

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LUCAS NORONHA OKANO
PEDRO HENRIQUE FERRARESI BLOSFELD

**UTILIZAÇÃO DE UM SOFTWARE DE CONTROLE PARA
IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS: ESTUDO DE CASO EM UMA
EMPRESA DO RAMO ALIMENTÍCIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
(Tcc 2)

CURITIBA

2019

LUCAS NORONHA OKANO

PEDRO HENRIQUE FERRARESI BLOSFELD

**UTILIZAÇÃO DE UM SOFTWARE DE CONTROLE PARA
IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS: ESTUDO DE CASO EM UMA
EMPRESA DO RAMO ALIMENTÍCIO**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Tcc 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Mestre, Osvaldo Verussa Junior

CURITIBA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "UTILIZAÇÃO DE UM SOFTWARE DE CONTROLE PARA IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO RAMO ALIMENTÍCIO", realizado pelo aluno(s) Lucas Noronha Okano e Pedro Henrique Ferraresi Blosfeld, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Me. Osvaldo Verussa Junior

DAMEC, UTFPR

Orientador

Prof. Me. Adriano Perpétuo de Lara

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Prof. Dra. Cleina Yayoe Okoshi

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Curitiba, 18 de novembro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente às nossas famílias, por todo apoio, confiança que a nós foi dado, pelo amor e compreensão que nos ajudaram a passar por esta etapa.

Agradecemos aos professores do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná por toda a dedicação e ensinamentos. Especialmente ao Professor Me. Osvaldo Verussa Junior pelas valiosas contribuições para este trabalho.

Agradecemos também aos amigos e companheiras pelo apoio em todos os momentos, inclusive de ausência.

RESUMO

Okano, Lucas; Blosfeld, Pedro. Utilização de um software de controle para identificação de falhas: Estudo de caso em uma empresa do ramo alimentício. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tcc2, Bacharelado em Engenharia Mecânica, Departamento Acadêmico de Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

A busca constante pela melhoria dos produtos e processos tem levado a diversos estudos, que passam desde a supervisão e controle da produção até a detecção e correção de falhas, recebendo grande atenção da empresa e seus acionistas. A partir da utilização de um software de controle que indica as falhas de uma linha, o estudo das ferramentas de qualidade e seus efeitos sobre as perdas, foi possível ter conhecimento para entender e atuar nessas falhas para reduzir desperdícios. Em uma empresa do setor alimentício localizada no Paraná, através da observação dos indicadores do software e demais dados extraídos da linha durante três meses, identificou-se uma grande perda devido a pequenas paradas no processo de envase de pó para suco, foi criada uma equipe multifuncional para identificação de causas dessas paradas e possíveis melhorias para o equipamento escolhido. Posteriormente a aplicação das contramedidas e acompanhamento dos indicadores em três meses, foram obtidos resultados significativos e suficientes para uma análise mais profunda. As melhorias obtidas foram a erradicação de pequenas paradas pelo defeito identificado até o presente momento de elaboração do trabalho, redução 50.000 embalagens para refugo mensal e um aumento na casa dos 10% na eficiência do equipamento.

Palavras-chave: Produtividade. Eficiência global. Manutenção total produtiva. Kaizen. Shoplogix.

ABSTRACT

Okano, Lucas; Blosfeld, Pedro. Use of a fault identification control software: A case study company food industry. 64 p. Undergraduate Thesis, Mechanical Engineering, Academic Department of Mechanical, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

The constant search for the improvement of products and processes has led to several studies, ranging from production supervision and control to fault detection and correction, receiving great attention from the company and its shareholders. From the use of control software that indicates the faults of a line, the study of quality tools and their effects on losses, it was possible to have knowledge to understand and current in these faults to reduce waste. In a food company located in Paraná, by observing the software indicators and other data extracted from the line for three months, a large loss was identified due to small stops in the process of filling the juice powder, a team was created. multifunctional device to identify the causes of these stops and possible improvements to the chosen equipment. Subsequent to the application of the countermeasures and monitoring of the indicators within three months, significant and sufficient results were obtained for further analysis. The improvements obtained were the eradication of small stops due to the defect identified to date, a reduction of 50,000 packages for monthly refuse and a 10% increase in equipment efficiency.

Keywords: Productivity. Overall efficiency. Total productive maintenance. Kaizen. Shoplogix.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os oito pilares da TPM	22
Figura 2 - Leiaute do software	27
Figura 3 - Fluxograma do projeto	31
Figura 4 - Eficiência Global da linha PK4000C em 20/03/2019	33
Figura 5 - Status dos KPIs – Bebidas	34
Figura 6 - Princípio de funcionamento da envasadora	43
Figura 7 - Croqui do rolo central	44
Figura 8 - Diagrama de Ishikawa	48
Figura 9 - Critério de validação	49
Figura 10 - Fotografia do rolo central antes do kaizen	57
Figura 11 - Representação 3D do rolo central antes do kaizen	57
Figura 12 - Rolo central após o kaizen	58
Figura 13 - Representação 3D do rolo central após o kaizen	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Estratificação de rendimentos (GE) da planta de Dry mix de P10 a P12 de 2018	35
Gráfico 2 - Estratificação de perdas de P10 a P12 de 2018 – PK4000C	36
Gráfico 3 - Estratificação do modo de falha de P10 a P12 de 2018	37
Gráfico 4 - Meta preliminar	45
Gráfico 5 - Rendimento mensal da linha PK4000C	55
Gráfico 6 - Modos de falha de PK4000C de 02/19 a 05/19	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pontos para melhoria da eficiência produtiva	18
Quadro 2 - Implantação da manutenção autônoma	22
Quadro 3 - 8 Grandes falhas	28
Quadro 4 - 5W1H	39
Quadro 5 - Quadro de perguntas SMART	45
Quadro 6 - Cronograma e plano de trabalho	46
Quadro 7 - 5 Por Quês?	50
Quadro 8 - Modos de falha observados	51
Quadro 9 - Contramedidas	52
Quadro 10 - Classificação de contramedidas	52
Quadro 11 - Mudanças implementadas no rolo central	54

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

5W1H	Why, who, when, wich, where, how (Por quê, quem, quando, qual, onde, como)
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção
CPS	Sistemas cibernético-físicos
DMU	Decision making unit (Unidade tomadora de decisão)
FNQ	Fundação Nacional da Qualidade
GE	Global efficiency (Eficiência Global)
IoT	Internet das coisas
KPI's	Key performance indicators (Indicadores chave de performance)
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Eficiencia operacional maxima)
PDCA	Plan, Do, Check, Act (Planeje, faça, verifique, atue)
RCM	Reliability Centered Maintenance (Manutenção centrada em confiabilidade)
SMART	Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Time-based (Especifica, Mensuravel, Alcançavel, Relevante, Temporal)
TMEF	Tempo médio entre falhas
TMPF	Tempo médio para falhas
TMPR	Tempo médio para reparos
TPM	Manutenção Total Produtiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	122
1.1	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.3	JUSTIFICATIVA	15
1.4	CONTEÚDO OU ETAPAS DO TRABALHO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	INDICADORES DE DESEMPENHO	17
2.2	PERDA DA EFICIÊNCIA	19
2.3	TEORIA DA MANUTENÇÃO TOTAL PRODUTIVA (TPM)	20
2.4	IMPORTÂNCIA DO CONTROLE DA PRODUÇÃO	24
2.5	INDICADORES EM TEMPO REAL PARA AUXÍLIO DE TOMADAS DE DECISÕES	25
2.6	SOFTWARE DE CONTROLE	26
2.7	METODOLOGIA KOBETSU KAIZEN	28
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
4	DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS	32
4.1	APLICAÇÃO DO KAIZEN	32
4.2	PASSO 1: IDENTIFICAÇÃO DA PERDA	32
4.3	PASSO 2: SELECIONAR E JUSTIFICAR O TEMA	38
4.4	PASSO 3: ENTENDER A SITUAÇÃO ATUAL E O FOCO NA ÁREA DE ANÁLISE	38
4.5	PASSO 4: ENTENDENDO O PROCESSO E OS PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO	42
4.6	PASSO 5: DEFINIÇÃO DA META	44
4.7	PASSO 6: DEFINIÇÃO DO CRONOGRAMA E PLANO DE TRABALHO	46
4.8	PASSO 7: ANÁLISE DE CAUSA RAIZ	47
4.9	PASSO 8 E 9 PROPOR E IMPLEMENTAR CONTRAMEDIDAS	52
4.10	PASSO 10: RESULTADOS	53
4.11	PASSO 11: PADRONIZAÇÃO	59
4.12	PASSO 12: PLANOS FUTUROS	59
5	CONCLUSÃO	60
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

O controle da produção sempre teve uma função importante na indústria, para garantir a qualidade, o volume produtivo ou identificar defeitos no sistema de fabricação. Desde seus primórdios com controle visual, contagem de itens, entre outros métodos para garantir sua produção, porém com a evolução da indústria, a mecanização e automação dos meios produtivos viabilizaram um grande aumento na produção, substituindo a mão de obra humana pelas máquinas, desta forma, precisamos de uma maneira eficiente para acompanhar a produção com o mesmo dinamismo deste cada vez mais tecnológico e disputado mercado.

Desde o surgimento do conceito da indústria 4.0, da fábrica conectada em 2011 na Alemanha, como uma estratégia de desenvolvimento tecnológico (ZHOU; LIU; ZHOU, 2015), para os dias de hoje, tem-se destacado a grande concorrência, evolução e melhoria contínua dos produtos e processos industriais, principalmente os que envolvem operação, engenharia, planejamento e controle da produção, logística e todo o processo de análise contínua durante a vida do produto, melhorando a produtividade, reduzindo desperdícios e obtendo um preço mais competitivo (CHIAVENATO, 2003).

Segundo Haddara (2015) cada vez mais as empresas contam com a presença de sistemas especialistas em seus processos, compostos por uma grande base de dados organizada e integrada, é necessária uma forma prática e eficiente da visualização destes dados, que devem dar suporte nas tomadas de decisão e mudanças de planejamento da organização (MOURTZIS; VLACHOU; MILAS, 2016).

Dentro deste contexto, as empresas buscam meios de viabilizar essa melhoria, baseando-se muito na interconexão de dados, integração e inovação promovidos por algumas ferramentas como a *big data*, uma forma de controle e processamento em tempo real dos dados, que com o crescimento cada vez maior da manufatura em massa e, da variedade de produtos, demanda um compartilhamento mais ágil de diversos dados personalizados de sua cadeia produtiva, obtidos por meio de softwares, armazenamento em nuvem e acesso remoto, fornecendo de forma rápida dados importantes como indicadores de máquinas, operacionais e produção,

provendo assim uma maior estrutura para a tomada de decisões (ZHOU; LIU; ZHOU, 2015).

Outra ferramenta muito utilizada na indústria 4.0 é a Internet das coisas (IoT), que tem por função captar estes dados e transmitir para onde for necessária, através de sensores interligados e conectados, que contribuem para a interação entre *softwares* e dispositivos físicos, com capacidade de interagir e ajudar a atingir objetivos em comum dentro de uma rede (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

Os sistemas cibernético-físicos (CPS) integram os computadores e redes de comunicação da empresa com os processos físicos. O foco é monitorar e controlar vários equipamentos, máquinas e dispositivos através de uma rede, possibilitando acesso e comunicação dos dispositivos físicos com os cibernéticos, inclusive remotamente por meio da internet otimizando a produção para atender da melhor maneira as necessidades dos clientes (PISCHING et al., 2015).

Hoje as indústrias tem se baseado nas tecnologias citadas acima para realizar o controle de sua produção e a manutenção de seus equipamentos de uma maneira mais eficiente e principalmente, mais rápida, com dados em tempo real de vários ou todos os pontos do sistema produtivo, desta forma é possível detectar falhas e rapidamente propor soluções para estes defeitos, através da aplicação de ferramentas de caracterização e solução de problemas, como o Kobetsu Kaizen, que é uma metodologia utilizada para eliminar e erradicar de forma completa as maiores perdas que reduzem o OEE (do inglês *Overall Equipment Effectiveness*, que significa eficiência operacional máxima), da fábrica, utilizando ferramentas já bastante difundidas como Ishikawa, PDCA, 5W1H, *Brainstorm* entre outras, focando na identificação de problemas, suas causas e soluções.

1.1 Caracterização do Problema

A empresa fonte de estudo tem planta instalada no bairro Cidade Industrial no município de Curitiba, PR, esta multinacional do ramo alimentício produz diversos produtos, entre eles balas de goma, chocolates, biscoitos, queijos e pó para suco. Para avaliar o desempenho de cada operação de produção são utilizados alguns

indicadores, como volume de produção, tempo de parada, tempo médio entre falhas, rendimento, reprocesso, refugo e sobrepeso e principalmente a eficiência global, que relaciona todos os outros indicadores para dar um resultado simplificado da produtividade de cada setor.

A oportunidade percebida é de se obter um acompanhamento da produção através de um software de automação do monitoramento da linha fabril, denominado Shoplogix, responsável por mostrar o status da produção e apresentar as perdas e paradas no processo, para capturar dados em tempo real, ressaltar os indicadores mais relevantes para uma melhor reatividade sobre problemas e uma tomada de decisão ágil sobre a estratégia para redução de perdas e aplicar uma ferramenta para eliminação dessas perdas. Identificar uma perda da fábrica e implementar ferramentas para eliminação dessa falha e reduzir os desperdícios da empresa.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste projeto é reduzir os desperdícios, através da implementação de melhorias na linha ou equipamento com base na visualização de perdas no software Shoplogix.

Os objetivos específicos são:

Conhecer as funcionalidades do software Shoplogix e a interação com a linha de produção para identificação de perdas;

Conhecer o princípio de funcionamento do equipamento;

Identificar problemas na linha/produto/etapa produtiva para propor melhorias e reduzir perdas;

Implementar metodologias e / ou ferramentas de solução de problemas;

Apresentar os possíveis benefícios gerados por essa implementação tanto na parte produtiva como na parte financeira e estratégica da empresa.

1.3 Justificativa

O sistema industrial atual preza pela eficiência e alta produtividade, porém muitas empresas não conseguem controlar adequadamente sua produção, seja por falta de dados, demora na tomada de atitudes ou até incapacidade de gestão. Para isto é de suma importância o monitoramento de alguns indicadores chaves, chamados de KPI's (*key performance indicators*).

Este processo de acompanhamento de indicadores tem grande importância dentro de qualquer empresa, para analisar dados internos, monitoramento da produção e solução de problemas, sempre buscando uma melhoria contínua do processo com base nos resultados descritos e nos planejados.

A visualização dos indicadores permite identificar facilmente problemas frequentes e esporádicos no sistema produtivo, possibilitam uma maior rastreabilidade destes erros, mostrando o que origina tal parada ou perda na produção, desta forma facilitando a correção e melhoria desses fatores de maneira ágil e eficiente.

O estudo destes indicadores, alinhados com a gestão estratégica da empresa e ao mercado, são ferramentas muito utilizadas para basear as decisões e rumos da produção da empresa. Por isso é muito importante termos esses indicadores exibidos da forma mais clara, com a maior precisão e no menor tempo possível, pois quanto melhores e mais eficazes os controles, mais agilidade e flexibilidade o processo produtivo alcançará e rapidamente terá condições de avançar rumo à excelência (CHIAVENATO, 2014).

Observando os indicadores de produtividade da fábrica, comparando os dados das demais linhas monitoradas pelo software Shoplogix, em tempo real, será possível identificar falhas recorrentes e com bastante impacto dentro da linha PK4000C que produz em média 730 toneladas por mês de dry mix (pó para suco), causando perdas na ordem de 10 toneladas, paradas de produção, acarretando uma queda na GE (Eficiência global, do inglês *Global efficiency*) da linha.

Aplicando uma metodologia que busca a melhoria contínua, podemos reduzir ou eliminar a perda observada, identificando as causas raiz e propondo contramedidas para melhorar o rendimento da fábrica.

1.4 Conteúdo ou Etapas do Trabalho

O presente trabalho seguirá o seguinte formato: introdução, referencial teórico, procedimento metodológico, análise de resultados dos passos implementados e a conclusão.

Na introdução, disserta-se sobre o cenário industrial atual, tanto no Brasil como no mundo, mostrando a necessidade da constante evolução no modo de produção e do monitoramento para que os produtos sejam fabricados com melhor qualidade e com custos reduzidos para alcançar um mercado atual exigente e competitivo. Visando este corte de custo com uma qualidade de produto melhor, debate-se sobre a oportunidade que a implementação de um software para a coleta de dados em tempo real proporcionaria a fábrica, trazendo uma melhoria na reatividade a problemas na linha e acarretaria em benefícios financeiros mais rapidamente após resolução dessa falha.

Na fundamentação teórica, disserta-se sobre os princípios dos indicadores de desempenho, como produtividade e eficiência, caracterização e formas de eliminar desperdícios, como a estratégia de manutenção empregada na fábrica e as funcionalidades do software de automação do monitoramento para identificação de perdas. Além disso, algumas ferramentas empregadas dentro da metodologia *kobetsu kaizen* para a melhoria contínua dos processos e equipamentos, eliminação de perdas e melhoraria na produtividade da linha.

No procedimento metodológico, será mostrado o fluxo de etapas seguidas no trabalho, como a coleta de dados da linha e análise dos indicadores, seguidas dos passos aplicados dentro da metodologia para identificação das perdas e suas causas e a exploração e análise dos resultados obtidos com a implementação de cada passo e das medidas de melhoria implementadas no processo ou equipamento para eliminar ou reduzir tais perdas.

Por fim as considerações finais do trabalho, explorando os resultados obtidos com essa metodologia e as conclusões sobre o processo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o referencial teórico foram realizadas pesquisas em publicações sobre temas relacionados ao controle da produção, identificação de perdas e ao software utilizado para obtenção dos dados.

2.1 Indicadores de desempenho.

A busca pelo crescimento da indústria tem levado a altos investimentos em automação e automatização dos processos produtivos com objetivo de diminuir o custo de produção e manutenção, elevando a precisão, rapidez, disponibilidade dos equipamentos e repetitividade na execução das tarefas ou um aumento de produtividade em um curto período. Ou seja, podemos inferir que a eficiência nas operações tem relação com redução de custos, aumento da qualidade e diminuição de desperdícios. Esses aspectos são metas comuns a todas as indústrias (MARTIN, 2014).

Os aspectos citados anteriormente no texto refletem numa melhor eficiência produtiva, que é a relação entre os bens ou produtos produzidos e a capacidade ótima de produção, que representa quanto a empresa ou equipamento produziria sem nenhum desperdício de insumos ou tempo (SCHETTINI, 2010).

Além da eficiência, outro indicador muito observado na indústria é a produtividade em si, que combina mais de uma variável para se obter um resultado, como por exemplo o número de itens produzidos pelo tempo de produção. A produtividade deve ser analisada de forma conjunta com a eficiência, que indica um valor de 0% a 100%, que representa o quanto da capacidade ótima de produção foi usada para atingir determinada produtividade. Portanto, podemos dizer que quanto maior a produtividade de um equipamento, sob as mesmas condições, mais eficiente ele será (MARIANO, 2007).

Os conceitos de eficiência e produtividade tem como objetivo definir indicadores de desempenho para as DMUs (*Decision Making Unit*), isto é, Unidades Tomadoras de Decisão, que devem buscar um equilíbrio vantajoso desses parâmetros para a

empresa, analisando e implementando conceitos como os expostos por Slack et al. (1998 apud PINTO; NUNES; VIERO, 2015), observados no Quadro 1, a seguir, para melhorar seu desempenho e corrigir falhas, visando sempre a melhoria continua.

Quadro 1 - Pontos para melhoria da eficiência produtiva.

Métodos	Descrição
Determinação dos padrões de trabalho	Atividades de rotina e tempos padrões.
Parâmetros da racionalização da indústria	Produtividade e eficiência dos processos; Cronometragem e cronoanálise; carga de mão-de-obra; carga máquina.
Melhoria de processos	Balanceamentos; <i>Layout</i> ; Melhoria de operações e processos.
Cálculo da viabilidade econômica	Algumas melhorias podem precisar de cálculos, que podem servir para mostrar o porquê do investimento, facilitando o entendimento gerencial.
Relatório final	É o feedback (comentários positivos e negativos) do projeto, mostrando as vantagens e benefícios que o projeto pode gerar.
Colocar o projeto em prática	É fazer todas as mudanças nas rotinas e os treinamentos necessários.
Acompanhamento e controle	Depois de implementado, é muito importante monitorar, a fim de garantir os benefícios e comprovar que a melhoria realmente funcionou.

Fonte: Slack et al. (1998 apud PINTO; NUNES; VIERO, 2015).

Esse quadro pode ser visto como um complemento ao ciclo PDCA, que é um método utilizado para gerenciar processos de melhoria contínua, constituído de quatro etapas fundamentais. A primeira é o P, de *Plan*, ou planejar, que é definir objetivos e processos para atingir os resultados desejados; o D vem de *Do*, que significa fazer ou realizar as atividades necessárias; o C, de *Check*, ou checar, mostra que é preciso monitorar e fazer um acompanhamento do andamento dos processos e resultados; por fim o A, de *Act*, agir no português, significa que devemos tomar decisões e agir para ajustar o processo de melhoria contínua (PLENTZ, 2013).

Analisando esses conceitos pode-se dizer que são indicadores fundamentais para a empresa atingir os resultados esperados e ganhar em competitividade, por isso é importante tê-los de forma clara e objetiva, para a mais rápida ação e o melhor resultado que a empresa pode atingir.

2.2 Perda de eficiência

A eficiência de um processo está extremamente ligada a evitar desperdícios, pois ela consiste em produzir mais, ou a quantidade programada no caso de um produto com peso definido, com qualidade e sem desperdícios, ou seja, a capacidade de transformar entradas em saídas, sem perdas (MARIANO, 2007).

Essa perda na eficiência está diretamente ligada a falhas e desperdícios, que podem ocorrer de diferentes formas, englobando desde tempo ocioso, refugo de peças defeituosas até sobrepeso de um produto de quantidade delimitada. Segundo Ohno (2007) devemos eliminar dos processos tudo que não agrega valor ao produto, para assim aumentar a eficiência de operação com grande margem. Os sete tipos de desperdícios que devem ser evitados pois não agregam valor ao produto são:

- ✓ Desperdício de superprodução;
- ✓ Desperdício de espera;
- ✓ Desperdício em transporte;
- ✓ Desperdício de processamento em si;
- ✓ Desperdício de estoque;
- ✓ Desperdício de movimentação;
- ✓ Desperdício de fabricação defeituosa;

Devido ao fato de o processo produtivo da fábrica em análise ser altamente automatizado, entre os tipos de desperdício apresentados por Ohno (2007), os que mais afetam o objeto de estudo, são os que atuam sobre os equipamentos, ou seja, desperdício de superprodução por sobrepeso, espera, processamento e fabricação defeituosa. Por isso é de grande importância ter indicadores de controle sobre eles para atuar de uma maneira rápida ou antecipada, evitando desperdícios maiores.

Uma maneira de aumentar o lucro é diminuindo custos, e a única maneira de diminuir custos é acabando com todos os desperdícios, com base nisso é que se desenvolvem várias técnicas essenciais para aumento da produtividade e melhoria da eficiência (PLENTZ, 2013).

Ohno (2007) acrescenta que ao buscar a eliminação total das perdas e melhoria da eficiência, deve-se sempre levar em conta a viabilidade financeira desta aplicação, ressaltando que o objetivo maior é o lucro, o que guia as ações da empresa. Uma das maneiras de reduzir ou eliminar estes desperdícios, é aplicando uma técnica de manutenção mais eficiente, aumentando a disponibilidade e precisão das operações das máquinas e equipamentos.

2.3 Teoria da manutenção total produtiva (TPM)

A manutenção industrial é definida como o conjunto de atividades e recursos empregados para que os equipamentos ou sistemas possam se manter em funcionamento, realizando as atividades programadas com eficiência, respeitando os parâmetros de tempo de ciclo, conformidade, qualidade, confiabilidade, disponibilidade e segurança faz parte das estratégias da empresa para garantir sua eficiência produtiva (PINTO; XAVIER, 2012).

Atualmente, a manutenção industrial é classificada em cinco tipos, que são, a manutenção corretiva, a preventiva, a preditiva, a detectiva e a engenharia de manutenção. Dentro delas se destacam duas ferramentas que permitem a aplicação dos tipos de manutenção existentes, são elas a Manutenção Centrada em Confiabilidade (do inglês *Reliability Centered Maintenance* - RCM) e a Manutenção Produtiva Total (do inglês *Total Productive Maintenance* - TPM) que com o crescimento industrial, o aumento da produtividade e o surgimento de novas tecnologias, se tornaram parte da função estratégica para atingir os objetivos das empresas (PINTO; XAVIER, 2012).

A manutenção corretiva pode ser planejada ou não. No caso da não planejada, ela ocorre apenas após a falha ou perda de desempenho, acarretando em custos elevados, gerados tanto perdas de produção por maquinário parado, estoque de

peças de reposição, perda por baixa qualidade e até consequências mais graves para o equipamento. Na planejada, podemos chamar de risco calculado, onde é mais vantajoso esperar a quebra para então fazer a manutenção (TROJAN; MARÇAL; BARAN, 2013).

Na manutenção preventiva seguimos o planejamento previamente elaborado com base na vida útil do maquinário, onde é feita a troca do componente após certos intervalos de tempo. Havendo o risco da quebra antes do tempo planejado, ou até uma troca prematura da peça, causando gastos que poderiam ser evitados (PINTO; XAVIER, 2012).

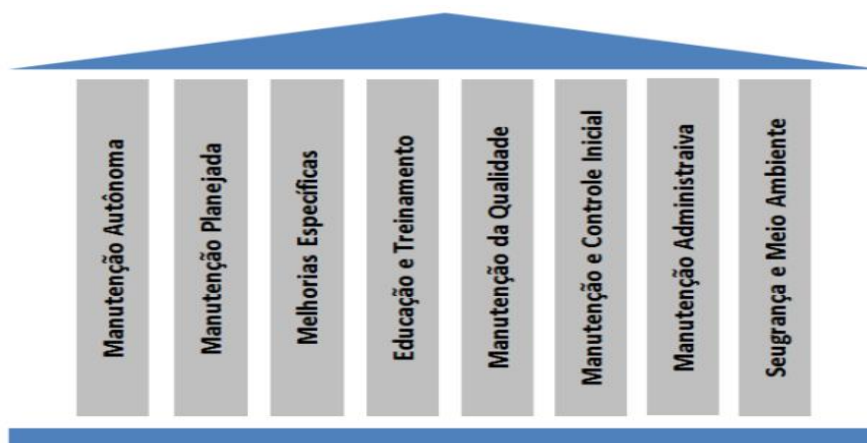
Tanto a manutenção preditiva quanto a detectiva, se baseiam na coleta de dados e acompanhamento de parâmetros para detectar alguma falha que acarreta na perda de desempenho, ou para prever com mais exatidão o limite da máquina (PINTO; XAVIER, 2012).

A Engenharia de manutenção é uma forma não de apenas tratar falhas e corrigi-las, antes ou depois da sua ocorrência, mas sim um meio de melhorar continuamente os processos e corrigir definitivamente a falha, atacando sua causa raiz (RODRIGUES; FERRARIN; OLESKO, 2013). Para isso usamos a ferramenta da Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM), que identifica as práticas mais indicadas para uma operação, mensurando então a confiabilidade do sistema e propondo maneiras de aumentá-la (TROJAN; MARÇAL; BARAN, 2013).

A outra ferramenta citada é a Manutenção Produtiva Total (TPM), que visa proporcionar a máxima eficiência do sistema de produção, eliminando as perdas e maximizando o ciclo de vida dos equipamentos, fato que aumenta sua disponibilidade. Além disso ela visa a satisfação dos funcionários no trabalho, se tornando não apenas uma ferramenta de manutenção, mas sim uma filosofia de trabalho, dando a manutenção um posto crucial dentro da estratégia da empresa (PINTO; XAVIER, 2012).

Dentro de uma linha muito automatizada, a Manutenção Produtiva Total tem suma importância, já que é a produtividade está fortemente atrelada a disponibilidade dos equipamentos para a produção. Ela se baseia em oito pilares, ou oito frentes de gestão, como mostra a Figura 1 a seguir.

Figura 1: Os oito pilares da TPM.



Fonte: Silva (2017).

Os oito pilares da ferramenta serão explicadas à seguir.

1) Manutenção autônoma: é a manutenção feita pelos próprios operadores, onde eles se preocupam com o equipamento e seu desempenho, o objetivo deste pilar é a noção de responsabilidade do operador sobre o equipamento. O Quadro 2 relata os passos para implementação da manutenção autônoma.

Quadro 2 – Implantação da Manutenção Autônoma.

Etapa	Atividade	Conteúdo
1	Limpeza inicial	Limpeza, inspeção, lubrificação e aperto de partes do equipamento, identificando e corrigindo anomalias
2	Eliminação das fontes de risco e locais de difícil acesso	Eliminação das fontes de contaminação, melhoria na posição de equipamentos a inspecionar, mudanças de altura e fixação de protetores
3	Elaboração de padrões de lubrificação e inspeção	Implementação de ações e procedimentos que permitam a inspeção, lubrificação e aperto de forma rápida, eficaz e nas frequências estabelecidas
4	Inspeção geral	Elaboração de manuais simples e eficazes para inspeção e reparos. Identificar e eliminar causa das falhas
5	Inspeção voluntária	Elaboração de listas de verificação dos equipamentos para execução do autocontrole
6	Organização e ordem	Padronização de atividade de inspeção, lubrificação, manutenção de ferramentas e moldes, além da padronização do registro de dados
7	Consolidação da manutenção autônoma	Melhoria contínua do nível de excelência do autocontrole dos equipamentos, atrelada aos objetivos e metas da organização

Fonte: Tavares (1999).

2) Manutenção planejada: é responsável por todo o planejamento a nível macro da manutenção, sua gestão é feita pelo próprio setor de manutenção da empresa, com objetivo de aumentar a eficiência global dos equipamentos através do aumento da sua disponibilidade.

3) Melhoria específica: é a parte responsável pelo gerenciamento das informações de funcionamento do equipamento, deve gerar dados e indicadores para propor melhorias nos equipamentos para reduzir perdas. Visa a melhoria contínua do processo.

4) Educação e treinamento: é o pilar que cuida do treinamento, capacitação e gestão de todo pessoal envolvido na área da manutenção, visa a eliminação de perdas por falha humana.

5) Manutenção da qualidade: este pilar preza pela qualidade dos serviços de manutenção, com a meta de zero defeitos. Deve atuar em conjunto com a gestão da qualidade para atingir o objetivo comum.

6) Manutenção e Controle inicial: a falta de informações sobre o histórico dos equipamentos pode acarretar em falhas na manutenção, esse pilar é responsável pela gestão unificada da manutenção de equipamentos novos.

7) Manutenção administrativa: é o pilar responsável pela implementação da TPM em todos os setores da empresa. Busca maior rapidez, qualidade e confiabilidade nos processos, evitando perdas administrativas.

8) Segurança e Meio ambiente: é a frente de gestão que visa zero acidentes ambientais e de trabalho, responsável por cumprir todas as normas e regulamentações de segurança do trabalho e leis ambientais.

Dentro da fábrica objeto de estudo de nosso trabalho, com linhas altamente automatizadas, com um fluxo de produção contínuo que visa alta produtividade e grande eficiência, os pilares que causam maior impacto são três que afetam diretamente a disponibilidade, são eles a **Manutenção Autônoma**, que cria um senso de responsabilidade sobre os equipamentos dos operadores, para que relatem ao sistema de gestão qualquer falha ou perda de desempenho, sempre visando a melhoria contínua. O pilar da **Melhoria Específica**, para o uso eficiente do software de controle, onde deve-se obter dados de maneira eficiente e no menor tempo

possível, para assim corrigir falhas de maneira mais eficiente. E por fim o pilar da **Educação e Treinamento**, para que todos os colaboradores e operadores envolvidos na produção e manutenção saibam analisar e tratar os dados, além de corrigir eventuais falhas ou perdas de produção.

Para garantir o funcionamento adequado destas ferramentas, deve-se ter um bom sistema de controle, que será abordado a seguir.

2.4 Importância do controle da produção

Como já visto anteriormente, em um mundo onde as empresas são cada vez mais competitivas, reduzir os custos através de redução de desperdícios e falhas, se torna algo de extrema importância e determinante para garantir sucesso para os negócios.

Fogliatto e Ribeiro (2009), afirmam que o gerenciamento contínuo dos processos produtivos, se faz necessário a uma empresa que quer se manter competitiva no mercado, através da busca por uma maior produtividade, eliminação de desperdícios e falhas, garantindo assim, a disponibilidade dos equipamentos para produzir.

Uma forma de gerenciamento dos processos produtivos é através de indicadores. Segundo Nascif (2011), indicadores são dados numéricos ou medidas obtidas e estabelecidas sobre equipamentos ou processos em estudo. Já a Fundação Nacional de Qualidade (FNQ) define indicadores como sendo o desempenho de um processo expresso através de uma informação quantitativa ou qualitativa em termos de nível de satisfação, eficácia e eficiência. Em geral, é possível acompanhar a evolução dessas informações ao longo do tempo e assim comparar com os resultados anteriores e com resultados de outras organizações.

Para a FNQ, uma empresa com um bom sistema de indicadores de desempenho, tem uma análise muito mais profunda e abrangente sobre os resultados obtidos e eficiência de sua gestão. Além disso, quanto mais sistemática é a medição dos indicadores, mais pertinentes e confiáveis são os dados para basearem as tomadas de decisões sobre paradas e intervenções necessárias.

Segundo estudo realizado pela Abramam (2011) a disponibilidade operacional é o indicador mais importante no cenário atual das empresas. Ela é definida como sendo a capacidade de um item estar apto a executar uma determinada função durante um intervalo de tempo pré-estabelecido, levando em consideração os aspectos de confiabilidade (NBR 5462 - 1994). Dessa forma, a disponibilidade pode ser calculada como a fração do tempo em que o equipamento se manteve operando pelo tempo total existente.

Este indicador é de extrema importância, pois quanto maior a disponibilidade de um equipamento, maior capacidade de atender a demanda de produção, uma fábrica terá.

2.5 Indicadores em tempo real para auxílio de tomadas de decisões

Segundo Babiceanu e Seker (2016) um melhor controle de processos de produção, considerando o avanço em tecnologias de sensores e comunicação, poderá fornecer as bases para conectar a instalação física e os maquinários de uma fábrica com o mundo cibernético de aplicativos, internet e softwares. Negri, Fumagalli e Macchi (2017) dizem que implementar este avanço e crescimento de tecnologias de interligação ao mundo cibernético, faz com que as empresas atuais sejam desafiadas em todo o mundo nos últimos anos.

A fim de evitar paradas na produção, falhas e erros, e assim aumentar a produtividade, aumenta-se a necessidade da velocidade de resolução de problemas em nível operacional. A utilização de dados em tempo real se torna uma importante fonte de oportunidades, já que com os dados obtidos e apontados em sistema, decisões chaves de operação, podem ser tomadas (MARQUES et al., 2016).

Na constante busca pela eficiência e maior lucro, a exigência para a solução de problemas é a velocidade da apresentação de resultados. Para isso, se faz necessário uma rápida intervenção em caso de falha ou uma rápida modificação em caso de percepção de oportunidade de melhorias, sendo necessário o acompanhamento em tempo real, somente dessa forma é possível atingir a demanda de velocidade de

reação dos tempos atuais e acompanhar a evolução da solução implementada para correção das falhas do sistema.

2.6 Software de controle

Para controle de todos os parâmetros citados anteriormente, a empresa caso de estudo pretende implementar de forma total o software Shoplogix, que atualmente não possui a confiabilidade desejada, necessitando de gráficos feitos manualmente, subutilizando esse meio de controle. O software é uma ferramenta de gestão de desempenho com análise visual em tempo real, seu funcionamento consiste no monitoramento e troca de informações com outros meios produtivos automaticamente e em tempo real através da rede, reportando os dados de uma maneira visual e simplificada com possibilidade de acompanhamento através de qualquer dispositivo conectado com a nuvem. Essa dinâmica na apresentação de dados possibilita de forma simples e ágil a visualização dos problemas a serem solucionados ou de oportunidades para melhorar a performance.

Os pilares de sustentação desse software são:

1. Confiabilidade da máquina: consiste na eliminação dos processos de coleta e tratamento de dados das máquinas, fazendo isso de forma automática.
2. Visualização da produção: trata a forma que os dados são expostos em tempo real, de maneira intuitiva e de fácil interpretação.
3. Engajamento dos funcionários: parte responsável por mostrar o andamento da produção aos operadores, para alinhá-los com os objetivos de produção.
4. Sustentar melhorias: Promove a sustentabilidade por meio de treinamentos e a decisão com base nos dados.

Como podemos observar alguns indicadores e a forma como são expostos no exemplo da Figura 2 a seguir, que mostra a meta de produção e a produção real, tempo de ciclo, perdas, desperdícios, paradas e suas causas.

Figura 2: Leiaute do software.



Fonte: SHOPLOGIX, (2019).

Esse software é uma ferramenta de gestão da produção que visa a melhoria da produtividade e do lucro devido a um melhor controle, baseado nos princípios cada vez mais utilizados da indústria 4.0, com fábricas cada vez mais conectadas, interligadas, autônomas e inteligentes.

2.7 Metodologia *kobetsu kaizen*

A observação e identificação do problema causador das perdas tem suma importância dentro do processo de melhoria contínua, porém de nada adianta se não estiver aliado a uma forma de solucionar esse problema de maneira eficiente e perene.

Pensando nessa etapa que pode ser enquadrada no terceiro pilar da TPM, a melhoria específica, foi desenvolvida a metodologia *kobetsu kaizen*, que diz respeito a melhoria individual e se baseia nos conceitos da melhoria contínua, através de atividades para eliminar de forma concreta as oito grandes perdas que reduzem a Eficiência Global do Equipamento ou OEE, do inglês Overall Equipment Effectiveness, indicador que trata da utilização plena das funções e capacidades do equipamento.

Podemos caracterizar as grandes perdas como observado no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3: 8 Grandes falhas.

8 GRANDES FALHAS		
1	Perdas por falha nos equipamentos	São ocasionadas por paralisações no funcionamento que ocorrem inesperadamente e também por deterioração das funções do equipamento e está diretamente ligada com a manutenção do equipamento.
2	Perdas por configuração e ajustes	É a perda pelo tempo de paralisações necessárias para alteração de configuração para uma operação subsequente. Diretamente ligado com a configuração, automação e características da atividade.
3	Perdas por troca de ferramenta de corte	Ocorre quando é necessária fazer a troca de ferramentas de corte devido a desgaste ou poder de corte por utilização inadequada.
4	Perdas por acionamento	É o tempo gasto para que a máquina atinja condições ideais de funcionamento e operação.
5	Perdas por pequenas paradas e pequenos períodos de ociosidade	É a inatividade do equipamento por um curto período de tempo, devido a pequenas falhas, como falta de material ou problema na qualidade. Deve ser eliminado pela correção do problema e volta a atividade padrão.
6	Perdas por velocidade	Quando existe uma diferença entre a velocidade nominal de trabalho e a velocidade real, devido a defeitos no processo ou equipamento afetando o tempo de ciclo e conseqüentemente a produtividade
7	Perdas por defeitos e retrabalho	Ocorre quando são detectados defeitos e existe a possibilidade de retrabalho e correção desse defeito, consumindo tempo e mão de obra adicional.
8	Perdas por desligamento	Quando ocorre a paralização do equipamento durante a produção para realização de manutenção ou inspeção.

Fonte: Os autores.

Apesar de analisar os dados dessas perdas e levar em conta o valor do OEE, o indicador mais utilizado na fábrica é o GE, do inglês *Global Efficiency*, que tem uma abordagem mais agressiva, tratando as paradas planejadas também como perdas, mas que também é diretamente impactado pelas oito grandes perdas citadas anteriormente como foco dos processos de melhoria contínua.

O *kobetsu kaizen* consiste em 12 passos para identificação, priorização, exploração e solução dos problemas da linha de produção. Ela se baseia na técnica do *poka yoke*, palavra de origem japonesa para definir dispositivos a prova de erros, sua finalidade impedir que erros sejam passados à frente (FISHER, 1999).

Para obter êxito nessa tarefa de eliminação de defeitos, utilizam-se várias ferramentas bastante difundidas no meio industrial, como diagrama de Ishikawa, Cinco Porquês, entre outros que serão abordados durante o desenvolvimento do trabalho.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na realização de uma pesquisa bibliográfica, de acordo com Miotto e Lima (2007), procura-se um fundamento teórico que sirva de base para o foco do estudo e subsídio para futura análise de dados. Diferenciando-se da revisão bibliográfica, no ponto que une dados pesquisados nas fontes à teoria, propiciando uma compreensão crítica do significado das informações coletadas.

No início deste estudo, portanto, é uma pesquisa bibliográfica a respeito dos indicadores de desempenho, dos desperdícios de produção, das formas de visualização desses indicadores e sobre ferramentas de identificação e solução de problemas na produção comumente utilizados na indústria, em quais princípios se baseiam, quais os dados analisados e de que forma são expostas essas informações.

A pesquisa apresenta o software Shoplogix, quais os indicadores empregadas sobre esta ferramenta, como ela funciona e como apresenta os dados na tela de acompanhamento e nas planilhas feitas manualmente hoje em dia.

Posteriormente passando para um estudo de caso, método de investigação quantitativo para fornecer uma base de conhecimento mais extensiva sobre o tema de interesse.

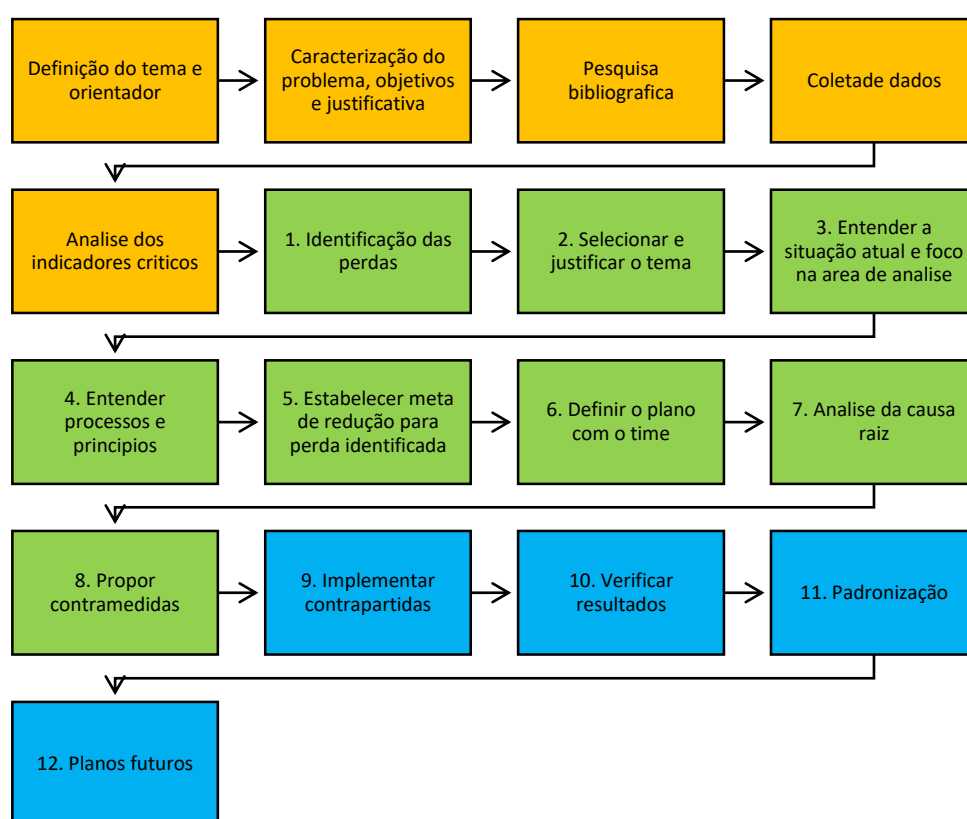
Nesta etapa analisaremos um problema detectado em uma linha da fábrica, o que afeta em sua produtividade e quantidade de desperdícios, a análise inicial se dará através da observação do software de controle da produção, passando posteriormente para estratificações mais detalhadas com os números da linha, será feita uma breve apresentação dessa linha e aplicação da metodologia proposta para solução do problema, com análise e discussão sobre os resultados da implementação de cada passo do *Kaizen*.

Este estudo de caso é formado por duas etapas, a primeira delas foi a aquisição de dados da linha, que ocorreu durante o ano de 2018 dentro da fábrica de *dry-mix* (pó para suco).

A segunda etapa consistiu na identificação e posterior aplicação de melhorias para atingir um objetivo de produtividade. Como forma de melhoria contínua, será aplicada a metodologia chamada de *Kobetsu Kaizen*, que consiste em 12 passos aplicados por

uma equipe multidisciplinar da fábrica, contando com a identificação das causas do problema, elaboração de propostas de soluções, aplicação dessas propostas e confirmação da eficácia, através da comparação dos indicadores observados nos primeiros meses de 2019 com os dados e indicadores anteriores a aplicação de cada passo dessa ferramenta, para uma posterior apresentação e padronização dos resultados, entre outras, como exemplificado no fluxograma da Figura 3, abaixo.

Figura 3: Fluxograma do projeto.



Fonte: Os autores

Onde as caixas com preenchimento laranja dizem respeito a fase de pesquisas e elaboração da fundamentação teórica. As verdes correspondem as etapas da ferramenta ligadas a identificação dos problemas e conhecimento do equipamento. Por fim as caixas azuis representam os passos da metodologia que estão diretamente ligados a implementação de modificações e seus resultados.

4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

No presente tópico serão abordadas as ferramentas utilizadas para identificação de falhas no processo produtivo, meios de solucionar essas falhas e reduzir os desperdícios da linha, melhorando seu desempenho. Será demonstrada aplicação dos 12 passos da metodologia *Kobetsu Kaizen*. Ou seja, o que é cada passo, quais dados ele aborda, quais resultados obtidos em cada um deles e a análise por trás destes resultados.

4.1 Aplicação do Kaizen

O *kobetsu kaizen* é uma espécie de competição interna, baseada na metodologia *Kaizen*, que reúne um time multidisciplinar na fábrica e busca a melhoria contínua dos processos, buscando corrigir as falhas e defeitos, reduzindo e eliminando os desperdícios através de 12 passos, são eles:

4.2 Passo 1: Identificação da perda

O objetivo desde passo é a clara identificação do problema, desde o nível geral até o modo de falha específico.

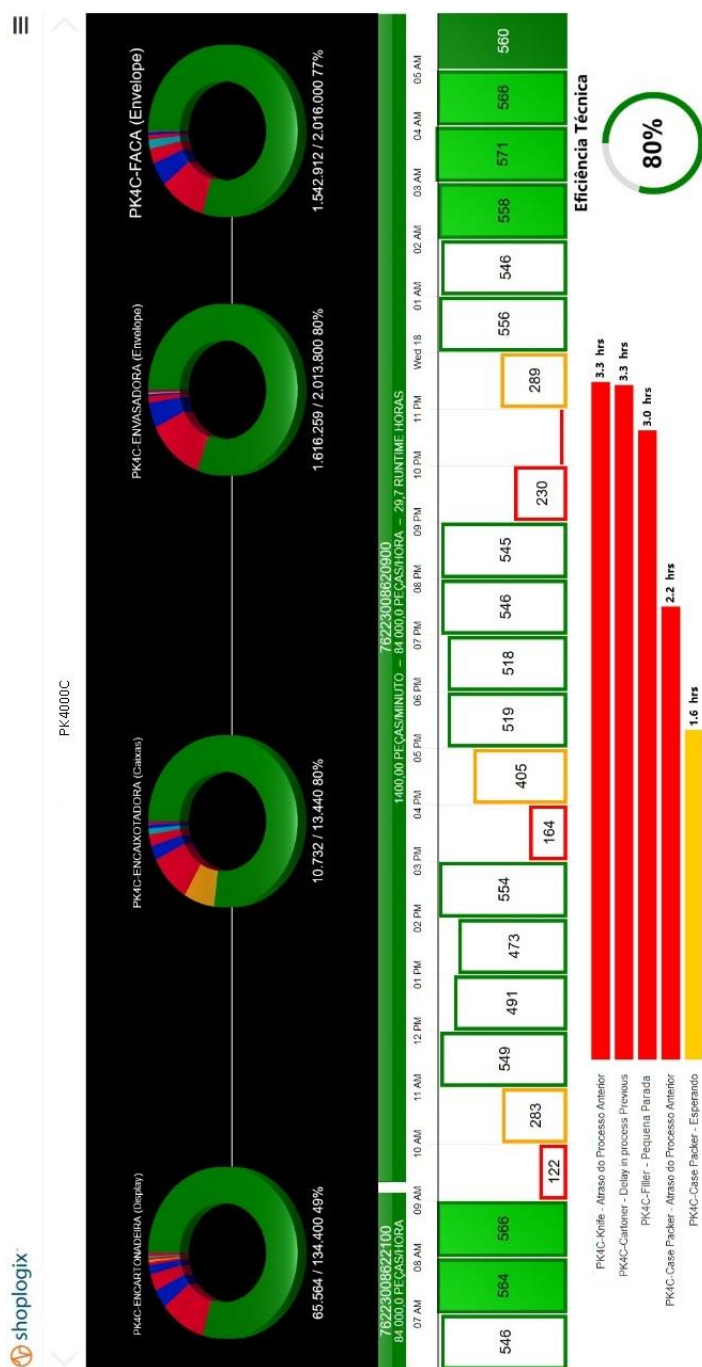
Este passo utiliza algumas ferramentas para dar suporte a essa identificação, entre elas são usadas:

- Diagrama de Ishikawa;
- 5 Por quês? ;
- 5W1H;
- *Brainstorming*.

O trabalho foi iniciado com uma análise da eficiência global através do software Shoplogix, foi observado o rendimento da linha no dia 20 de março de 2019, como pode-se ver na Figura 4 a seguir, onde as partes em verde dos gráficos representam tempo de produção e as cores vermelho, azul e amarelo mostram tempos que a máquina ficou parada nas quatro máquinas da linha e mostra o motivo nas barras horizontais vermelhas e amarela na parte inferior, local onde observa-se além dos

atrasos no processo anterior que se estende por toda a linha, nota-se 3 horas de pequenas paradas, fato que levou a uma análise detalhada do histórico da linha, dos equipamentos e das perdas para identificar suas causas.

Figura 4: Eficiência Global da linha PK4000C em 20/03/2019



Fonte: Shoplogix.

Com essa informação em mãos, buscou-se mais informações referentes a linha, como pode-se ver na Figura 5 abaixo, que quantifica e classifica suas perdas durante o ano de 2018.

Figura 5: Status dos KPIs – Bebidas.

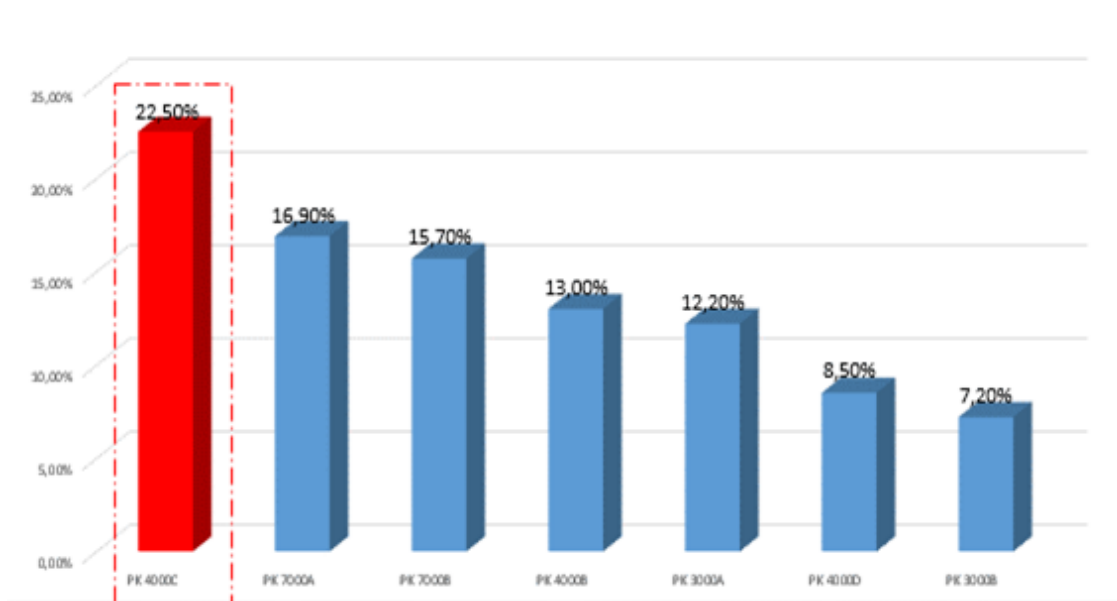
STATUS DOS KPI's - BEBIDAS														
KPI's		Q1			Q2			Q3			Q4			YTD
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
SEGURAÇA	Acidentes Totais													
	Cultura e Atendimento Técnico a SSMA (Padrões)													
	% de Redução de Riscos > = 5													
	# Comportamentos Inseguros Erradicados													
QUALIDADE	BIC (% redução vs ano anterior)													
	# de Defeitos [ppm] (%redução vs ano anterior)													
	Reclamação de Clientes													
	# Falha de Registro													
	Feito certo da primeira vez (%)													
CUSTOS	Eficiência Global (%)													
	TMEF (Min)													
	% Rendimento (Yield)													
	% Refugo													
	% Reprocesso													
D	% Sobre peso													
	Volume prod a prog (%)													
MORAL	Nota de Auditoria 5S													
	Metas implementadas/Pessoa													
	% Iniciativas Hoshin no prazo													
	% Cumprimento do Plano Roll Out													
	% Cumprimento do Plano de Atividades													
Dentro da Meta		62%	67%	71%	71%	86%	71%	86%	90%	81%	86%	86%	86%	86%
Fora da Meta		38%	33%	29%	29%	14%	29%	14%	10%	19%	14%	14%	14%	14%

Fonte: Os autores.

Pode ser observado mais à esquerda da tabela, durante o primeiro quadrimestre do ano, vários KPIs fora de suas metas, desde a parte de segurança, qualidade e principalmente custos. Ao longo do ano esses quesitos atingiram suas metas, porém a taxa de refugo e reprocesso da linha esteve recorrente abaixo da meta, finalizando o ano com 14% dos indicadores fora da meta.

Foi realizada a estratificação desses indicadores nos últimos três meses do ano e dividindo por máquina, constatamos a porcentagem de perda em cada uma delas, passando desde 7,20% na PK3000B que tem o menor índice de perdas da linha, até o maior na PK4000C, com 22,50%, como pode ser visto no Gráfico 1 abaixo:

Gráfico 1: Estratificação da não eficiência da planta de Dry mix de P10 a P12 de 2018

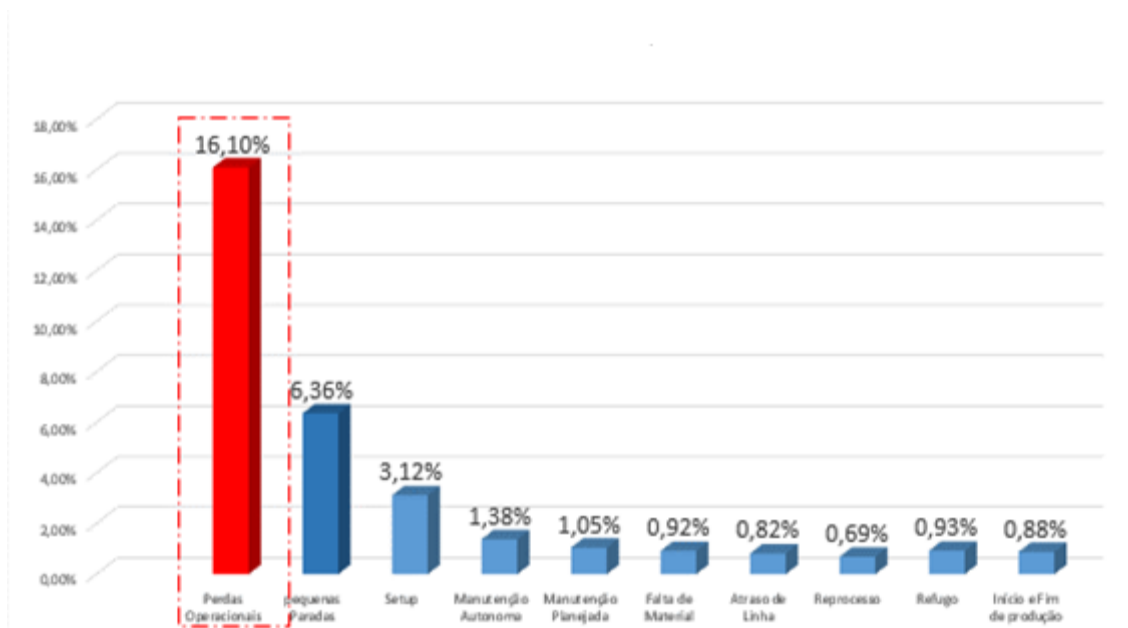


Fonte: Os autores.

Analisando toda a fábrica de dry mix, sabe-se que ela apresenta uma eficiência global de aproximadamente 86,30%, que pode ser visto como um valor alto, porém devido a seu grande volume e alta velocidade de produção, apresenta oportunidade de ganho muito satisfatória, principalmente na operação PK400C, que apresentou 22,50% de não eficiência como mostrado no Gráfico 1 anteriormente.

Constatada a máquina com maior perda, foi feita uma análise aprofundada para identificar que tipo de falha causa essa perda dentro da operação. Com os dados em mão foi possível observar que com uma grande diferença para as demais falhas, as perdas operacionais atingiram 16,10% do total, seguida por pequenas paradas com 6,36% e setup com 3,12%. As demais falhas apresentam pequenas perdas, como mostrado na Gráfico 2 a seguir.

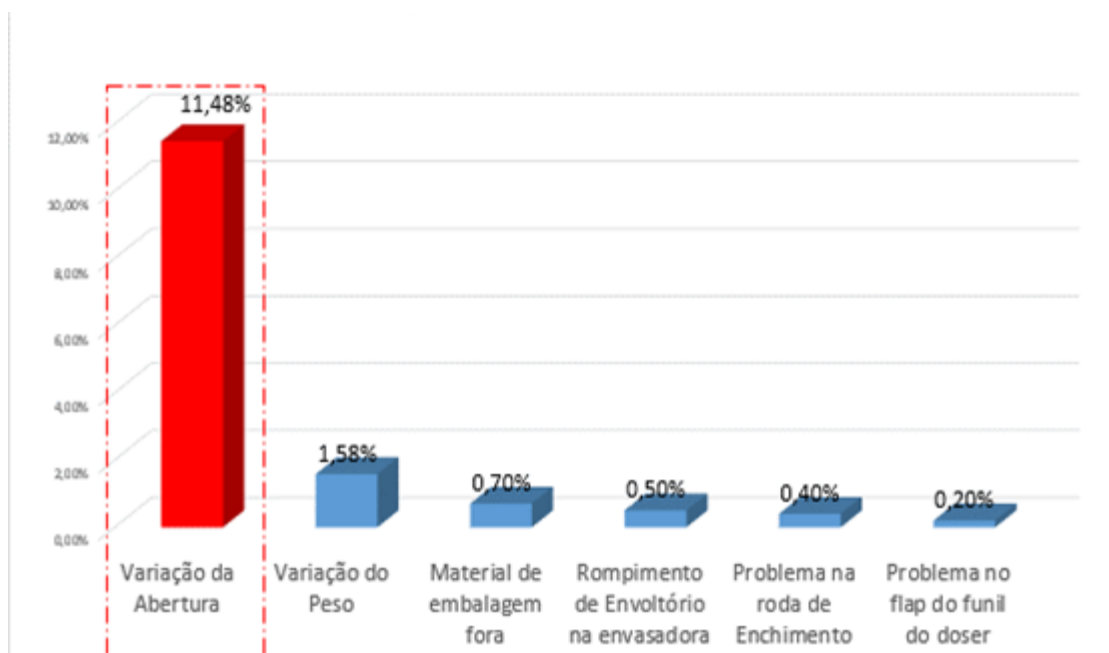
Gráfico 2: Estratificação de perdas de P10 a P12 de 2018 – PK 4000C



Fonte: Os autores.

Por fim, estudando mais a fundo o processo produtivo e observando a recorrência dessas perdas operacionais, foi constatado que a maior perda vem da variação de abertura no processo de abastecimento dos pacotes de suco, ou seja, uma falha que afeta a qualidade da embalagem, podendo causar a reprovação do produto quanto aos critérios para venda ao consumidor, exigindo retrabalho sobre o pó para suco e o descarte das embalagens de plástico defeituosas. Essa falha é responsável por 11,48% das perdas da máquina, quase dez vezes maior que o segundo fator, que é a variação do peso. Como observado no Gráfico 3 abaixo.

Gráfico 3: Estratificação do modo de falha de P10 a P12 de 2018



Fonte: Os autores.

Identificada a falha com maior impacto, devemos responder algumas perguntas para definir se esse problema será atacado:

- Essa perda é uma prioridade da sua área?
- Estou atacando o nível mais básico, simples e direto da perda?
- Existem dados suficientes para iniciar o trabalho?
- Os membros da equipe de trabalho estão definidos?
- O time foi aprovado pelo gestor da área?

Em análise conjunta com o time do *Kaizen*, que conta com operadores, mecânicos, engenheiros e estagiários da fábrica, todas estas perguntas foram respondidas de forma positiva, damos sequência ao próximo passo, com uma ressalta à importância dos indicadores de eficiência e produtividade, que nos permitiram a identificação inicial da perda.

4.3 Passo 2: Selecionar e justificar o tema.

Esta etapa tem como objetivo explicar e justificar o motivo do projeto e como ele se encaixa na estratégia da planta, para isso pode-se utilizar o cálculo financeiro de impacto do projeto e cálculo de produtividade por exemplo.

Portanto utilizando como base a estratégia de desenvolvimento da planta, podemos justificar o motivo do projeto para cada ponto analisado como segurança e qualidade por exemplo.

Para o quesito saúde, segurança e meio ambiente, justifica-se a escolha com a alegação que trará maior segurança para a operação e manutenção, seguindo o princípio de redução do número de intervenções no equipamento. Foram 22 durante o período analisado, número que deve ser reduzido.

Quanto ao ponto da qualidade, a empresa teve 24 reclamações de clientes devido à aparência do produto que passou pelo controle de qualidade sem detecção no período analisado, fato que pode ser eliminado com a erradicação da falha.

Observando o quesito de crescimento de produção, com a eliminação dessa falha é possível diminuir o número de pequenas paradas e produzir mais 2160 pacotes por turno, possibilitando a redução de perdas e a entrega dentro do prazo adequado.

Por fim, no quesito lucro e margem, pode-se enquadrar o projeto como dinheiro recuperado com iniciativas de redução de custos.

4.4 Passo 3: Entender a situação atual e foco na área de análise.

O terceiro passo consiste em explicar claramente o problema a ser estudado e o modo de falha, delimitando precisamente as fronteiras da análise.

Para realização desta etapa foi utilizado o princípio do 5G, que significa:

Gemba: vá direto ao ponto.

Genbutsu: examine fisicamente o objeto.

Gengitsu: Cheque fotos e dados.

Genri: Remeta e atribua a teoria.

Gensoku: siga o método adequado

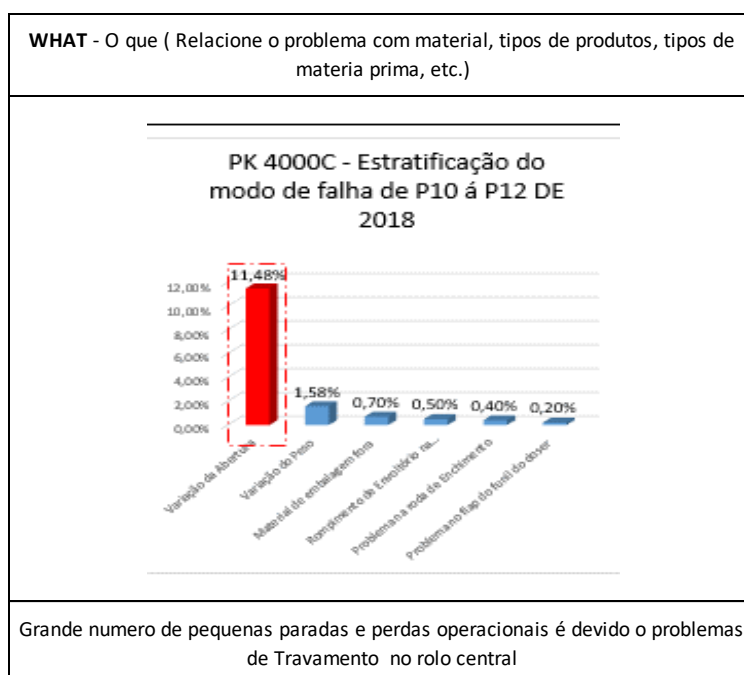
Durante esses passos foram observados alguns modos de falhas que ocorriam no processo e registradas imagens para ilustrá-los. São eles:

- Variação de corte.
- Pequenas paradas.
- Problema de abertura.
- TMPR (tempo médio para reparo) igual a 240 minutos.
- Travamento do rolo central.

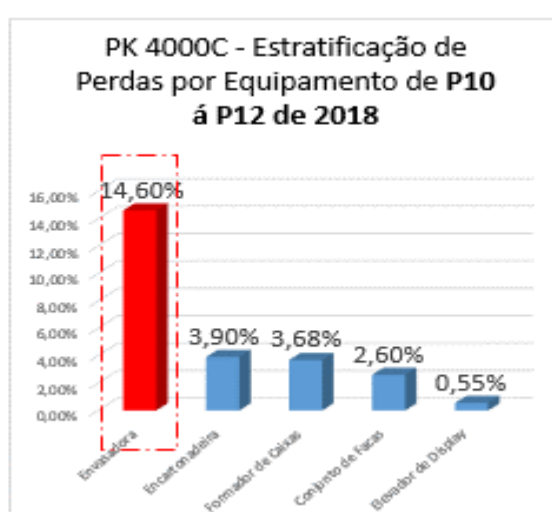
Após essa observação em campo, a equipe utilizou a metodologia 5W1H, onde as letras W são representados por *What* (o que?), *Where* (onde), *When* (quando), *Who* (quem) e *Witch* (Qual). A letra H representa *How* (como), para identificar melhor como a falha ocorre, as causas raiz do problema e os detalhes desse defeito.

Os resultados obtidos pela equipe de trabalho podem ser visualizados na Quadro 4 na sequência.

Quadro 4: 5W1H

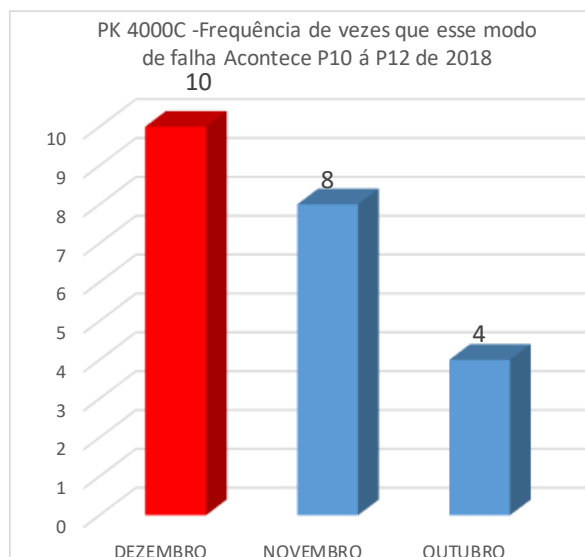


WHERE - Onde (Relacione o problema com máquina, linha, componente, processo, etc.)

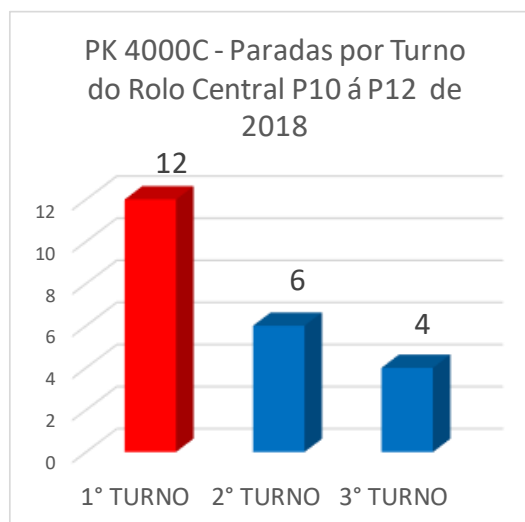


Ocorre com maior frequência no equipamento da envasadora e no componente do conjunto do rolo central (5,46%) .

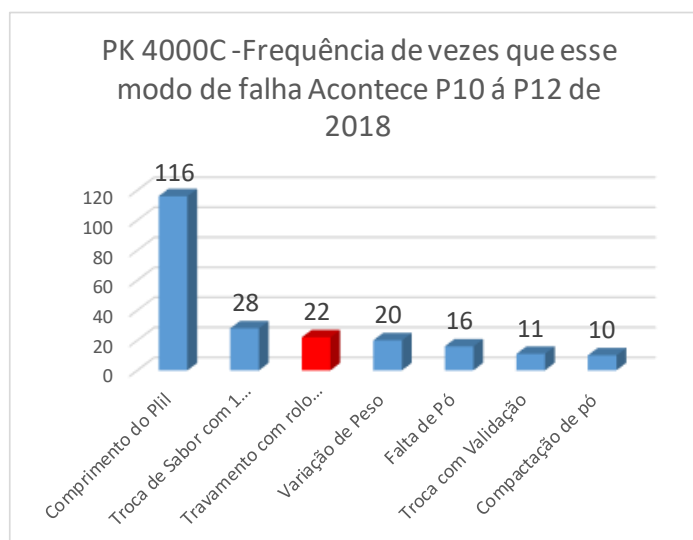
WHEN - Quando (Relacione o problema com período de tempo, manhã/tarde/noite, início/fim de turno, início/fim de semana, estações do ano, etc.)



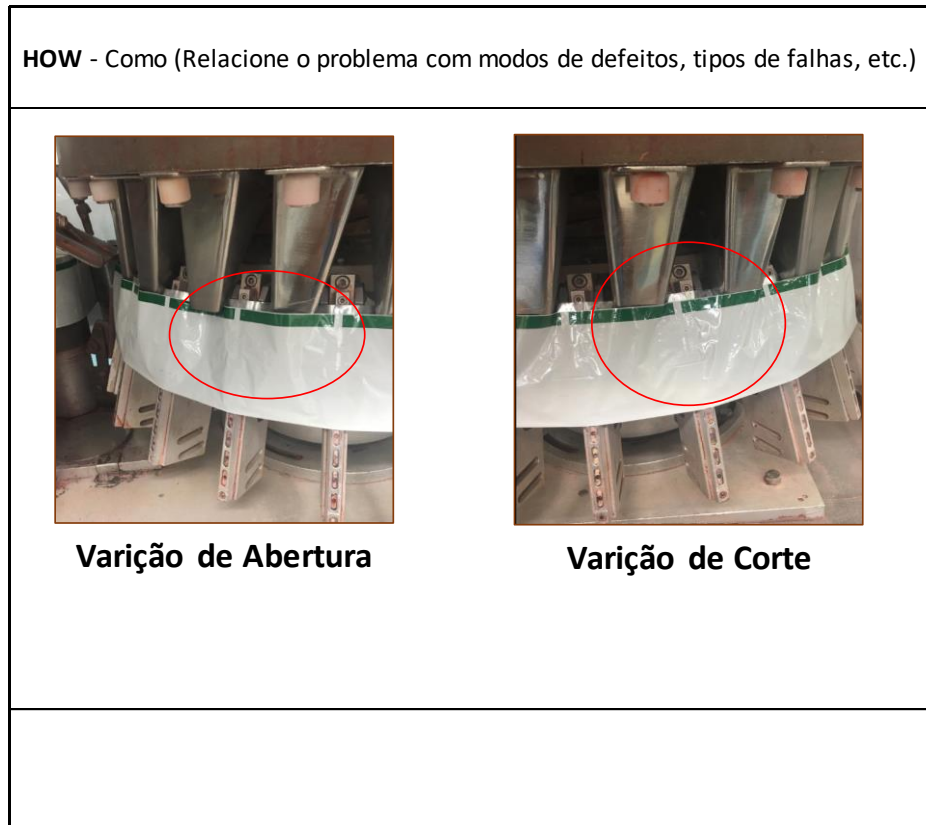
Na saída do conjunto do Rolo Central quando entra na roda de enchimento , durante a operação do equipamento, deixando o mesmo com 12 horas e 20 minutos sem produção

WHO - Quem (Relacione o problemas com pessoas, turnos)

Verificando o travamento do Rolo Central podemos identificar que a maior Incidência é no 1° turno.

WHICH - Qual (Relacione o problema com a freqüência que ele ocorre)

O travamento no Rolo Central aconteceu 22 vezes em 3 meses .



Fonte: Os autores.

Analisando os dados obtidos, visualizamos que o problema com mais impacto na linha é a variação de abertura da embalagem, com 11,48%, sendo 14,60% das vezes na operação de envaze, onde 5,46% ocorre devido ao travamento do rolo central. Fato que já ocorreu 22 vezes nos últimos 3 meses, causando 12 horas e 20 minutos de parada de produção no total.

Através da análise conjunta dos resultados do 5W1H, chegamos à conclusão que a dosagem está incorreta e apresenta uma variação entre as embalagens. Com isso foi feito um ajuste no sincronismo da roda com o envoltório, ajuste de torque e velocidade e então, comprovou-se então que a falha está relacionada ao conjunto do Rolo Central.

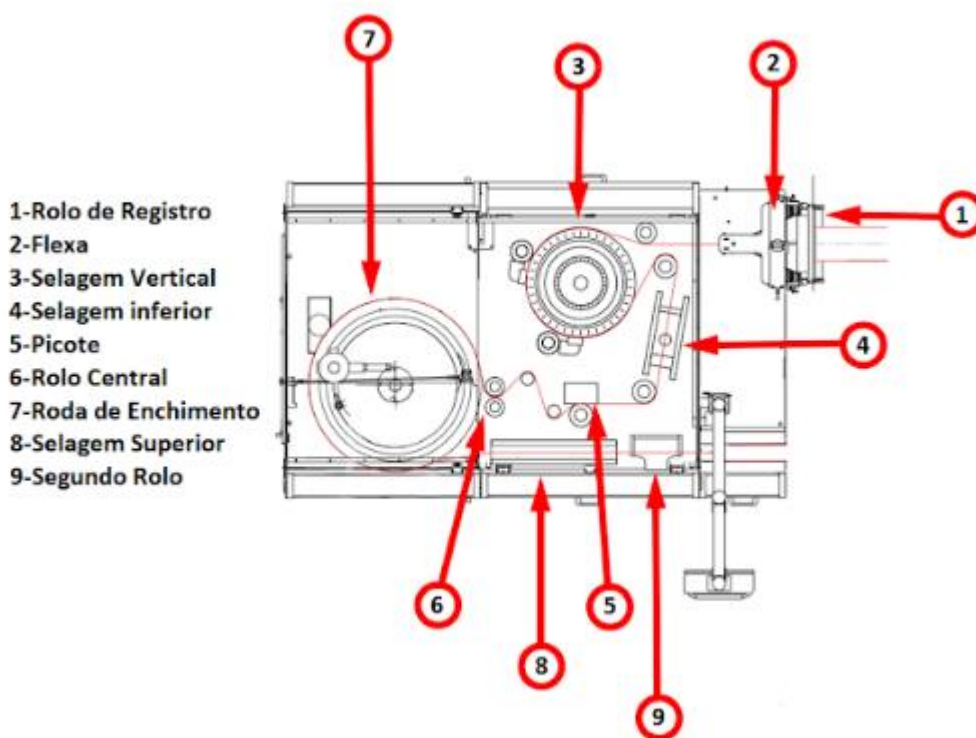
4.5 Passo 4: Entendendo o processo e os princípios de funcionamento.

O passo subsequente diz respeito a representação, fácil visualização e entendimento da máquina e seus mecanismos de funcionamento, para que assim seja

mais fácil identificar falhas e propor mudanças para sua correção. Nesta etapa um croqui foi elaborado pela equipe, com auxílio dos operadores da máquina e equipe de manutenção.

Primeiramente foi elaborada a representação do equipamento completo, com os números 1 a 9 representando cada etapa do processo de forma sequencial, desde a entrada do material da embalagem, formação dos envelopes, preenchimento e fechamento do produto, como podemos ver na Figura 6 abaixo:

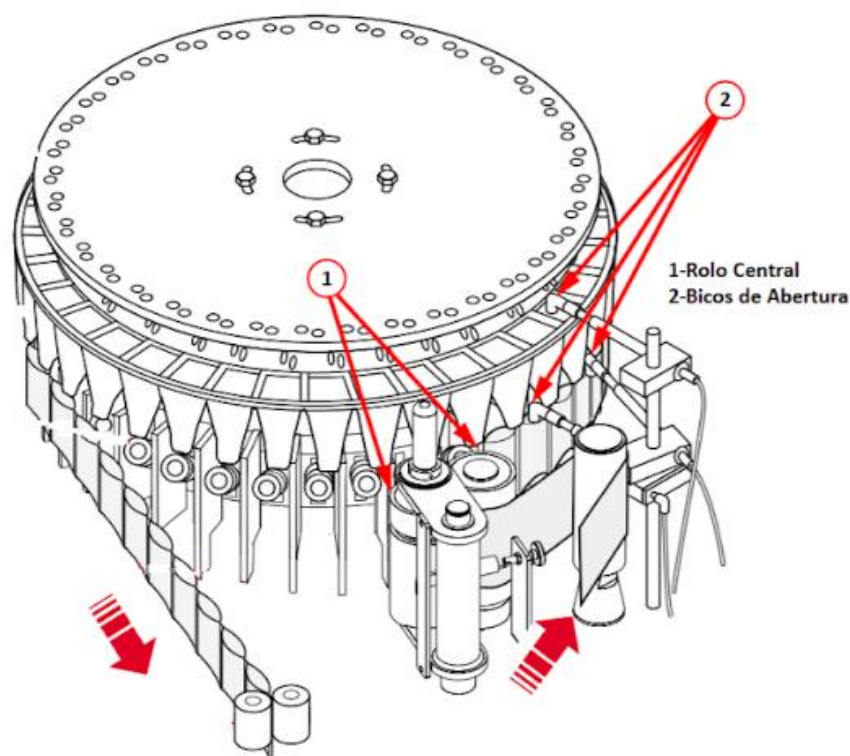
Figura 6: Princípio de funcionamento da envasadora.



Fonte: Grupo multifuncional do estudo.

Adicionalmente ao croqui do equipamento completo, foi elaborado um detalhamento maior da roda de enchimento e do rolo central, de forma a tornar mais fácil a identificação da causa das falhas neste equipamento, como podemos ver na Figura 7 a seguir:

Figura 7: Croqui do rolo central.



Fonte: Grupo multifuncional do estudo.

4.6 Passo 5: Definição da meta.

Dando continuidade ao processo, a etapa 5 diz respeito a definição da meta a ser atingida pelo time com a aplicação da melhoria, com total clareza de quais são os objetivos em termos de resultado.

Através da comparação de outras linhas e processos e análise do *Best in Class* (referência dentro da fábrica), foi definida a técnica SMART, que consiste em responder algumas perguntas para definição da meta, representadas no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5: Quadro de perguntas SMART

	Tipo	Pergunta	Resposta
S	Específica	Definir claramente como e qual modo de falha/ perda será atacado.	Equipamento envasadora, travamento do conjunto do rolo central.
M	Mensurável	De quanto para quanto?	Travamento do rolo central (22 para 0)
A	Atingível	A meta é realista e possível de ser atingida, ainda que represente um desafio?	Sim, os indicadores tem oportunidades de ganhos.
R	Relevante	A meta é relevante para a empresa?	Sim, o desafio visa eliminar perdas operacionais e pequenas paradas.
T	Tempo determinado	A meta deve ter um prazo que seja agressivo porém realista?	Prazo 11 semanas.

Fonte: Os autores.

Desta forma, ficou definida a medição do indicador de eficiência global da linha (GE), que relaciona as horas de paradas, perdas operacionais e produção da linha PK4000C, visando uma redução das paradas por travamento do rolo central, como exemplificado no Gráfico 4 da meta preliminar a seguir.

Gráfico 4: Meta Preliminar

Fonte: Os autores.

A meta é audaciosa, porém, a partir do conhecimento da causa do travamento do rolo, será possível implementar a manutenção autônoma e preventiva, evitando que o problema ocorra novamente

4.7 Passo 6: Definição do cronograma e plano de trabalho.

O passo tem como função o planejamento das atividades a serem desenvolvidas para que a melhoria seja concretizada, seu objetivo principal é garantir uma excelente gestão do tempo para execução do projeto de modo que não aconteçam perdas por falhas no gerenciamento das etapas.

Para realização deste projeto foi feito o planejamento das atividades, em azul, definido prazo para execução dos passos pelo time, com reuniões semanais para animação e alinhamento do trabalho. A organização planejada pode ser vista na Quadro 6 a seguir preenchido em verde após a realização das atividades.

Quadro 6: Cronograma e plano de trabalho.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Definição do plano com o time											
Passo 1 - Identificação das perdas	■										
Passo 2 - Selecionar e Justificar o tema (link com a CBN da Planta)	■										
Passo 3 - Entender Situação Atual e Foco na Área de Análise		■									
Passo 4 - Entender Processo e Princípios			■								
Passo 5 - Definição da meta para o indicador			■								
Passo 6 - Definição do plano com o time				■	■						
Passo 7 - Análises de causas raízes				■	■						
Passo 8 - Propor contramedidas					■	■					
Passo 9 - Implementar contramedidas						■	■	■	■	■	
Passo 10 - Resultados										■	
Passo 11 - Padronização										■	
Passo 12 - Planos Futuros											■

Fonte: Os autores.

Da mesma forma que os dados iniciais foram observados em tempo real para identificação da falha, a aplicação rápida das contramedidas sugere uma rápida mudança nesses indicadores, por isso o prazo de execução da metodologia deve ser ágil.

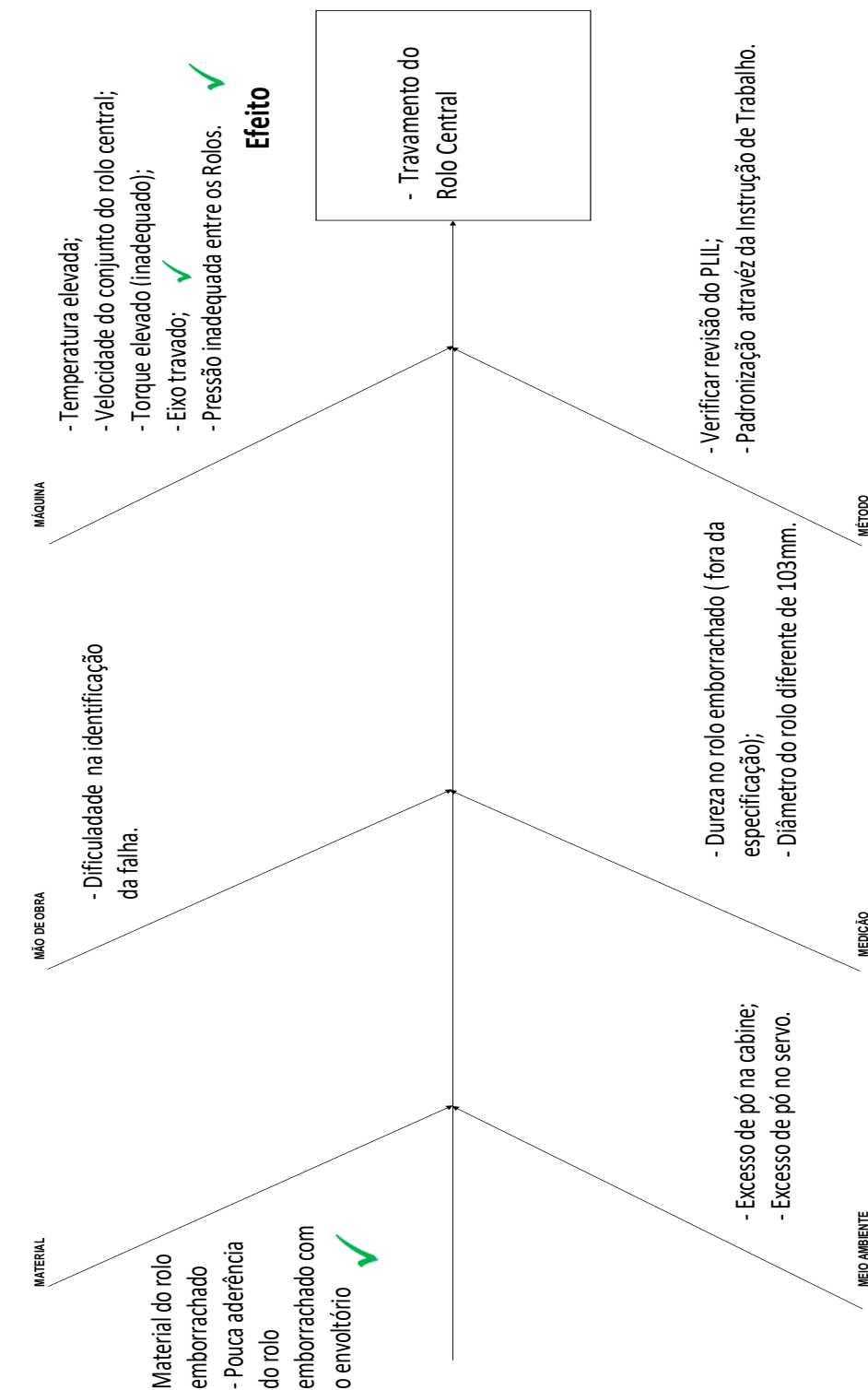
4.8 Passo 7: Análise de causa raiz.

Este passo talvez seja o mais importante para o desenvolvimento, pois tem como função e objetivo definir claramente quais são as causas geradoras do efeito estudado e chegar ao nível mais profundo de um problema complexo, que nesse caso é o travamento do rolo central.

Uma ferramenta utilizada nesta etapa da metodologia foi o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama espinha de peixe ou causa e efeito. É um gráfico cuja finalidade é organizar o raciocínio em discussões de um problema prioritário, em processos diversos, especialmente na produção industrial, fazendo um estudo sobre o problema, relacionando as causas e efeitos.

Para preencher o diagrama, utilizamos a técnica de *brainstorming* (chuva de ideias) com o time, para identificar os efeitos em cada quesito da espinha de peixe que o problema pode causar. O resultado obtido pode ser observado na Figura 8 a seguir.

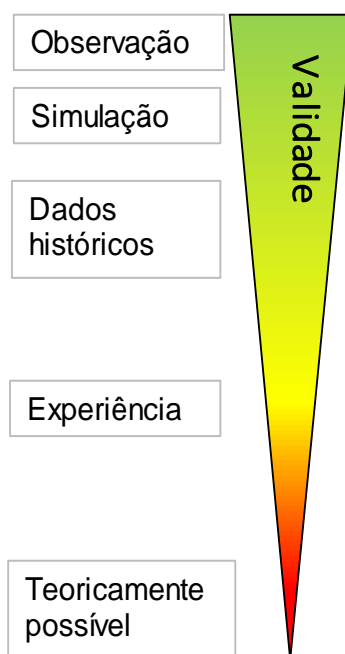
Figura 8: Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Os autores.

Após o preenchimento do diagrama, as ideias passam por uma avaliação com os critérios de validação mostrados na Figura 9 a seguir, para identificar o embasamento da ideia, se ela foi elaborada pela observação da falha, por uma simulação física ou computacional, através da observação dos dados históricos da máquina, ou então com base na experiência da pessoa dona da ideia, para estabelecer e dar prioridade as que tem maior probabilidade de estarem corretas.

Figura 9: Critério de validação.



Fonte: Os autores.

Dando sequência a esta etapa, novamente através do *brainstorming* foi preenchida uma tabela com os 5 Por Quês? Listando cinco prováveis causas para as principais causas identificadas como pertinentes no diagrama de Ishikawa que passaram pelo critério de validação apresentado na Figura 9 anteriormente. O resultado obtido está ilustrado no Quadro 7 abaixo.

Quadro 7: 5 Por Quês?



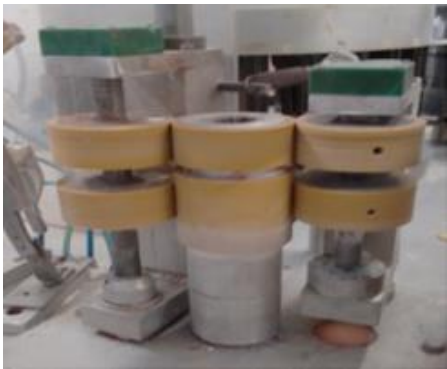
Provável causa confirmada	1 Porquê	2 Porquê	3 Porquê	4 Porquê	5 Porquê	Causa raiz
Eixo travado	Rolamentos travados	Contaminação da lubrificação dos rolamentos	Retentores não cumprem a vedação	Sistema de vedação inadequado		Sistema de vedação inadequado
Pouca aderência do rolo emborrachado com o envoltório	Rolo emborrachado deformado	Borracha com vulcanização ineficiente	Processo de vulcanização não era adequado	Por que a rugosidade das superfícies não favorece a aderência		Por que a rugosidade das superfícies não favorece a aderência
Pressão entre os Rolos despadronizado	Porque cada pessoa ajusta de um jeito	Por que não existe padrão	Por que não é possível ter um padrão	Por que o dispositivo não favorece	Por que o ajuste é manual e depende do filing do operador	Automatizar o dispositivo

Fonte: Grupo multifuncional do estudo.

Com a lista de causas prováveis para o problema de envaze que está sendo tratado, foi feita uma análise de pertinência dentre os porquês apresentados pela equipe, chegou-se a conclusões que o conjunto de rolos apresenta um sistema de vedação inadequado, possibilitando a entrada de sujidades e resíduos do processo, ocasionando o travamento do rolo. A superfície do sistema não apresenta uma

rugosidade adequada a aderência da embalagem e uma falta de padrão da pressão entre os rolos. Defeitos que podem ser observados no Quadro 8 a seguir.

Quadro 8: Modos de falha observados.

	<p>Sujidade acumulada no rolo central, podendo ocasionar o travamento do mesmo.</p>
	<p>Falta de padrão dos parâmetros dos rolos.</p>
	<p>Superfície com rugosidade inadequada.</p>

Fonte: Os autores.

Com essa lista de causas raiz, segue-se para as próximas duas etapas da metodologia *Kobetsu Kaizen*, que dizem respeito a proposição das contramedidas e implementação das mesmas.

4.9 Passo 8 e 9: Propor e implementar contramedidas.

Neste ponto da metodologia, com conhecimento mais profundo sobre o problema, o equipamento e as possíveis causas, juntamente a equipe de operadores da linha, que conhecem na prática do dia a dia o processo e com o time de manutenção, que conhece a fundo o funcionamento do dispositivo que tem causado a falha, foram propostas as seguintes contramedidas para eliminação das perdas, ilustradas no Quadro 9 a seguir.

Quadro 9: Contramedidas.

Causa Raíz	Oque?/Como?/Onde?	Nível efetividade da escada
Sistema de Vedação	Criar sistema de vedação com limpeza constante por ar comprimido para evitar o acesso de pó pelos retentores	4
Material dos Rolos Emborrachados	Alterar o material e textura da borracha nos rolos	3
Material dos Rolos Emborrachados	Troca do fornecedor do Rolo Emborrachado	3
Ajuste ineficaz das molas	Criar sistema pneumático para pressão entre os rolos	4
Tempo elevado para reparo	Criar dispositivo do Conjunto do Rolo Central com método de troca rápida	4

Fonte: Os autores.

As contramedidas listadas no Quadro obedecem a uma classificação conforma a classificação de contramedidas representada a seguir no Quadro 10.

Quadro 10: Classificação de contramedidas.

Nível	Descrição	Exemplo
6	Eliminar a operação	Projetar a necessidade de fazê-la, avaliar o que precisa para ela não existir
5	Eliminar o Elemento Humano	Mecanizar a operação
4	Torná-la difícil para fazê-la da maneira errada	A prova de erros – Poka Yoke
3	Constantemente lembrá-los "num relance" da maneira correta	Gestão Visual - marcação, sinalização, marcações de piso
2	Verifique que a pessoa tenha se lembrado de fazê-lo da maneira correta	Realizar uma auditoria, checklists
1	Lembrar a pessoa do caminho para fazer a verificação corretamente	LPP, Instrução de Trabalho, Disciplina, Retreinamento

Fonte: Os autores.

Esta classificação faz parte das normas internas da empresa do estudo em questão e ajuda a avaliar a eficácia das propostas, medidas com níveis maiores apontam uma maior eficácia naquela ação preventiva com relação a erradicação do problema raiz. Por isso o objetivo é definir contramedidas de maior eficácia, mesmo que isso represente um desafio maior.

Nesta aplicação as medidas propostas apresentam nível 4 ou 3, ou seja, retira a possibilidade da falha humana e deixa a operação menos suscetível a falhas devido a padronização e mecanização da atividade.

4.10 Passo 10: Resultados.

Esse passo tem por finalidade apresentar e avaliar os resultados obtidos após implementação das contramedidas feitas nas etapas anteriores.

As medidas adotadas foram a criação de um sistema de vedação com limpeza constante por ar comprimido para evitar o acesso de sujidades e o depósito de resíduos através dos retentores do rolo central; a troca do fornecedor e do material do rolo emborrachado por um que apresenta maior rugosidade e aderência a embalagem; a instalação de um sistema pneumático para padronização da pressão entre os rolos e pôr fim disponibilizar um conjunto para troca rápida do rolo em caso de falha. As mudanças no equipamento podem ser observadas no Quadro 11 a seguir.

Quadro 11: Mudanças implementadas no rolo central.

	<p>Sistema de vedação com limpeza constante por ar comprimido.</p>
	<p>Sistema de troca rápida de rolos com parâmetros padronizados.</p>
	<p>Superfície com rugosidade adequada.</p>

Fonte: Os autores.

As atividades foram desenvolvidas pelo próprio time de manutenção e engenharia dentro de suas atribuições e qualificações de modo a sanar ou pelo menos reduzir as falhas.

Pode-se observar na primeira imagem do quadro, o rolo com limpeza adequada e sem acúmulo de resíduos que podem ocasionar seu travamento, também se nota na segunda imagem uma peça única do rolo, fato que proporcionou maior padronização das pressões e reduziu o tempo de intervenção em caso de falhas. Tempo que anteriormente girava em torno de 4 horas e hoje encontra-se por volta de 30 minutos. Ainda no quadro, observa-se na terceira imagem o novo material da

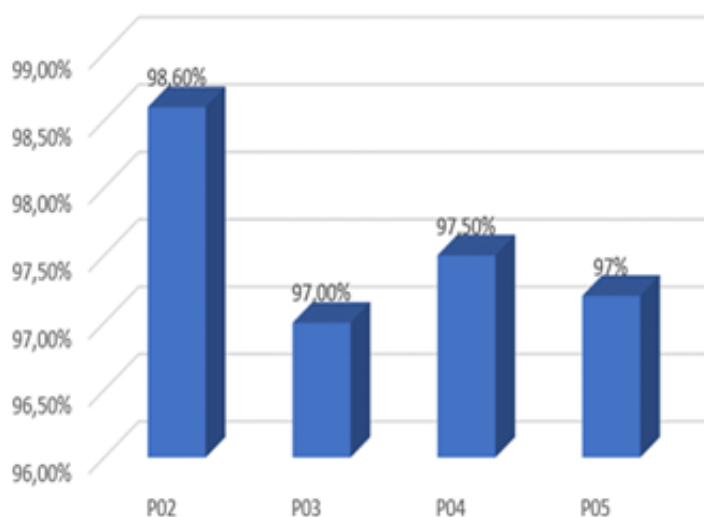
superfície emborrachada do rolo, que apresenta maior rugosidade, evitando o deslizamento das embalagens.

Desta forma, até o presente momento, em outubro de 2019 não temos registros de paradas devido ao travamento do rolo central desde a implementação das contramedidas, pode-se dizer que temporariamente a meta, que era reduzir de 22 para zero paradas em 3 meses foi atingida. Outro ponto positivo observado desde a implementação destas mudanças foi a redução do percentual de refugo, antes com 1,41% e hoje 0,82%, evitando cerca de 60kg de pó destinado a retrabalho ou descarte, algo próximo dos 50.000 pacotes de suco em pó por mês.

E por fim nota-se a eliminação algumas etiquetas vermelhas da linha, ou seja, quatro perdas significativas da linha, são elas TMEF (Tempo médio entre falhas), GE, sobrepeso, refugo e reprocesso, que atingiram as metas da empresa.

Fatos que deixaram o rendimento mensal da linha PK4000C observado nos meses de fevereiro (P02) a junho (P05) do ano de 2019 ficar em torno de 97%, como pode ser visto no Gráfico 5 abaixo.

Gráfico 5: Rendimento mensal da linha PK4000C

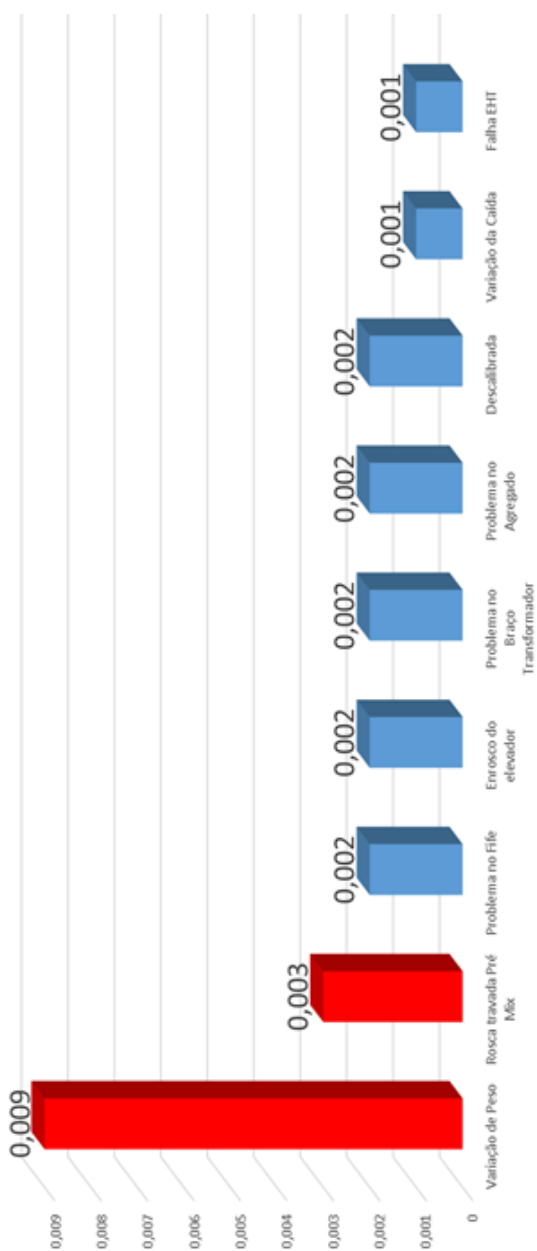


Fonte: Os autores.

Fato que deixa clara a eficiência e aplicabilidade dessa metodologia para a melhoria contínua dos processos, com uma elevação de quase 10% na GE da linha, que anteriormente a aplicação das medidas era de aproximadamente 86,30%.

Para evidenciar a eficácia das medidas implementadas, observa-se o gráfico de modos de falha registrados nos meses subsequentes as ações realizadas, como ilustrado na Gráfico 6, a seguir.

Gráfico 6: Modos de falha da PK4000C de 02/19 a 05/19



Fonte: Os autores.

Como pode-se ver, as falhas relacionadas a operação onde acontecia o travamento do rolo deixaram de aparecer entre os modos de falha recorrente da linha, o que comprova de fato a erradicação deste defeito nesse período.

Por fim, apresentam-se fotografias e representações 3D de como era o dispositivo do rolo central antes do *kaizen* e como ele ficou após passar por todas as melhorias, como pode-se ver nas Figuras 10, 11, 12 e 13 abaixo:

Figura 10: Fotografia do rolo central antes do kaizen



Fonte: Os autores.

Figura 11: Representação 3D do rolo central antes do kaizen.



Fonte: Grupo multifuncional do estudo.

Figura 12: Rolo central após o kaizen.



Fonte: Os autores.

Figura 13: Representação 3D do rolo central após o kaizen.



Fonte: Grupo multifuncional do estudo.

Como observa-se nas imagens, o rolo sofreu diversas alterações, tanto de funcionamento como limpeza e segurança, o que aparentemente traz uma maior complexidade para o equipamento, porem com a unificação de algumas peças em sistemas e a padronização das atividades e intervenções, o equipamento se mostrou mais simples e preciso, como era o objetivo inicial do *kaizen*

4.11 Passo 11: Padronização.

Próximo ao fim da aplicação metodologia *kobetsu kaizen*, temos o passo 11, que diz respeito a padronização das contramedidas aplicadas a essa linha que obtiveram resultado vantajoso, para garantir a sustentabilidade do projeto.

Divide-se neste passo as ações entre construção de conhecimento, com dois pontos inseridos na matriz de habilidades da equipe através de dois treinamentos ministrados para 6 funcionários oriundos da manutenção e operação, padronizando a atividade de maneira ideal para o funcionamento do processo. Por outro lado, classifica-se algumas atividades como controles de processo, onde foram criadas duas instruções de trabalho, 2 rotas de manutenção e 1 *poka yoke*, tornando o processo mais preciso, desta forma evitando a ocorrência de falhas.

4.12 Passo 12: Planos futuros.

O objetivo do último passo é a ampliação dos resultados obtidos com a metodologia nessa linha para o restante da fábrica ou até mesmo do grupo, chegando a plantas em outras localidades ou países diferentes.

Analisando a operação e o equipamento submetidos ao *kaizen*, observamos um potencial de ampliação para mais 7 linhas na planta de Curitiba. Analisando a placa global, a solução encontrada pode ser replicada nas plantas do México, Argentina, Tailândia e Bahrein.

5 CONCLUSÃO

A partir de um problema informado pelo software de controle da produção no processo de embalagem do produto semiacabado, a constatação do mesmo mediante uma coleta e estratificação de dados, a criação de uma equipe multidisciplinar para resolução do problema, a implementação de melhorias, e coleta posterior de dados foi possível verificar uma melhoria na produtividade da linha com ações relativamente simples, que podem ser empregadas pela equipe que trabalha diretamente com o processo.

Para desenvolvimento deste projeto foi necessário um período de três meses de coleta de dados para poder visualizar com clareza em sem muitas discrepâncias as origens e causas dos defeitos, três meses para realização das etapas do *kaizen*, estudo e aplicação das contramedidas propostas e ainda três meses para observação dos indicadores após as melhorias, para comprovar sua eficácia.

O projeto de estudo foi de grande importância, pois foi constatado que para melhorar processos de fabricação, ou até mesmo os mais complexos como a manutenção e reduzir as suas falhas não é uma atividade com complexidade muito elevada ou restrita a alta direção. Isto é, através do comportamento da equipe, com um time engajado que vivencia a produção e as falhas no dia a dia, aplicando princípios como o da manutenção autônoma, pode-se reduzir as falhas e defeitos e conseqüentemente aumentar a produtividade e lucratividade da indústria, obtendo resultado positivos com atitudes simples.

O impacto causado pelas contramedidas aplicadas durante o *kaizen* foi uma melhoria de aproximadamente 10% no GE da linha, diminuição do tempo médio de reparo do rolo central em 75%, passando de 240 minutos para 60 minutos, redução constatada durante o período de testes, visto que a meta de zero paradas por esse motivo foi atingida até a presente redação deste trabalho.

Outro ponto importante constatado durante a realização do projeto é a cada vez mais importante presença do acompanhamento em tempo real da produção, podendo cada vez mais reduzir os tempos para que seja tomada uma ação em decorrência de um defeito ou falha ou até mesmo a possibilidade crescente de predição de falhas através do monitoramento de condição da máquina ou através de modelos preditivos

que trabalham em cima de uma base de dados do histórico das máquinas e das falhas, chegando cada vez mais parte da inteligência artificial para detectar e solucionar problemas nas indústrias.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. Documento Nacional 2011 - **ABRAMAN a Situação da Manutenção no Brasil 26 Congresso Brasileiro de Manutenção**. Curitiba 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994

ATZORI, Luigi; IERA, Antônio; MORABITO, Giacomo. **The Internet of Things: A survey**. Computer Networks, [s.l.], v. 54, n. 15, p.2787-2805, out. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128610001568>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

BABICEANU, R, F.; SEKER, R. **Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook**. Computers in Industry, v.81, 2016

BREYFOGLE, F.W. III. **Implementing Six sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods**. New York, NY: John Wiley & Sons, 2003.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão da produção: uma abordagem introdutória**. 3 ed.: Manole, 2014.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**. 7 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

FISHER, M. (1999). **Process improvement by poka-yoke**. Work Study, 264-266

FUNDAÇÃO NACIONAL DE QUALIDADE, **O que são sistemas de indicadores**. Disponível em: <<http://www.fnq.org.br/informe-se/noticias/o-que-sao-sistemas-de-indicadores>> acesso em: 18 de mai. 2019

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

HADDARA, Moutaz et al. **The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future**. Procedia Computer Science, [s.l.], v. 64, p.721-728, 2015. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.598>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915027337>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

MARIANO, E. B. **Conceitos Básicos de Análise de Eficiência Produtiva**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14, 2007, São Paulo. Anais... São Paulo: UNESP, 2007.

MARQUES, M. et al. **Decentralized decision support for intelligent manufacturing in Industry 4.0**. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments, v.9, 2017.

MARQUES, M. et al. **An architecture to support responsive production in manufacturing companies**. 2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems, IS 2016 – Proceedings, 2016.

MARTIN, C. **Automação e manutenção entre as vantagens competitivas dos players de celulose e papel**. Revista O Papel, a. 75, n. 7, jul. 2014.

MIOTO, Regina C. T.; LIMA, Telma C. S. **Procedimentos metodológicos para construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica**. Vol. 10 Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2007.

MOURTZIS, D.; VLACHOU, E.; MILAS, N. **Industrial Big Data as a Result of IoT Adoption in Manufacturing**. Procedia Cirp, [s.l.], v. 55, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.038>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116307880>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

NASCIF, J. **Indicadores de Manutenção**. Minas Gerais, n.13, 2011.

NEGRI, E.; FUMAGALLI, L.; MACCHI, M. **A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems**. Procedia Manufacturing, v. 11, 2017.

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

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica**. 4 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

PINTO, J. R. C.; NUNES, F. L.; VIERO, C. F. **Avaliação dos Ganhos de Produtividade e Redução de Custos Gerados pela Automação de Processo em uma Empresa Calçadista: um estudo de caso**. Revista Espacios, v. 36, n. 16, p. 6, 2015. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a15v36n16/15361606.html>>. Acesso em: 18 mai. 2019.

PISCHING, Marcos A. et al. **Service Composition in the Cloud-Based Manufacturing Focused on the Industry 4.0**. Ifip Advances in Information and Communication Technology, [s.l.], v.1, n. 1, 2015. Springer International Publishing. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-16766-4_7>. Acesso em: 28 abr. 2019.

PLENTZ, M. **Estudo de caso para melhoria de eficiência produtiva de linha de produção em uma indústria de alimentos**. 2013. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2013.

RODRIGUES, Marcus Vinicius. **Entendendo, Aprendendo e desenvolvendo sistemas de produção lean manufacturing**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2014.

RODRIGUES, A.F.; FERRARIN, F. V.; OLESKO, P. G. M.. **Implementação de Indicador de Desempenho OEE em Máquina de Abastecimento de Ar Condicionado Automotivo**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2013.

SCHETTINI, D. C. D. **Eficiência Produtiva da Indústria de Transformação nas Regiões Brasileiras: uma análise de fronteiras estocásticas e cadeias espaciais de Markov**. 2010. 198 f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SHOPLOGIX. **Performance Management Software With Real-Time Visual Analysis**. Disponível em: <<https://shoplogix.com/>>. Acesso em 20 mai. 2019.

SILVA, Vinicius. **Manutenção Produtiva Total (TPM): afinal, o que é e por que ela é tão importante?** 2017. Disponível em: <<https://vinicius-silva.com/2017/11/29/manutencao-produtiva-total-tpm-afinal-o-que-e-e-por-que-ela-e-tao-importante/>>. Acesso em: 18 mai. 2019.

SLACK, *et al.* **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1998

TAVARES, Lourival. **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações, 1999.

TROJAN, F.; MARÇAL, R. F. M.; BARAN, L. R. **Classificação dos Tipos de Manutenção pelo Método de Análise Multicritério Electre Tri**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 45. 2013, Natal (RN). Anais... Natal: SOBRAPO, 2013.

ZHOU, Keliang; LIU, Taigang; ZHOU, Lifeng. **Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges**. 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (fskd), Zhangjiajie, p.2147-2152, ago. 2015. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/fskd.2015.7382284>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7382284>>. Acesso em: 17 abr. 2019.