

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

CAIQUE DE LIMA VECCHINI  
GUILHERME NAME VASCONCELOS

**ESTUDO DE CASO: REDUÇÃO DE ESTRAGO FÍSICO DE UM PRODUTO COM A  
UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DE PROCESSOS, BASEADA NA  
METODOLOGIA DO SISTEMA INTEGRADO DE TRABALHO**

UBERLÂNDIA – MG  
2021

CAIQUE DE LIMA VECCHINI  
GUILHERME NAME VASCONCELOS

**ESTUDO DE CASO: REDUÇÃO DE ESTRAGO FÍSICO DE UM PRODUTO COM  
A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DE PROCESSOS, BASEADA  
NA METODOLOGIA DO SISTEMA INTEGRADO DE TRABALHO.**

Trabalho apresentado à Universidade de  
Uberlândia como parte das exigências à  
conclusão da disciplina de Trabalho de  
Conclusão de Curso, do 10º período, do  
curso de Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof. Dra. Ana Marta de  
Souza

CAIQUE DE LIMA VECCHINI  
GUILHERME NAME VASCONCELOS

**ESTUDO DE CASO: REDUÇÃO DE ESTRAGO FÍSICO DE UM PRODUTO COM A  
UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DE PROCESSOS, BASEADA NA  
METODOLOGIA DO SISTEMA INTEGRADO DE TRABALHO.**

Trabalho apresentado à Universidade de  
Uberlândia como parte das exigências à  
conclusão da disciplina de Trabalho de  
Conclusão de Curso, do 10º período, do  
curso de Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof. Dra. Ana Marta de  
Souza

Aprovado em

---

Prof. Dr. ....  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. ....  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. ....  
Universidade Federal de Uberlândia

## RESUMO

Devido ao fato de que o mercado se apresenta a cada dia mais competitivo, se torna indispensável minimizar os custos e possíveis perdas, visando maximizar a margem de lucro dentro de qualquer atividade produtiva. Visando diminuir o impacto de estrago em um módulo de alta performance em uma empresa do ramo alimentício, utilizou-se ferramentas e métodos apresentadas pelo sistema empregado na indústria em que o estudo foi realizado, o *Integrated Work System*, para se buscar o objetivo pretendido. Através das ferramentas como o Diagrama de Ishikawa e 6W2H, foi possível reduzir consideravelmente a rejeição da máquina, gerando assim grande economia da matéria-prima para a fábrica e conseqüentemente atingindo maiores lucros.

## **ABSTRACT**

Due to the fact that the market presents itself more and more competitive every day, it is essential to minimize costs and possible losses, in order to maximize the profit margin within any productive activity. In order to reduce the waste impact in a high performance module in a food company, tools and methods presented by the system used in the industry in which the study was carried out, the Integrated Work System, were used to seek the intended objective. Through tools such as the Ishikawa Diagram and 6W2H, it was possible to considerably reduce the rejection of the machine, thus generating great savings in the raw material for the factory and consequently achieving greater profits.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>6</b>
1.1	OBJETIVOS	6
1.1.1	Objetivo geral	6
1.1.2	Objetivos específicos	6
1.2	JUSTIFICATIVA	6
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	<b>8</b>
2.1	Sistema Toyota de Produção	8
2.2	Filosofia KANBAN	8
2.3	Filosofia KAIZEN	9
2.4	Metodologia 5S	10
2.5	<i>Lean Manufacturing</i>	10
2.6	Total Productive Maintenance (TPM)	11
2.7	Sistema Integrado de Trabalho (IWS)	13
2.8	Método <i>Unified Problem Solving</i> (UPS)	14
2.9	Método 6W2H	15
2.10	Diagrama de Pareto	15
2.11	Método Work Point Analysis (WPA)	16
2.12	Diagrama de Ishikawa	16
2.13	<i>Root Cause Analysis</i> (Análise de Causa Raiz)	17
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>18</b>
3.1	Caracterização do estudo de caso	18
3.2	Área de oportunidade	19
3.3	Desenvolvimento	19
3.3.1	Análise dos dados	19
3.3.2	Construção das hipóteses	20
3.3.3	Validação das hipóteses	21
3.3.3.1	Mudança na composição da matéria prima	21
3.3.3.2	Peso ideal do produto	22
3.3.3.3	Profundidade das canaletas do conjunto aparador	23
3.3.3.4	Montagem do conjunto aparador	23
3.3.3.5	Condição básica eletrônica dos controladores do tambor de inspeção	24
3.3.3.6	Ajuste incorreto da conicidade da câmara de sucção	25
3.3.3.7	Quantidade de produtos rejeitados na arrancada da máquina	26
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>29</b>
	REFERÊNCIAS	30

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste trabalho foi reduzir o estrago gerado durante do processo de fabricação de um produto, utilizando as ferramentas de análise do Sistema Integrado de Trabalho (IWS), comprovando assim a sua eficiência.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o estudo do caso, demonstrando a solução de problemas utilizando ferramentas de análise existentes nas metodologias atualmente empregadas nas indústrias.
- Quantificar e qualificar o estrago do produto durante a produção, gerado por falhas nos equipamentos de produção.
- Monitorar a utilização da metodologia das ferramentas de análise para a solução do problema.
- Demonstrar a redução do estrago gerado após a utilização da metodologia, dentro do processo produtivo.
- Quantificar os valores agregados a redução do estrago e os benefícios gerados à companhia.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O projeto retratado neste trabalho surgiu da necessidade de melhorar o resultado de um *Key Performance Indicator* (KPI) de *waste*, que nada mais é que o indicador do estrago da máquina, até então inatingível na linha de produção específica. Desta forma, alinhou-se a metodologia do *IWS* para a solução deste problema, que trouxe como benefício além da entrega do *KPI* um acréscimo direto no *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), indicador da efetividade global

da máquina, uma vez que a qualidade do produto é uma das variáveis influenciadoras do cálculo deste indicador.

A utilização de um processo como o *IWS* é de suma importância para a indústria atual, pois sendo estruturado com uma gama de sistemas de gerenciamento, tal como a *Total Productive Maintenance* (TPM) e outras ferramentas de gestão, proporciona as companhias operações de alto desempenho e seguras.

A utilização da metodologia do *IWS* é empregada não só nas linhas de produção, mas também em setores auxiliares, como utilidades (setor energético), uso dos recursos naturais, coleta seletiva, contabilidade, projetos, dentre as outras áreas que contemplam a cadeia produtiva. Seguindo uma mesma metodologia de padronização, garante-se a confiabilidade de cada processo e, conseqüentemente, resultados esperados.

## **2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1 Sistema Toyota de Produção**

De acordo com Liker (2005), o sistema criado por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno teve embasamento em especialistas de qualidade e nas técnicas de Henry Ford e Frederick Taylor. Ohno e Toyoda constataram que o principal problema do modelo de Ford era o desperdício de recursos e falha na qualidade dos processos, e tomaram estes dois pontos como os principais do modelo Toyota de produção. Seu objetivo é aumentar a produtividade e a eficiência, e evitar desperdício como superprodução, falhas no processo ou inventário sem necessidade.

Segundo Liker e Meier (2007), o modelo Toyota tem a ver com conhecimento tácito (aquele que está na mente de cada colaborador, e que ele adquiriu ao longo do treinamento prático), não conhecimento de procedimentos explícitos.

O princípio do Sistema Toyota de Produção é baseado no conceito de *Lean Manufacturing*, também chamado de produção enxuta. As três principais ideias utilizadas são a racionalização da força de trabalho, o método Just In Time, e a produção flexível, que é a fabricação de pequenos lotes de determinados produtos, de acordo com a demanda do cliente.

### **2.2 Filosofia KANBAN**

Segundo o estudo de Aguiar e Peinado (2007), o Kanban foi instalado historicamente após o final da 2ª Guerra Mundial, quando o Japão percebeu a necessidade de melhorar a qualidade e a produtividade, bem como reduzir os custos dos seus produtos manufaturados. Desta forma, Ohno (1997) adaptou suas observações feitas nos supermercados americanos para a realidade da produção industrial; sendo assim, os montadores que trabalhavam nas linhas de produção eram responsáveis pelo reabastecimento da matéria prima, assim que elas iriam sendo consumidas.

Segundo Shingo (1996, p.223): "os Kanbans e os sistemas Kanban são nada mais do que um meio e sua característica fundamental está na melhoria total e contínua dos sistemas de produção."

Moura (1989, p.27) define que o "Kanban é um método que reduz o tempo de espera, diminuindo o estoque, melhorando a produtividade e interligando todas as operações em um fluxo uniforme ininterrupto". Desta forma deve-se haver um equilíbrio entre as etapas de fabricação, o que é possível através de um controle visual da produção, sem que o processo anterior produza mais do que o realmente necessário.

### **2.3 Filosofia KAIZEN**

Segundo Oliani et al. (2016, p. 57):

“Com o mercado cada vez mais competitivo, as organizações estão buscando diferenciais perante seus concorrentes e para isso utilizam de ferramentas para obter um melhoramento contínuo em seus processos e assim proporcionar um produto/serviço sempre com muita qualidade e que atendam às necessidades de seus clientes.”

De acordo com Imai (1992, p.10) o termo Kaizen é originado da língua japonesa, e significa melhoria contínua. Esta filosofia prega que o “hoje deve ser melhor do que ontem e amanhã melhor do que hoje”.

Segundo Oliani et al. (2016, p. 58) “a ferramenta Kaizen pode ser considerada de processo simples, pois pode atuar em todas as áreas de uma empresa, através de conceitos básicos como organização e disciplina.” Este sistema teve origem oriental e foi trazido para o ocidente pelo professor Masaaki Imai, considerado o pai desta filosofia.

Segundo Oliani et al. (2016, p.66):

“A diferença entre Kaizen e as demais ferramentas de melhoria contínua, é que o Kaizen é baseado em ações, onde as equipes desenvolvem e implementam soluções, criam ou inovam processos já existentes na empresa, e assim não necessitam de altos investimentos.”

Sendo assim, o Kaizen não se resume a uma metodologia elitista, onde há uma dependência dos meios tecnológicos para gerar a melhoria. Além de concentrar os esforços onde realmente importa, dando prioridade às pessoas e orientado aos processos, gerando conhecimento a partir das ações (aprender fazendo).

## **2.4 Metodologia 5S**

De acordo com Fisher et al. (1995) conceito 5S é um modelo de gestão de qualidade de processos criado no Japão em meados do século XX, que possui com base cinco palavras traduzidas para o português como “sensos”. São eles: **Seiri** (Senso de Utilização); **Seiton** (Senso de Organização); **Seiso** (Senso de Limpeza); **Seiketsu** (Senso de Saúde); **Shitsuke** (Senso de Disciplina).

Os principais objetivos dessa metodologia são facilitar a rotina da companhia, tornando as ações cada vez mais produtivas, desenvolver as pessoas no sentido de conscientizá-las da importância de se trabalhar em um ambiente limpo, organizado, para assim reduzir desperdícios e conflitos.

## **2.5 Lean Manufacturing**

Segundo o estudo de Salvado (2014) o *Lean Manufacturing* é um termo caracterizado para representar a filosofia Toyota de produção sendo aplicada nas mais diversas extensões de uma empresa ou negócio. É também conhecido como manufatura enxuta, e tem como foco aumentar a produtividade de forma mais eficiente, e a obtenção de resultados.

Esta filosofia, apesar de ter sido criada na indústria automobilística, tem aplicabilidade em diversos setores sejam eles industriais ou não. O pensamento Lean apresenta cinco princípios básicos:

- Definir o conceito de valor;
- Identificar o fluxo de valor;
- Fluxo contínuo;

- Produção puxada;
- Princípio da perfeição.

De acordo com Womack e Jones (1996, p. 14):

“À medida que as organizações começarem a especificar valor com precisão, identificar o fluxo de valor total, fazer com que os passos para a criação de valor fluam continuamente, e deixar com que os clientes puxem o valor, uma situação interessante começa a ocorrer. O processo de redução de esforço, tempo, espaço, custos e erros é infinito, e oferece um produto que se aproxima mais do que o cliente realmente quer, e de repente, a perfeição não parece uma ideia maluca”.

Segundo Ohno (1997), o pai desta filosofia: "Tudo o que fazemos é olhar para a linha do tempo, do momento em que o cliente nos dá um pedido até quando recebemos o pagamento. E estamos reduzindo este tempo removendo os desperdícios”.

## **2.6 Total Productive Maintenance (TPM)**

A *Total Productive Maintenance* teve início na década de 70 no Japão, sendo considerada uma variação ampliada da Manutenção Preditiva criada nos EUA na década de 50. A *TPM* é uma filosofia que enfoca e valoriza o relacionamento efetivo do time operacional com o equipamento e suas funções, objetivando a redução das perdas através do melhoramento contínuo das habilidades das pessoas e do desempenho do equipamento, desenvolvendo o sentimento de dono no time operacional.

A *TPM* tem como foco a redução da indisponibilidade dos equipamentos (quebras, pequenas paradas, trocas de marca, máquina disponível, porém improdutiva), melhoria nos índices de qualidade do produto, redução nos custos de manutenção e estoque e aumento da produtividade e disponibilidade da instalação industrial.

A *TPM* é constituída pelos pilares de melhoria contínua, manutenção autônoma, manutenção planejada, educação e treinamento, controle inicial, manutenção da qualidade, *TPM* administrativa e segurança. Todos os pilares

são sustentados pela metodologia do 5S, que é considerada um fator chave para o sucesso e a sustentabilidade da implementação da *TPM*.

O pilar de melhoria contínua contempla todas as ferramentas que maximizam a eficiência dos equipamentos, do processo e da qualidade do produto, buscando zero perdas, defeitos e estragos gerados pela produção. Desta forma, a análise crítica do problema promove a implementação de medidas que promovem a melhoria, como *pokayoke*, ajuste padrão (*CL*) e mudanças na engenharia do equipamento. Além de rotinas que garantem a manutenção da performance do equipamento.

O pilar de manutenção autônomo promove aos operadores a essência de dono do equipamento. Desta forma, fazendo pequenas manutenções diárias que são as grandes responsáveis pela performance do equipamento, como limpeza, lubrificação e inspeções. Uma vez que o conhecimento técnico é detido pelo time operacional, há uma autonomia que o capacita a agir de uma forma mais rápida, prevenindo quebras ou uma redução na performance do equipamento.

O pilar de manutenção planejada é a mudança do pensamento corretivo em proativo, através da implementação da manutenção preventiva e preditiva. A manutenção preventiva contempla os planos de manutenção criado pelo fabricante e pelo time técnico da empresa, de forma a garantir a performance do equipamento. Tais manutenções têm base o horímetro das máquinas de forma a garantir a troca ou reparo de componentes em que a probabilidade de falha é alta após um período de atuação.

A manutenção preditiva faz a análise da vibração dos motores e mancais de forma a garantir que tal componente não se encontra em falha, sabendo qual o nível de ruído do componente sabe-se em quanto tempo deve haver a troca, podendo ser de forma planejada de modo urgente ou podendo esperar uma outra parada programada do equipamento.

O pilar de educação e treinamento tem como característica reter e difundir o conhecimento das pessoas mais experientes, de forma a normalizar o nível de conhecimento do time, melhorando a qualidade do serviço operacional.

O pilar de controle inicial tem como função a documentação de todas as melhorias, visando a aquisição de novos equipamentos e/ou desenvolvimento de projetos com a máxima eficiência.

A manutenção de qualidade tem como premissa criar condições para o alcance da filosofia de zero defeitos, desenvolvendo ações preventivas de modo a minimizar os defeitos de qualidade dos produtos.

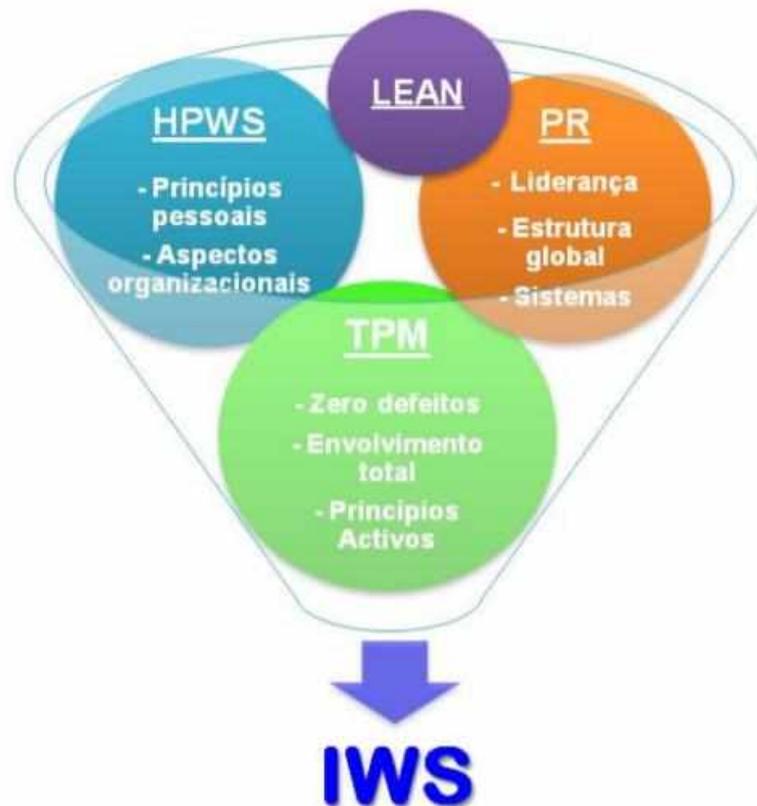
O pilar da *TPM* Administrativo visa a melhoria da produtividade e eficiência das funções administrativas, buscando a automatização de funções além de analisar os processos e procedimentos que são regidos no escritório. Tal pilar busca reduzir as perdas por procedimentos, falhas de comunicação, períodos de inatividade e reclamações dos clientes quanto a logística.

O pilar de EHS gerencia as fontes de risco do local de trabalho, buscando reduzir a zero o número de acidentes e incidentes. Ferramentas de análise são utilizadas para mitigar os acidentes, como a conscientização para a utilização dos EPIs, “olhos no caminho” e o seguimento das premissas das NRs (trabalho em altura, temperatura, aprisionamento, dentre outras).

## **2.7 Sistema Integrado de Trabalho (IWS)**

O Sistema de Trabalho Integrado é uma metodologia desenvolvida pela P&G® com o objetivo de melhorar a confiabilidade da fabricação na indústria, reduzindo custos e elevando a produtividade.

Segundo Manfredini (2009), antes de alcançar o IWS, a empresa Procter e Gamble baseou sua gestão em outras ferramentas, como a *Total Productivity Maintenance* (TPM), *Plant Reliability* (PR) e *High Performance Working System* (HPWS). Por volta dos anos 2000 a empresa concluiu que para se ter uma melhoria nos resultados, a melhor forma seria integrando os três conceitos, nascendo assim o IWS, conforme a Figura 1.



**Figura 1.** Sistema de trabalho integrado. Fonte: Manfredini (2009).

## 2.8 Método *Unified Problem Solving* (UPS)

O UPS nada mais é do que uma solução unificada de problemas. É um método utilizado para resolver um problema após aplicar as ferramentas de gestão diária sem sucesso. Em síntese, se utilizam várias ferramentas de soluções de problemas, para se gerar uma contramedida a algum problema.

Esta ferramenta identifica múltiplas causas e fornece contramedidas e soluções sustentáveis.

O processo do UPS se dá da seguinte forma:

- Entender a situação
- Investigação da causa raiz
- Implementar, avaliar contramedida
- Sustentar resultados
- Padronizar e reaplicar

O UPS deve começar com a resposta para uma pergunta mais ampla: “Qual é o problema?”. Através de dados, deve-se investigar e definir qual é o problema que será tratado. A partir desta premissa, se começa a utilizar as ferramentas de gestão de problemas.

## 2.9 Método 6W2H

O 6W2H é utilizado para se reunir informações sobre um problema de maneira organizada. Os 6 “W’s” (*what, who, when, where, why, with*) e os 2 “H’s” (*how e how much*) são demonstrados na Tabela 1: (PALADINI, 2010).

**Tabela 1. Modelo de 6W2H**

<b>W’s e H’s</b>	<b>Definição</b>
What (o que)	O que será feito?
Who (quem)	Quem será envolvido?
When (quando)	Quando irá acontecer?
Where (onde)	Onde será realizado?
Why (por quê)	Motivo da ação ser feita
With (com o que)	O que será utilizado para a ação
How (como)	Detalhamento da metodologia a ser utilizada
How Much (quanto)	Quantia de recurso necessário

Fonte: Adaptado de Paladini (2000)

## 2.10 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é baseado no princípio de que 80% do problema vem de 20% das causas. Ainda que as porcentagens possam não ser exatamente de 80 para 20, são muitos problemas menores e apenas alguns mais graves (SALES,2013).

Este método é um gráfico de barras que representa a frequência de ocorrência ou o custo de certo problema, ou seja, mostra visualmente quais problemas produzirão os maiores ganhos se forem trabalhados, podendo assim, definir o foco do trabalho a ser feito.

## 2.11 Método Work Point Analysis (WPA)

O *Work Point Analysis* (WPA), é um método utilizado para entender a inter-relação entre equipamento e sistema. (MANFREDINO,2009).

É uma ferramenta muito útil para realizar testes ou estudos em pontos específicos do equipamento. No WPA, analisa-se uma parte do equipamento onde foi detectado um problema (*work point*), e são detalhadas as partes da máquina e do processo que acontece naquele ponto.

## 2.12 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa e é também conhecido como diagrama de “Causa e Efeito”, ou diagrama “Espinha de Peixe”. Este diagrama mostra a relação entre uma característica de qualidade (efeito) e seus fatores (causas). O número de causas pode ser elevado, então estas devem ser organizadas em famílias: matérias primas, máquinas, medidas, meio-ambiente, mão-de-obra, e método, como mostra a Figura2.

- Matéria-prima: Possíveis problemas de qualidade, ou condição inadequada das mesmas;
- Máquinas: Condições que estejam fora dos parâmetros de base do equipamento e possam causar mal funcionamento do maquinário;
- Medidas: Processos que possam estar descalibrados e apresentando informações incorretas;
- Meio-ambiente: Local de trabalho com condições impróprias, como temperatura, iluminação, falta de limpeza;
- Mão-de-obra: Possíveis falhas humanas no processo;
- Método: Práticas incorretas que precisam de atualização.

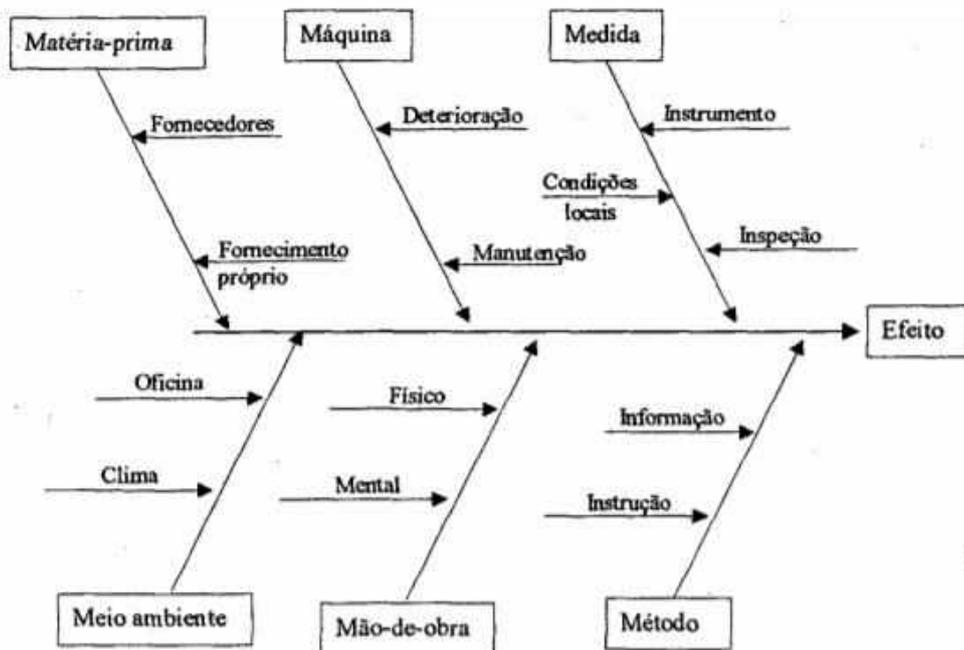


Figura 2. Diagrama de Ishikawa. Fonte: Sakurada (2001)

### 2.13 Root Cause Analysis (Análise de Causa Raiz)

Segundo Dobashi e Côrrea (1999), a análise de causa raiz é todo o processo de identificação, análise e correção dos fatores de causa de problemas, englobando uma variedade de técnicas informais e estruturadas.

Deve-se tomar cautela para distinguir sintoma de causa raiz. Um sintoma é a evidência que indica a existência de algo errado, ou seja, ele é a manifestação do problema e não a sua causa. Já a causa raiz, é aquela razão que mais contribui para uma condição indesejável, e, se for corrigida, será uma barreira para a recorrência do problema.

A análise de causa raiz é uma ferramenta para se construir uma melhoria na produtividade e na qualidade de um produto ou processo. Ela tem caráter investigativo, no sentido de identificar e analisar as causas mais profundas de algum problema ou condição anormal. Trazendo assim melhora na qualidade e na produtividade, garantindo uma redução de custos.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização do estudo de caso

O estudo foi realizado em uma indústria do ramo alimentício, durante o período de outubro/2019 a dezembro/2019. A empresa atua em toda a cadeia produtiva, desde o estudo da semente à distribuição do produto. Além do mercado doméstico a companhia também atua na exportação, tanto do produto final quanto da matéria pré-condicionada.

A fábrica é dividida em módulos de produção compostos pelas *makers* e *packers*. A máquina de fabricação do produto (*maker*) é dividida em três grupos, o grupo de recebimento e homogeneização das quantidades de matéria prima que serão aplicadas na formação do produto, o grupo de formação do produto e o grupo de corte.

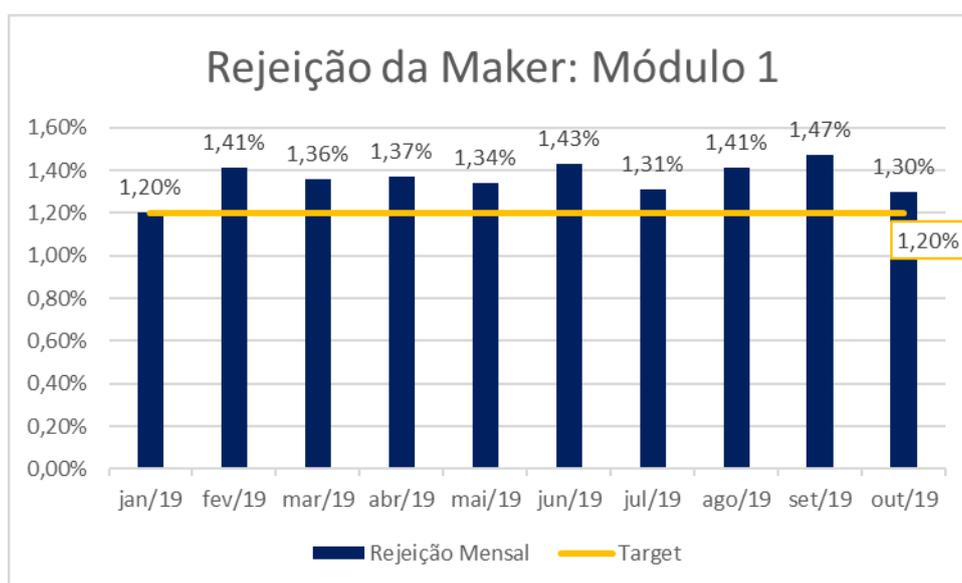
A parte de *packaging* é composta por três máquinas, a máquina de encarteiramento, celofanadora e a empacotadora. Há vários formatos de encarteiramento, que varia com o público, estado ou país e faixa etária que se deseja atingir. Nacionalmente é comercializado carteiras contendo 20 unidades do produto, porém a exportação flexibiliza esse número, tendo marcas com apenas 10 unidades.

O segundo grupo da parte de *packaging* é a celofanadora, maquinário responsável por cobrir a carteira com o polipropileno (filme plástico). Este grupo é finalizado com a empacotadora, responsável por unir as carteiras em um único pacote.

Durante o processo de fabricação do produto a *maker* é responsável por gerenciar os aspectos físicos e qualitativos, rejeitando automaticamente as unidades que não se enquadram nas métricas exigidas para cada marca. Os aspectos físicos consistem na circunferência do produto e na disposição da matéria prima ao longo do produto. Os aspectos qualitativos medidos consistem basicamente no peso do produto e na ventilação dele. A ventilação é responsável pela sensação que o consumidor terá ao consumir cada marca.

### 3.2 Área de oportunidade

As rejeições representam um custo mensal no orçamentário da fábrica. Nesta linha produtiva em questão, a representatividade perante toda a fábrica era de 20%, por se tratar de uma linha de alta produtividade. Além do custo causado pela rejeição, desde a instalação da máquina não se havia atingido um resultado sustentável para tal parâmetro, como evidenciado na Figura 3, o qual apresenta os resultados de estrago da *maker* de um dos módulos da fábrica referente ao ano de 2019. O projeto desenvolvido, tinha como resultado esperado reduzir a porcentagem do estrago a pelo menos 1,20%.



**Figura 3.** Percentual de rejeição da *maker* de um dos módulos da fábrica. No período de janeiro a outubro de 2019. Fonte: Autores (2021)

### 3.3 Desenvolvimento

#### 3.3.1 Análise dos dados

O projeto foi estruturado seguindo a metodologia do UPS. Desta forma, a análise dos dados foi estruturada à partir da ferramenta 6W2H, resultando no seguinte padrão: os principais motivos para a alta rejeição eram a ausência de matéria prima no produto e a quantidade de produtos que a máquina rejeitava automaticamente durante o processo de arrancada. O primeiro motivo

representava 45,82% da rejeição total e o segundo com uma representatividade de 26.99%.

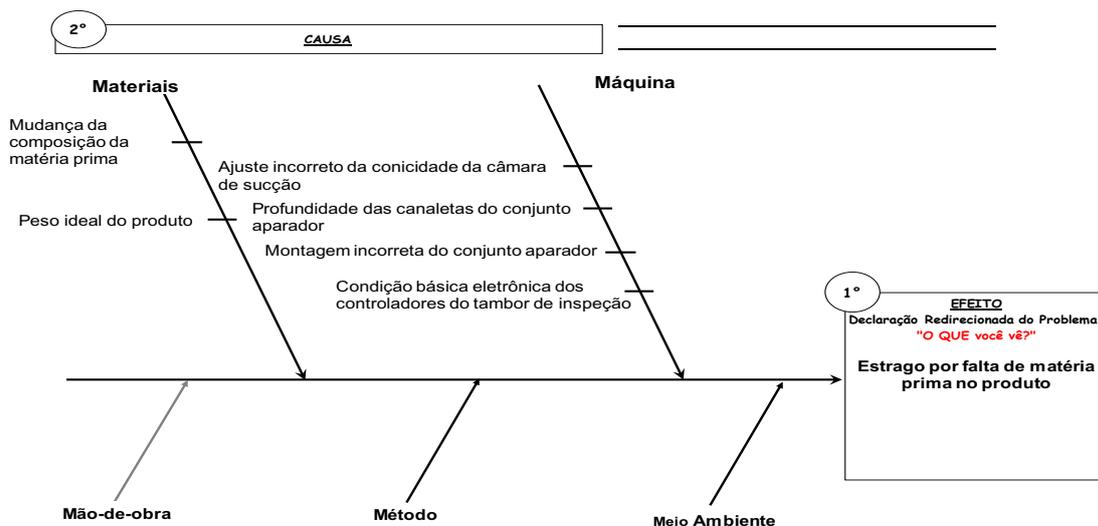
Esses percentuais rejeitados eram independentes das marcas que estavam sendo produzidas, já que elas apresentavam resultados de rejeição semelhantes e acima do *target*.

A análise também contemplou a participação de cada turno no total de produto rejeitado. Sendo assim, do total, 32,7%, 33,1% e 34,2% representavam as rejeições do 1º, 2º e 3º turno respectivamente.

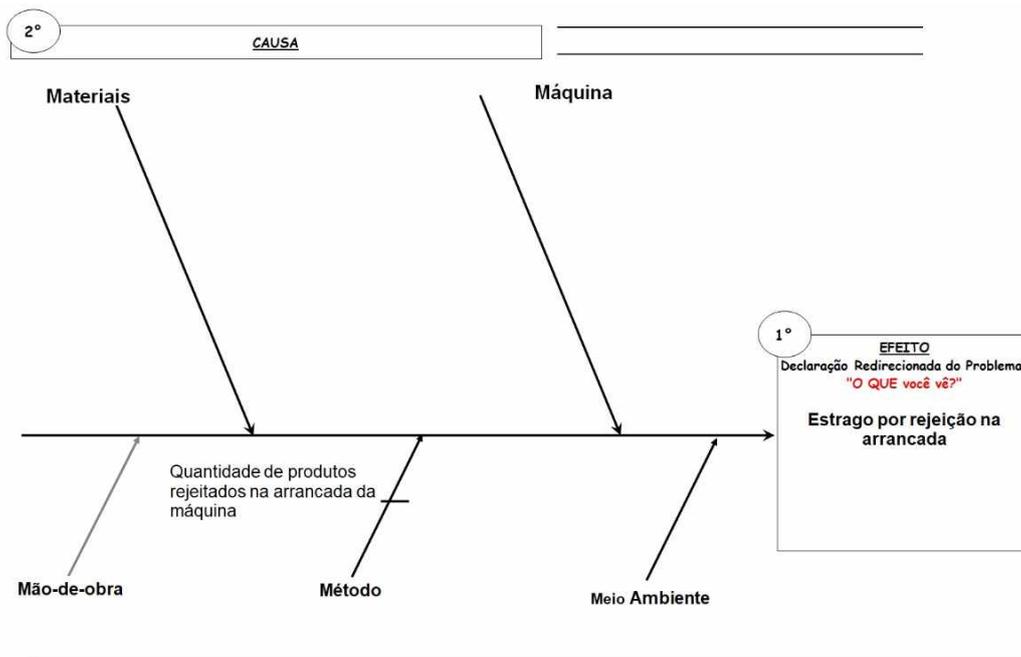
Concluindo a parte analítica, tinha-se um problema de condicionamento de máquina, já que nenhum parâmetro externo à construção do produto (pessoas, marcas e tempo) influenciava nos percentuais de rejeição.

### 3.3.2 Construção das hipóteses

Após o levantamento e análise dos dados, reuniu-se o time técnico para a construção das hipóteses embasadas na metodologia do *Ishikawa*. Desta reunião sete hipóteses foram apontadas para a validação, sendo cinco possíveis causas para a ausência de matéria prima no produto e uma possível causa para a quantidade de produtos rejeitados na arrancada da máquina, como mostram as espinhas de peixe apresentadas nas Figuras 4 e 5.



**Figura 4.** Espinha de peixe para o estrago gerado pela falta de matéria prima no produto.  
Fonte: Autores (2021)



**Figura 5.** Estrago gerado pela rejeição automática do produto na arrancada da máquina. Fonte: Autores (2021)

### 3.3.3 Validação das hipóteses

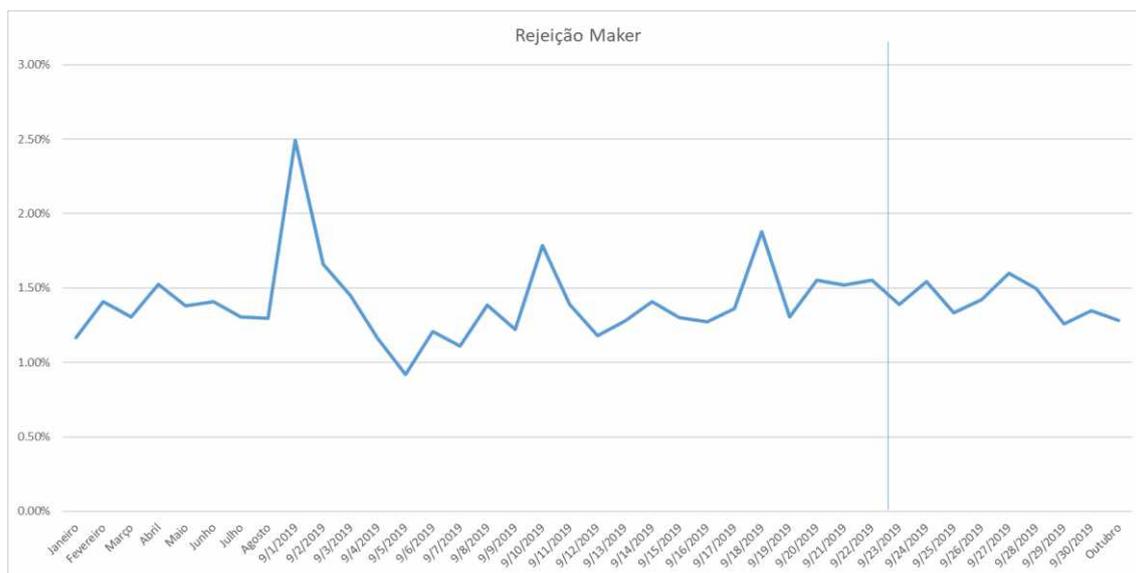
Passando para a terceira etapa da metodologia do UPS, iniciou-se o processo de validação das hipóteses, na qual todos os pontos levantados na reunião com o time técnico deveriam ser validados.

#### 3.3.3.1 Mudança na composição da matéria prima

Pouco tempo antes do início do projeto, havia ocorrido uma mudança nas proporções das variedades de matéria prima que compõem o *blend*. A hipótese levantada pelo time técnico era que essa mudança recente estaria impactando na formação do produto e consequentemente aumentando a rejeição.

Foi analisado o gráfico de rejeição da máquina nos períodos anterior e posterior ao início da produção com a nova matéria prima. A conclusão da análise foi a invalidação da hipótese, já que na linha produtiva analisada a porcentagem média de rejeição se manteve, como observa-se na Figura 6. Sendo assim, o fumo não estaria impactando na rejeição do cigarro.

No gráfico abaixo a linha vertical representa o início da produção com a nova matéria prima.



**Figura 6.** Estrago antes e depois da produção com uma nova matéria prima. Fonte: Autores (2021)

### 3.3.3.2 Peso ideal do produto

A segunda hipótese levantada no *Ishikawa* era quanto ao peso ideal do produto, embora na análise 6W2H a conclusão tenha sido a independência do peso do produto na rejeição. O motivo para o apontamento dessa variável era a dificuldade de controlar a formação do produto com um peso muito baixo, desfavorecendo uniformidade da disposição da matéria prima, como apresentado um comparativo na Tabela 2.

**Tabela 2.** Variação do peso do produto de três marcas produzidas

Marca	Peso do produto (mg)
A	869
B	835
C	811
<b>Média</b>	<b>838,3</b>

Fonte: Autores (2021)

A marca mais difícil de controlar a formação era a C. Desta foram estruturados testes para validar qual seria o menor peso possível para uma formação controlada e alta produtividade. O peso alcançado e validado pelo controle de especificação do produto foi o de 820 mg.

Desta forma, validou-se a hipótese do peso do produto, pois um maior peso favorece uma melhor deposição da matéria prima no produto, impedindo a falta e consequentemente reduzindo a rejeição do produto final.

### **3.3.3.3 Profundidade das canaletas do conjunto aparador**

A terceira hipótese apontada foi quanto à profundidade das canaletas do conjunto aparador, apresentada na Figura 7. Como já apresentado, o conjunto aparador é responsável controlar a deposição da matéria prima dentro do produto. Quanto maior a profundidade da canaleta maior a quantidade de matéria prima alocada.

Foi questionado ao fabricante do equipamento quanto à profundidade ideal da canaleta. A resposta obtida foi de que a profundidade das bolsas já estava no padrão (3 mm), invalidando a hipótese.



**Figura 7.** Canaletas do conjunto aparador. Fonte: G.D SpA (2020)

### **3.3.3.4 Montagem do conjunto aparador**

A quarta hipótese apontada foi quanto a montagem correta do conjunto aparador. O conjunto é composto pelos discos, itens 2a e 2b da Figura 8, e por um raspador, item 13 da mesma figura, responsável por remover o excesso de matéria prima. Com os ajustes errados do conjunto e a montagem incorreta do raspador reduz-se a eficiência do grupo, comprometendo a formação do produto.

Juntamente com o fabricante foram verificados todos os ajustes, como indicado na Figura 8, e o posicionamento do raspador. Os ajustes medidos estavam de acordo com a indicação do manual, porém notou-se que o raspador estava montado de forma invertida, validando a hipótese.

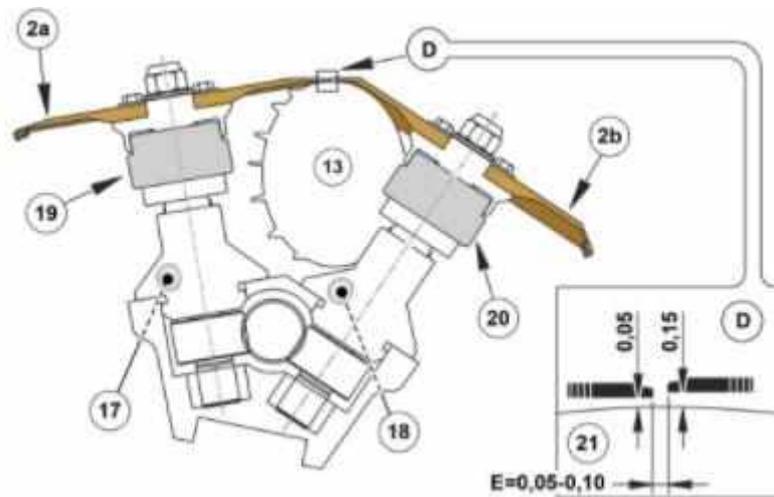


Figura 8. Ajustes do conjunto aparador. Fonte: G.D SpA (2020)

### 3.3.3.5 Condição básica eletrônica dos controladores do tambor de inspeção

O tambor de inspeção do produto, é o grupo responsável por fazer o controle de alguns parâmetros de qualidade do produto produzido. A hipótese apontada para esse grupo era quanto a eficiência do controle de rejeição.

Para testar a hipótese foram inspecionados os produtos rejeitados antes e após o processo de calibração.

O grupo rejeita os produtos com uma má deposição da matéria prima através de um sensor óptico, ou seja, o sensor emite uma luz infravermelha que é incidida sobre a periferia do produto. É feita uma leitura dessa luz que varia com a deposição da matéria prima. Dependendo da leitura do sensor ele entende que o produto está irregular, caracterizando-o como defeituoso. Sendo assim, a calibração é feita indicando para a máquina, através de parâmetros eletrônicos, qual a leitura ideal do sensor em relação ao produto que está sendo analisado.

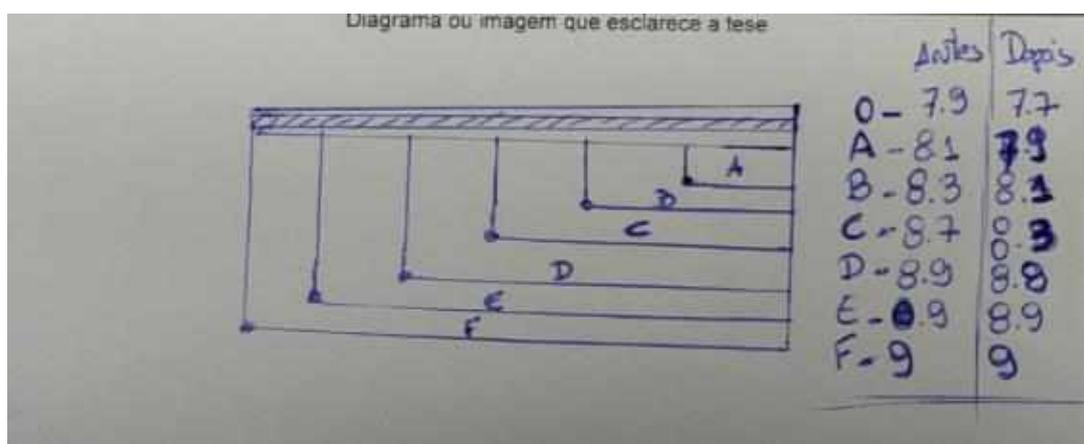
Os produtos foram inspecionados pelo setor de qualidade que apontou não haver uma melhora após a calibração do sistema, sendo assim, os produtos

rejeitados estavam com má formação. A informação disponibilizada pelo setor de qualidade invalidou a hipótese de qualquer falha no sistema de rejeição da máquina.

### 3.3.3.6 Ajuste incorreto da conicidade da câmara de sucção

A câmara de sucção é o grupo responsável por iniciar o processo de compressão da matéria prima para a formação do produto na câmara de formação. Ela é construída por duas canaletas cônicas com seis pontos de ajuste, tendo uma menor abertura na parte mais externa abrindo a conicidade quando se aproxima da câmara de formação. Os seis pontos de ajuste permitem uma maior maleabilidade de atuação, podendo ser ajustado de acordo com a propriedade da matéria prima que se está utilizando. Essa elaboração da câmara dá-se pelo atributo expansivo da matéria prima.

O manual de ajuste fornecido pela fabricante indica um ponto de partida, ou seja, ajuste iniciais que devem ser adequados de acordo com a matéria prima e com o peso do produto, como indica na Figura 10. Sendo assim, para realizar a intervenção foi requisitada a ajuda da fabricante, que ajustou os pontos conforme indicado na Figura 9.



**Figura 9.** Ajustes após a intervenção do fabricante. Fonte: Autores (2021)

Após 24 horas da intervenção notou-se uma melhor deposição da matéria prima no produto, além de uma redução da rejeição de 1,32% para 1,12%. Com a análise do time da qualidade, validou-se a hipótese.

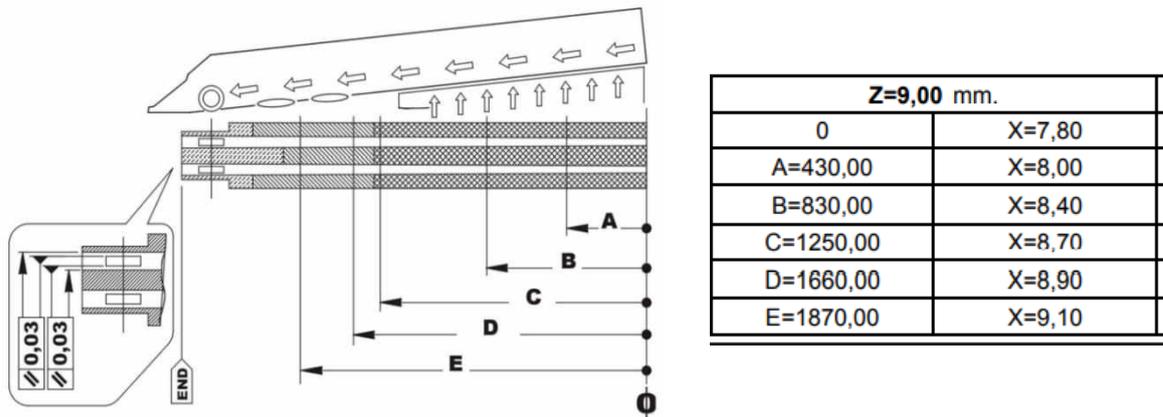


Figura 10. Ajustes indicados no manual do fabricante. Fonte: G.D SpA (2020)

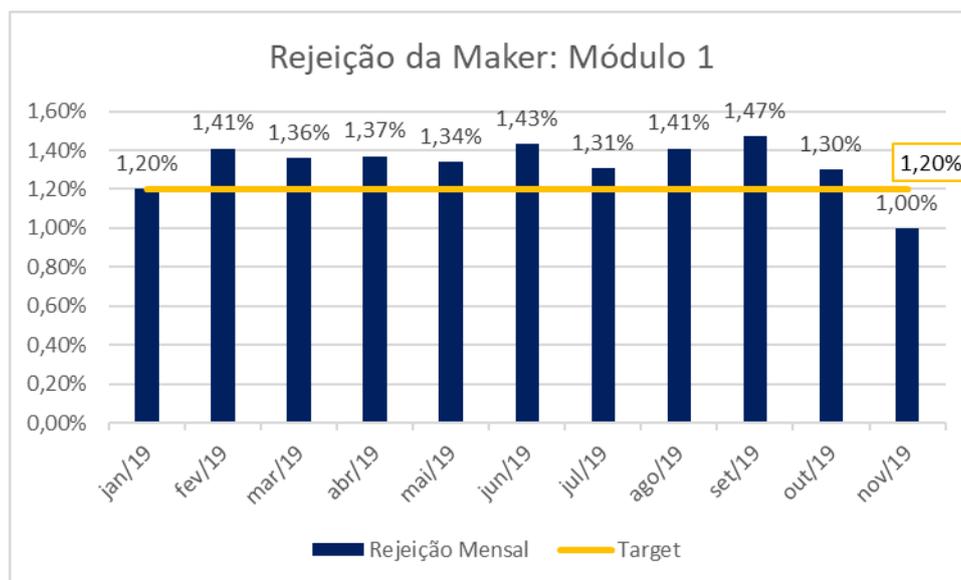
### 3.3.3.7 Quantidade de produtos rejeitados na arrancada da máquina

Durante o processo de arrancada produtiva do equipamento a máquina rejeita automaticamente uma determinada quantidade de produtos para assegurar a qualidade final. Sendo assim, a hipótese apontada foi a de que o parâmetro estaria mal dimensionado, aumentando o percentual final da rejeição.

Para validar a hipótese foi alterado o valor do parâmetro “descarte final” de 300 para 50 unidades do produto. A análise foi acompanhada pelo time da qualidade da fábrica, sendo o objetivo verificar se a rejeição de apenas 50 unidades seria suficiente para garantir a qualidade requerida. Após o acompanhamento por 1 turno não se notou uma deficiência do sistema de rejeição, ou seja, os produtos após a rejeição inicial garantiam a qualidade. Sendo assim, a hipótese foi tomada como verdadeira.

## 4 RESULTADOS

As intervenções tiveram a duração de uma semana. Após a validação das hipóteses já era representativa a mudança no percentual da rejeição que ao final do mês alcançou o resultado de 1,0%, conforme apresentado na o Figura 11, mudando o patamar do KPI.



**Figura 11.** Percentual de rejeição da *maker* de um dos módulos da fábrica de janeiro a novembro de 2019. Fonte: Autores (2021)

Para sustentar o resultado alcançado no mês de novembro de 2019, contramedidas foram criadas para cada hipótese validada. Seguindo o fechamento do Ishikawa, foram validadas por: uma hipótese das causas por materiais, duas hipóteses das causas por máquina e uma hipótese das causas por método.

Devido à causa por materiais, foi alterada a especificação do produto pelo setor da qualidade, estabelecendo o mínimo peso que viabilizasse produzir o produto com sua qualidade assegurada.

Em relação às causas por máquina, foi criado um treinamento para a montagem correta dos grupos aparadores, transferindo o conhecimento técnico da fabricante do equipamento para os técnicos da empresa estudada. A outra contramedida implementada foi uma gestão visual dos ajustes da câmara de sucção, garantindo assim que, sempre que necessário qualquer outra intervenção na área, os ajustes seriam de conhecimento de todos.

Para a causa por método, o valor do parâmetro de descarte final foi salvo na receita de parâmetros da máquina. Sendo assim, independentemente da marca a ser produzida o valor será sempre padrão.

## 5 CONCLUSÃO

Para uma máquina com tanta complexidade, pequenos ajustes e intervenções tem a capacidade de mudar drasticamente a configuração e a performance, como apresentado neste trabalho. E são em casos como este que as ferramentas do IWS são de grande valia, com o auxílio na estruturação do problema e direcionamento do raciocínio para a solução do problema, partindo sempre de atuações mais simples para os mais complexos.

Em um ambiente fabril, no qual a pressão por produção é muito alta e a cadeia de estoque é reduzida, cada percentual produtivo tem o seu valor, principalmente quando se trata diretamente a qualidade do produto.

Diante deste cenário que o IWS se torna tão importante, pois muito além de um direcionamento através de ferramentas de análise, ele gerencia todos os indicadores da fábrica, que geram contramedidas para cada vez mais melhorar o processo de fabricação, disseminando e padronizando conhecimento, oferecendo um ambiente seguro para o trabalho, alcançando altos percentuais de OEE, garantindo a cadeia de estoque e aumentando as vendas do produto.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, G. F.; PEINADO, J. **Compreendendo o Kanban: Um Ensino Interativo Ilustrado**. da Vinci, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 133-146, jan. 2007.

BASTOS, B. C.; CHAVES, C. Aplicação de Lean Manufacturing em uma Linha de Produção de uma Empresa do Setor Automotivo. In: **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2006, Resende – RJ. 16 p.

DOBASHI, T.; CORRÊA, F. **Análise de causa raiz: técnicas e aplicações**. 1999. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/1999/PDF/CG06AD.PDF>> Acesso: 27 abr. 2021.

FISCHER, Tânia; HEBER, Florence; TEIXEIRA, Ângela. Desafio da qualidade e os impactos das transformações em organizações baianas. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 1, p. 56-69, 1995.

G.D S.p.A (Itália) (ed.). **MANUAL DE REGULAGENS MECÂNICAS 121P - 20K**. Bologna: **G.D S.p.A**, 2020. 531 p.

IMAI, M. **Kaizen – A Estratégia para o Sucesso Competitivo**. São Paulo: IMAM, p. 10, 1992.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. 8. Edição, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O modelo Toyota: Manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MANFREDINO, A. Manutenção autónoma em operações na Procter & Gamble. Dissertação (mestrado) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 84 f. Porto. 2009.

MOURA, R. A. **A simplicidade do controle de produção**. 3.ed. São Paulo: IMAN, 1989.

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

OLIANI, L. H.; PASCHOALINO, W. J.; OLIVEIRA, W. Ferramenta de melhoria contínua kaizen. **Revista Científica do Centro Universitário de Araras**, Araras, v. 12, p. 57-67, jan. 2016.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. In: Gestão da qualidade: teoria e prática. 2010.

SAKURADA, E. Y. As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 145 f. 2001.

SALES, M. Diagrama de pareto. **EALDE Business School**, v. 7, 2013.

SALVADO, F. M. N. O (Lean) Six Sigma como estratégia para o aumento da competitividade na Logística Farmacêutica. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão dos Transportes e Logística, Instituto Superior de Gestão, Lisboa, 105 f. 2014.

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

WOMACK, J. P; JONES, D.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Ed 14. Rio de Janeiro. Campus, 1992.