existente no processo, a exemplo das grandes amplitudes observadas entre as barras de sabão 2, 3 e 4. Esta evidência visual mostra que muito provavelmente se trata de

um processo impreciso, com grande risco de extrapolar os limites de especificação estabelecidos.

Além da variabilidade evidenciada no gráfico, também é possível perceber que quatro barras de sabão, entre as 50 analisadas, extrapolaram a meta representada pela linha azul da Figura 7 (1010 g). Sendo assim, a falta de precisão do processo está colaborando para a produção de barras fora da meta, o que acaba provocando perdas para a companhia.

A fim de uma análise mais detalhada dos dados, tem-se que o desvio-padrão amostral dos dados coletados é igual a 1,86, com amplitude total igual a 7,7 g e média de 1008,13 g. Além disso, ao utilizar o limite inferior de especificação de 1000 g e o limite superior de especificação de 1010 g, obteve-se um valor de $C_{pk,min}$ de 0,34 e $C_{pk,máx}$ de 1,45. O valor de C_{pk} escolhido para o processo será o mínimo entre os dois valores de C_{pk} encontrados, dessa forma tem-se um valor de 0,34. De acordo com Gonçalves (2009), valores de C_{pk} abaixo de 1 mostram que se trata de um processo com sérios problemas, possuindo uma variação maior do que a faixa dos limites de especificação. Isto indica a incapacidade do processo.

Durante a realização do experimento, também foi possível observar a grande variação de comprimento dos sabões em barra, Figura 8.

Figura 8. Variação de comprimento dos sabões produzidos.



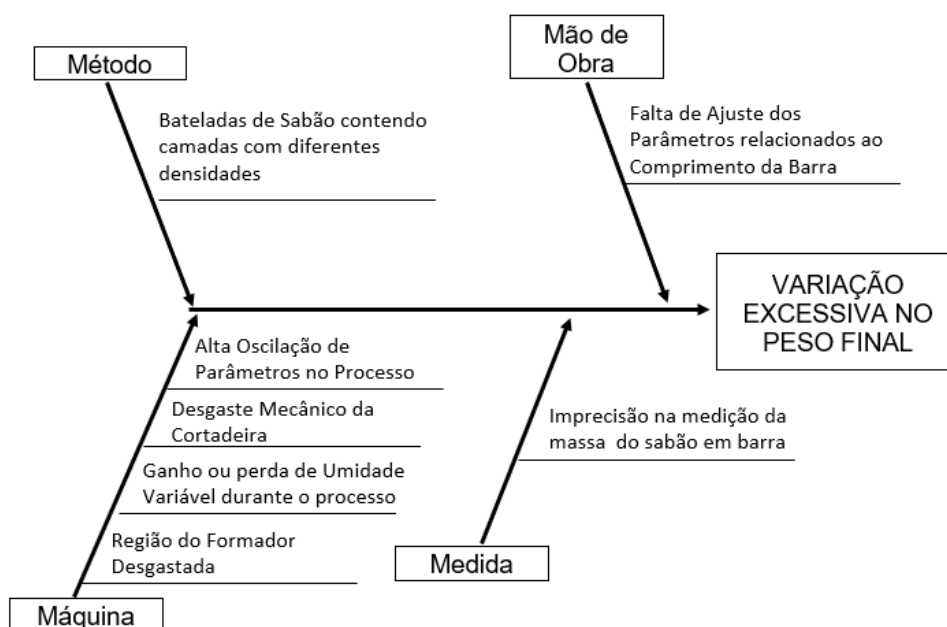
Fonte: O autor (2023).

De acordo com a Figura 8, é possível perceber, visualmente, que o problema de controle mássico pode estar relacionado com a falta de controle nas dimensões do sabão em barra, visto que os sabões produzidos em sequência possuem diferentes valores de comprimento.

4.3 ANÁLISE DE CAUSAS

A realização do *brainstorming* com a operação e gestores da fábrica permitiu organizar as principais ideias de causas que ocasionam o problema de variação excessiva na massa do produto final. Estas causas foram elencadas diagrama de Ishikawa, conforme pode ser visto na Figura 9. Como as causas relacionadas a meio ambiente e material são inexistentes ou iguais a de outros campos, foram relatadas causas relacionadas a método, mão de obra, máquina e medida para melhor visualização do diagrama.

Figura 9. Diagrama de Ishikawa sobre variação da massa do produto final.



Fonte: O autor (2023).

O diagrama de Ishikawa se trata de uma ferramenta com a finalidade de facilitar a visualização das causas do problema e, a partir dele, fica evidente que existem diversas causas para o problema em questão. Conforme verificado na Figura 9, foram identificadas causas associadas à mão de obra, método, máquina e medida.

No que concerne a causa decorrente ao método, foi relatado que, quando misturada bateladas diferentes de sabão, não há uma homogeneização perfeita, o que faz com que haja a probabilidade de desenvolver um volume de sabão que possua camadas com valores de densidade não uniformes. Este problema pode provocar a fabricação de sabões em barra com mesmas dimensões, porém com massa diferente.

Quanto às causas relacionadas à máquina, foram discutidas e verificadas quatro possíveis causas. A alta oscilação de parâmetros no processo durante a fabricação do produto, a exemplo da velocidade de extrusão do sabão; desgaste mecânico da cortadeira, reduzindo a precisão do corte do sabão; processo permitindo ganho e perda de umidade do sabão; região do formador (região em que o sabão inicia o processo de recepção da embalagem) desgastada, aumentando o atrito entre o sabão e as paredes da peça.

No que se diz respeito ao campo medida do diagrama, foi notado que a balança de pesagem da barra de sabão estava sendo muito impactada pelo vento da área, de tal maneira que este estava interferindo na pesagem (durante o experimento realizado para o controle estatístico do processo, este problema foi sanado a partir do envolvimento da balança com uma peça de acrílico). Quanto à mão de obra, em alguns momentos há a ocorrência do erro operacional, onde o operador não adequa os parâmetros do processo para a produção em questão.

Dessa forma, fez-se necessário um aprofundamento sobre cada um destes pontos a fim de analisar sua relevância para o problema em questão. Para isso, utilizou-se da ferramenta dos 5 porquês em cada um destes pontos de causa a fim de descobrir as causas raízes do problema. O Quadro 1 mostra os pontos de causa citados no diagrama de Ishikawa, aprofundados com a ferramenta dos 5 porquês.

Quadro 1. Disposição dos dados obtidos ao empregar os 5 porquês.

Nº	Relação de causas (Ishikawa) que podem estar provocando o problema	5 porquês				
		1º Porquê	2º Porquê	3º Porquê	4º Porquê	5º Porquê
1	Alta Oscilação de Parâmetros no Processo	Velocidade da Extrusão Variando	Trefilas folgadas dentro das camisas	Desgaste ao longo do tempo e uso	Falta de Inspeção e Troca do Equipamento	
2	Desgaste Mecânico da Cortadeira	Haste que segura a cortadeira com rolamento folgado	Falta de lubrificação, ajuste e inspeção	Falta de plano de manutenção preventiva		
3	Ganho ou perda de Umidade Variável durante o processo	Troca térmica entre o sabão e o ambiente	Falta de sistema de proteção contra ventos			
4	Região do Formador Desgastada	Teflon envolvente desgastado devido ao uso	Falta de um plano periódico de inspeção			
5	Bateladas de Sabão contendo camadas com diferentes densidades	Mistura de sabões de diferentes bateladas em um mesmo tanque	Falta de homogeneização após mistura de diferentes bateladas	Não há sistema de homogeneização no tanque anterior à extrusão		
6	Falta de Ajuste dos Parâmetros relacionados ao Comprimento da Barra	Tempo de necessidade de alteração de parâmetros frequente e inconstante	Parâmetro de comprimento do sabão não é seguido fielmente pela máquina	Velocidade de extrusão variável	Trefilas folgadas dentro das camisas	Falta de Inspeção e Troca do Equipamento
				Desgaste mecânico da cortadeira	Haste que segura a cortadeira com rolamento folgado	Falta de plano de manutenção preventiva
7	Imprecisão na medição da massa do sabão em barra	Interferência de correntes de vento do ambiente na balança	Balança sem proteção contra interferências do ambiente			

Fonte: O autor (2023).

Diante do Quadro 1, pode-se observar o aprofundamento de cada uma das causas discutidas no *brainstorming* realizado com a operação e gestores da fábrica. A partir da utilização da ferramenta, sabe-se que a causa da alta oscilação dos parâmetros do processo é um problema ocasionado por uma folga existente entre a trefila e a parede que a envolve no processo. Esta folga foi ocasionada por um desgaste devido ao tempo de uso e não houve planejamento para troca e reparo deste equipamento. Esta deformidade ocasiona uma variação no fluxo do sabão, o que gera uma oscilação acentuada na velocidade de extrusão do sabão. A folga da trefila é evidenciada na Figura 10.

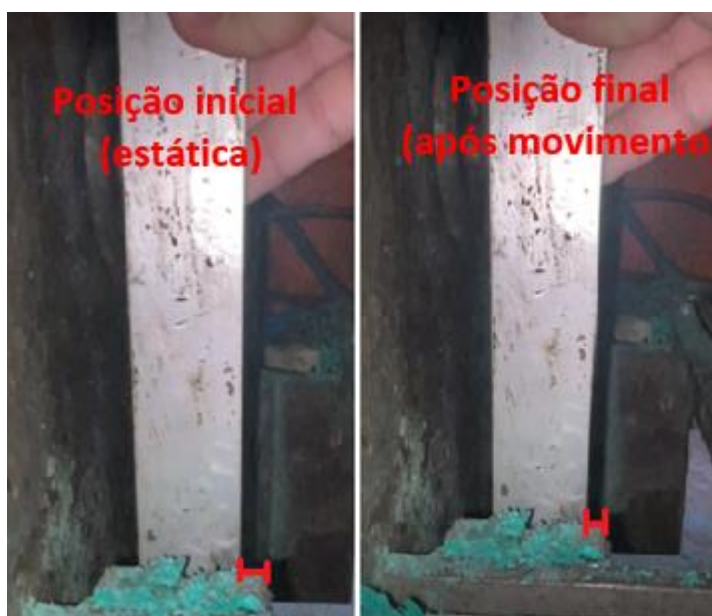
Figura 10. Folga entre a trefila e a parede protetora.



Fonte: O autor (2023).

Outro ponto importante identificado foi o desgaste mecânico da cortadeira. A partir da pergunta “Por quê?”, verificou-se que, durante o processo de corte, havia um desnivelamento do sistema de corte, isto é, após um ciclo completo de corte, o sistema não voltava para posição inicial, ocasionando cortes sequenciais irregulares. A haste da cortadeira pode ser vista na Figura 11, onde mostra a diferença da sua posição antes e depois de um ciclo de corte.

Figura 11. Haste da cortadeira com rolamento folgado.



Fonte: O autor (2023).

Um ponto relevante identificado no uso da ferramenta dos 5 porquês é o fato de que o ponto de causa de falta de ajuste de parâmetros possui a mesma causa raiz que alguns dos problemas relacionados à máquina, mostrando que o erro operacional estava sendo impulsionado por defeito de maquinário.

Para os demais pontos de causa, de acordo com o Quadro 1, percebeu-se que há uma falta de proteção contra o vento no processo, favorecendo a perda de umidade no processo e, também, dificultando a pesagem do produto final pelo fato da balança não possuir proteção contra interferências do ambiente. Além disso, há uma falta de planejamento de inspeção do formador, o que faz com que este interfira negativamente na massa do produto final quando desgastado. Por fim, tem-se a junção de bateladas de sabão em um mesmo tanque, o que faz com que possa existir momentos repentinos onde há uma mudança de densidade do sabão no momento do corte, de tal forma que, se os parâmetros de comprimento continuarem constantes, irá ser fabricado um produto com mesmas dimensões, porém com maior massa.

4.4 PLANO DE AÇÃO

Diversas causas foram anotadas, porém faz-se necessário descrever as contramedidas a serem realizadas a fim de anular ou mitigar as causas raízes do problema. Para o ponto de causa de alta oscilação de parâmetros do processo, foram propostos, a partir de discussões com o setor da manutenção da empresa, duas possibilidades de atuar na causa raiz, sendo a primeira a recuperação das trefilas a partir do preenchimento do envolto da sua parede com o mesmo material da parede a fim de reduzir a folga. Como segunda abordagem, foi proposta a utilização de um controlador PID utilizando sensores para medir a velocidade de extrusão do sabão e correlacioná-la com a velocidade de corte da cortadeira, de tal maneira que a velocidade do corte ficará sempre correspondendo à velocidade de extrusão do sabão. Este segundo ponto trata-se de uma contramedida mais recomendada para se aplicar em um processo já controlado, sem erros existentes, sendo, portanto, mais interessante ser implantado quando resolver problemas como a folga da trefila e a haste da cortadeira folgada.

Quanto ao desgaste mecânico da cortadeira e do formador, as contramedidas para combater suas causas raízes são o ajuste da folga da haste da cortadeira por parte da equipe de manutenção e a troca do teflon do formador, respectivamente.

Como trata-se de um problema que possa ocorrer com frequência, deve ser planejada inspeções periódicas nestas regiões, por se tratar de equipamentos essenciais para a massa do produto final.

Além das contramedidas para os pontos de causa supracitados, tem-se a adição de proteções mecânicas ao longo do processo a fim de evitar o contato do sabão com as correntes de vento do ambiente, adição de um envoltório de acrílico na balança de pesagem para evitar variação de medição devido à interação com o ambiente e um sistema de agitação no tanque que direciona o sabão para o atomizador, a fim de reduzir a variação de densidade existente entre diferentes bateladas.

Dessa maneira, após o estabelecimento das contramedidas, faz-se necessário construir uma matriz de priorização a fim de entender a importância de cada uma, entendendo seus graus de impacto sobre o problema, custo e dificuldade de execução. Esta ferramenta da qualidade irá contribuir para a priorização das mais importantes contramedidas, de tal maneira que se obtenha um resultado eficaz o mais rápido possível se implementadas as ações concebidas.

A Tabela 2 evidencia a matriz de priorização construída, mostrando os pontos de causa discutidos e que constam no diagrama de Ishikawa, suas respectivas contramedidas e áreas representando custo, influência e esforço da contramedida.

Tabela 2. Matriz de priorização.

Nº	Relação de causas (Ishikawa) que podem estar provocando o problema	Contramedida	Priorização			Pontuação
			Custo	Influência	Esforço	
1	Alta Oscilação de Parâmetros no Processo	Recuperação das Trefilas	3	5	3	45
2	Alta Oscilação de Parâmetros no Processo	Utilizar recurso do controlador PID para modular a velocidade de extrusão	2	4	2	16
3	Desgaste Mecânico da Cortadeira	Manutenção para ajuste de folga da haste da trefila	4	5	5	100
4	Desgaste Mecânico da Cortadeira	Inspeccionar cortadeira periodicamente.	4	3	5	60
5	Ganho ou perda de Umidade Variável durante o processo	Adicionar proteções ao longo do processo	3	1	2	6
6	Região do Formador Desgastada	Realizar a troca do teflon	5	2	5	50
7	Região do Formador Desgastada	Inspeccionar o formador periodicamente	4	2	4	32
8	Bateladas de Sabão contendo camadas com diferentes densidades	Adicionar um sistema de agitação nos tanques de liberação de sabão	1	1	1	1
9	Falta de Ajuste dos Parâmetros relacionados ao Comprimento da Barra	Recuperação das Trefilas	3	5	3	45
10	Falta de Ajuste dos Parâmetros relacionados ao Comprimento da Barra	Manutenção para ajuste de folga da haste da trefila	4	5	5	100
11	Imprecisão na medição da massa do sabão em barra	Envolver a balança com uma material de acrílico	5	2	5	50

Fonte: O autor (2023).

Como pode ser visto na Tabela 2, a contramedida aparece com maior prioridade a ser executada, fato que se deve ao ajuste da folga da haste da trefila, visto que tem uma alta influência no problema, baixo custo e baixo esforço para ser realizada. Seguidamente são as atividades de manter a inspeção periódica da haste da cortadeira, realização da troca do teflon do formador e adicionar um material de acrílico na balança. Apesar de algumas destas ações não terem uma alta influência no problema quanto outras, elas são fáceis de serem implantadas por não demandarem alto custo e esforço, sendo, portanto, recomendadas suas concretizações.

Logo após, tem-se a ação de recuperação das trefilas. Apesar de ter uma influência muito considerável para o problema, esta ficou com menor grau de prioridade por ser mais custosa de ser realizada, porém deve ser executada devido a

sua alta influência no problema. Outra ação relevante é a inspeção periódica no formador, em que deve ser efetuada para prevenir deformações futuras no produto final.

Por se tratar de uma ação que requer um alto custo e alto esforço, a implementação do controlador PID não aparece alta prioridade, sendo mais recomendado, de acordo com a ferramenta, ser realizada após as ações com maior prioridade serem realizadas.

Algumas contramedidas como a adição de proteção mecânica contra o vento no processo e construção de um agitador no tanque de liberação possuem as menores prioridades devido ao seu alto esforço e custo de implementação e pela baixa influência no problema. Para o caso da perda de umidade no decorrer do processo, sabe-se que sua influência é baixa o suficiente para não impactar tanto no produto final. Enquanto isso, a variação de densidade causada pela mistura entre sabões de bateladas diferentes é uma causa que pode ser descartada diante do controle estatístico do processo realizado. De acordo com a Figura 7 (item 4.2), fica evidenciado que há uma variação muito grande entre barras sequenciadas, o que caracteriza um problema existente na região do corte e não em processos anteriores a ele. Este fato se deve a uma variação de densidade presente em uma batelada de sabão não é suficiente para afetar a variabilidade assim como retratada no gráfico.

Sendo assim, durante o decorrer deste trabalho, foram realizadas as ações de recuperação das trefilas, ajuste na haste da cortadeira, troca do teflon do formador, adição de uma superfície de acrílico na balança e implementação de inspeções semanais na cortadeira e no formador. As ações relacionadas a perda de umidade do sabão durante o processo e variação de densidade do sabão foram consideradas desnecessárias e não serão realizadas enquanto tiver a intenção de resolver o problema de variação de massa do produto final. Porém, a ação de adição de um controlador PID integrado entre a cortadeira e a extrusora foi visto como uma melhoria e automatização do processo, portanto, está marcada para ser realizada, porém com prazo estendido devido sua dificuldade de implementação.

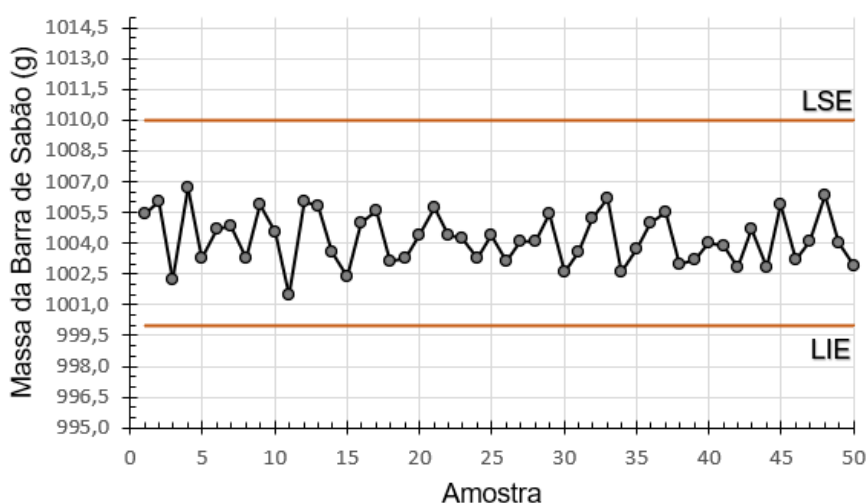
4.5 ACOMPANHAMENTO APÓS IMPLEMENTAÇÃO DA AÇÃO

Após a execução das ações, notou-se uma melhora considerável no controle da massa do produto final. Percebe-se que a variação excessiva mássica em pequeno

espaço de tempo foi reduzida, visto que o ajuste na haste da cortadeira e na trefila contribuiu para a eliminação de cortes errôneos do sabão.

Apesar disso, fez-se necessário realizar um novo estudo do processo a fim de comparar a precisão e exatidão antes e depois das ações. Para isso, novamente pesou-se cinquenta barras de sabão sequenciadas a fim de verificar dados estatísticos do processo. Os dados estão dispostos no Apêndice B e podem ser melhor visualizados na Figura 12.

Figura 12. Massa das barras de sabão pós-intervenção.



Fonte: O autor (2023).

Diante da comparação da Figura 12 com a Figura 7 (item 4.2), é possível, visualmente, concluir que há uma menor variação dos dados, estando estes mais centralizados. Em relação aos dados estatísticos, verifica-se uma melhora considerável em todos eles, conforme pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3. Comparativo entre os dados estatísticos antes e depois da intervenção.

Parâmetro	Pré-Intervenção	Pós-Intervenção
Média	1008,13 g	1004,23 g
Amplitude	7,7 g	5,8 g
Desvio-padrão	1,86	1,25
C _{pk,min}	0,34	1,12
C _{pk,máx}	1,45	1,46

Fonte: O autor (2023).

Como pode ser visto na Tabela 3, houve uma melhora significativa principalmente no C_{pk} do processo, saindo de um patamar menor do que 1 para um valor maior do que 1. De acordo com Oliveira (2011), por possuir um valor maior do que 1 e menor do que 1,33, trata-se de um processo razoavelmente capaz. Dessa maneira, verifica-se uma evolução de um processo considerado incapaz para um processo razoavelmente capaz.

Apesar de estar melhor centralizado entre os limites de especificação do processo, ainda não se trata de um processo totalmente centralizado, visto que o C_p do processo, 1,33, ainda diverge do C_{pk} . Dessa maneira, é recomendado para trabalhos futuros, que a empresa determine um limite de controle superior e inferior do processo.

Com a realização das ações envolvidas, houve uma redução no sobrepeso no mês de julho de 2023, passando para um valor de 0,5% de sobrepeso no mês. Apesar de ainda existirem possibilidades de melhoria, foi possível alcançar a meta desejada para o trabalho que era de uma redução para 0,6%. Dessa maneira, a utilização da metodologia desenvolvida pelo *lean manufacturing* para resolução de problemas existentes provou ser bastante eficaz.

Apesar das ações realizadas serem um sucesso, a preservação da melhoria deve ser feita (KOSAKA, 2006). Para isso, as atividades de inspeção periódica da cortadeira e do formador serão mantidas e designadas a equipe da manutenção executar com periodicidade semanal.

5 CONCLUSÃO

Diante da metodologia da filosofia *lean* adotada, foi possível seguir os passos de resolução de problema do formulário A3 para realizar a definição, entendimento e análise de causas do problema em questão. Somado a isso, foi possível chegar a contramedidas suficientes para atuação das causas raízes do problema.

Dessa maneira, a execução de ações, que são direcionadas a erradicar as causas raízes do problema, foi o suficiente para melhorar significativamente o controle existente da massa e dimensão do produto final, de tal maneira que houve a contribuição para reduzir o sobrepeso de uma faixa de 1,05% para 0,50% no mês de julho de 2023, comprovando o aumento do controle sobre o produto final. Além disso, foi possível verificar a evolução do C_{pk} do processo após a realização das intervenções, passando de um patamar de 0,34 para 1,12, sendo, agora, considerado um processo razoavelmente capaz.

Sendo assim, a metodologia provou ser um sucesso, portanto, é possível replicá-la, futuramente, para diferentes problemas presentes não somente na linha de produção de sabão em barra, mas também nos vários processos existentes no mundo corporativo a fim de garantir melhorias efetivas e eficazes para o processo desejado.

REFERÊNCIAS

- ALVARO, J. **Diatomita: terra diatomácea ou sílica diatomácea**. Química, 2022. Disponível em: <https://www.quimica.com.br/diatomita-terra-diatomacea-ou-silica-diatomacea/>. Acesso em: 03/07/2023.
- BARROS, C. F.; SILVA, A. J. **OFICINA DE DERIVADOS DE SABÃO LÍQUIDO E EM BARRA**. Relatório Final do PIBIC/CNPq/IFG - 6º Edital, 2010.
- BATISTA, E. S. **INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE DE ESTEIRA TRANSPORTADORA UTILIZANDO CLP**. Paraíba, UFCG, 2015, Trabalho de Conclusão de Curso.
- BORSALLI, B. **Método A3: o que é e como funciona?** SoftExpert, 2021. Disponível em: <https://blog.softexpert.com/metodo-a3-como-funciona/>. Acesso em: 02/07/ 2023.
- CARNEIRO, A. F. **Análise de Variabilidade num Processo Industrial de Produção de Bolachas**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial). Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto, Portugal. 2017.
- COUTINHO, T. **Diagrama de Ishikawa: O que é, para que serve e como usar!** Voitto 12 jan. 2021. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-ishikawa>. Acesso em: 03/07/2023.
- DA ROSA, Leandro Cantorski. **Introdução ao controle estatístico de processos**. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia-Editora UFSM, 2016.
- DELGADO, B. et al. **El Diagrama de Ishikawa como Hierramienta de Calidad En la Educación: Una Revisión de los Últimos 7 Años**. Revista eletrônica TAMBARA, ISSN 2588-0977. 2021.
- FACCIN, F. **INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE DE ESTEIRA TRANSPORTADORA UTILIZANDO CLP**. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, RS, UFRS, 2004.
- FOGAÇA, J. **História do sabão**. 2023. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/historia-sabao.htm>. Acesso em: 03/07/2023.
- FRANCESCHI, D. V. et al. **Indicadores de Capacidade (C_p e C_{pk}) e Performance do Processo (P_p e P_{pk}) em uma Linha Industrial de Produção de Sorvetes**. Universidade de Uberaba, Primeiro encontro de desenvolvimento de processos agroindustriais. 2017.

Gonçalez, P. U., Werner, L. **Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais.** Gestão & Produção, 16(1), 121–132. doi:10.1590/s0104-530x2009000100012. 2009

GUPTA, Shaman; JAIN, Sanjiv Kumar. **A literature review of lean manufacturing.** International Journal of Management Science and Engineering Management, v. 8, n. 4, p. 241-249, 2013. DOI: 10.1080/17509653.2013.825074.

JUSTO, A. S. **Matriz de priorização: como organizar e selecionar projetos, processos e chamados em 6 passos.** Disponível em: <https://www.euax.com.br/2019/06/matriz-de-priorizacao/>. Acesso em: 03/07/2023.

KOSAKA, D. **Relatório A3: ferramenta para melhorias de processos.** Lean Institute Brasil, 2006. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/90/relatorio-a3-ferramenta-para-melhorias-de-processos.aspx>. Acesso em 03/07/2023.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **What is Lean?** 2015. Disponível em: <https://www.lean.org/explore-lean/what-is-lean/>. Acesso em 02/07/2023.

LEITZKE, J. P.; NIERRI, T. A.; HOSCHIED, J.; MIRANDA, N. **Efficiency of commercial antiseptic soaps against pathogenic bacteria and labels analysis.** Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 2, p. e20310212241, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i2.12241.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade.** São Paulo: 4. ed. Editora LTC, 2004.

MOURA, L. **Sabão Ecológico é alternativa sustentável à poluição do meio ambiente.** FAPEAM, 2014. Disponível em: <http://www.fapeam.am.gov.br/sabao-ecologico-e-alternativa-sustentavel-a-poluicao-do-meio-ambiente/#:~:text=O%20sab%C3%A3o%20ecol%C3%B3gico%20traz%20in%C3%BAmoros,produtos%20qu%C3%ADmicos%20como%20os%20industrializados>. Acesso em: 03/07/2023.

NAPOLEÃO, B. M. **5 Porquês.** Ferramentas da Qualidade, 2019. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/5-porques/>. Acesso em: 02/07/2023.

NORTE GUBISIAN. **O que é Lean?** 2018. Disponível em: <https://www.nortegubisian.com.br/blog/o-que-e-lean/>. Acesso em: 02/07/2023.

OLIVEIRA, J. B.; SOUTO, R. R.; MAIA, R. D. A.; MEIRA, J. A.; LIMA, V. S. P. **Análise da capacidade de um processo: Um estudo de caso baseado nos indicadores Cp e Cpk.** ENEGEP, 2011, Belo Horizonte, Minas Gerais. Disponível em: https://www2.unifap.br/furtado/files/2017/04/enegep2011_tn_sto_136_863_19320.pdf. Acesso em 17/09/2023.

PATEL, R. P.; PATEL, M. P.; SUTHAR, A. M. **Spray drying technology: an overview.** Indian Journal of Science and Technology, v. 2, n. 10, p. 44-47, 2009.

Patricio, J. S., Hotza, D., Noni Júnior, A. D. **Argilas adsorventes aplicadas à clarificação de óleos vegetais**. *Cerâmica*, 60(354), 171–178. doi:10.1590/s0366-69132014000200002. 2014.

SANDRINI, G. **Como o pensamento A3 revoluciona a maneira de resolver problemas**. *Kimia*, 2020. Disponível em: <https://www.kimia.com.br/como-o-pensamento-a3-revoluciona-a-maneira-de-resolver-problemas/>. Acesso em: 02/07/2023.

SANTOS, Daniel et al. Spray drying: an overview. **Biomaterials-Physics and Chemistry-New Edition**, p. 9-35, 2018.

SHAH, R.; WARD, P. **Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance**. *Journal of Operations Management*, v. 21, n. 2, p. 129-149, 2003.

SILVA, M. C. S.; RIBEIRO, T. M.; PIRES, P. C. F.; DE OLIVEIRA, L. H. S.; GERÔNIMO, M. da S. **Gestão da qualidade para a melhoria contínua: um estudo de caso utilizando o Método A3 na gestão de documentos**. *Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)*, [S. l.], v. 14, n. 8, p. 13061–13082, 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i8.1642.

SOARES, V. **Diagrama de Ishikawa: o que é e como fazer**. Na Prática, 29 out. 2020. Disponível em: <https://www.napratica.org.br/diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 02/07/2023.

SOUZA, A. L. **Reação de saponificação**. *Mundo Educação*, c2023. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/reacao-saponificacao.htm>. Acesso em: 02/07/2023.

SPITZ, L. **Soap Manufacturing Technology**. Academic Press. 2ª Ed. 2016.

TOYOTA. **Toyota Production System**. Disponível em: <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/>. Acesso em: 02/07/2023.

TREVISAN, C. A. **A evolução de produtos de uso cotidiano como perfume, sabão, desodorante e creme hidratante**. *Seção Química Viva, Conselho Regional de Química IV Região*. Disponível em: <http://crq4.org.br/default.php?p=texto.php&c=cosmeticosleiamais2>>. Acesso em: 03/07/2023.

YAROVY, Y.,POST, A. J. **Soap Manufacturing Technology**. Cap. 11 Soap Bar Performance Evaluation Methods, 247–266. doi:10.1016/b978-1-63067-065-8.50011-6. 2016.

ZABALETA, João Pedro L. **Matriz de priorização: uma ferramenta para estabelecer prioridades**. Embrapa Clima Temperado, 2002.

**APÊNDICE A – Amostras coletadas para o controle estatístico do processo
pré-ajuste.**

AMOSTRA	1	2	3	4	5
Nº1	1010,9 g	1010,3 g	1007,8 g	1008,9 g	1009,2 g
Nº2	1009,1 g	1007,0 g	1009,8 g	1007,9 g	1007,8 g
Nº3	1004,5 g	1009,3 g	1009,1 g	1009,5 g	1004,8 g
Nº4	1009,6 g	1009,8 g	1008,5 g	1008,8 g	1009,7 g
Nº5	1011,8 g	1006,7 g	1006,5 g	1009,0 g	1008,8 g
Média	1009,2 g	1008,6 g	1008,3 g	1008,8 g	1008,1 g
Amplitude	7,3 g	3,6 g	3,3 g	1,6 g	4,9 g
AMOSTRA	6	7	8	9	10
Nº1	1004,7 g	1007,2 g	1009,4 g	1009,3 g	1005,1 g
Nº2	1007,1 g	1009,1 g	1009,8 g	1004,6 g	1009,8 g
Nº3	1010,0 g	1011,2 g	1006,9 g	1007,5 g	1007,2 g
Nº4	1006,9 g	1009,8 g	1005,9 g	1009,2 g	1006,8 g
Nº5	1008,2 g	1007,9 g	1007,7 g	1004,1 g	1005,8 g
Média	1007,4 g	1009,0 g	1007,9 g	1006,9 g	1006,9 g
Amplitude	5,3 g	4,0 g	3,9 g	5,2 g	4,7 g

**APÊNDICE B – Amostras coletadas para o controle estatístico do processo
pós-ajuste.**

AMOSTRA	1	2	3	4	5
Nº1	1005,4 g	1004,7 g	1001,5 g	1005,0 g	1005,7 g
Nº2	1006,0 g	1004,8 g	1006,0 g	1005,6 g	1004,4 g
Nº3	1002,2 g	1003,3 g	1005,8 g	1003,1 g	1004,2 g
Nº4	1006,7 g	1005,9 g	1003,6 g	1003,3 g	1003,3 g
Nº5	1003,3 g	1004,5 g	1002,4 g	1004,4 g	1004,4 g
Média	1004,7 g	1004,6 g	1003,9 g	1004,3 g	1004,4 g
Amplitude	4,5 g	2,6 g	4,5 g	2,5 g	2,4 g
AMOSTRA	6	7	8	9	10
Nº1	1003,1 g	1003,6 g	1005,0 g	1003,9 g	1003,2 g
Nº2	1004,1 g	1005,2 g	1005,5 g	1002,8 g	1004,1 g
Nº3	1004,1 g	1006,2 g	1003,0 g	1004,7 g	1006,3 g
Nº4	1005,4 g	1002,6 g	1003,2 g	1002,8 g	1004,0 g
Nº5	1002,6 g	1003,7 g	1004,0 g	1005,9 g	1002,9 g
Média	1003,9 g	1004,3 g	1004,1 g	1004,0 g	1004,1 g
Amplitude	2,8 g	3,6 g	2,5 g	3,1 g	3,4 g