



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ANDRÉ CYSNEIROS LANDIM BARBOSA DE MELO

ESTUDO DE CASO: aplicação da Metodologia Kaizen para redução de custo de energia na indústria vidreira

Recife

2021

ANDRÉ CYSNEIROS LANDIM BARBOSA DE MELO

ESTUDO DE CASO: aplicação da Metodologia Kaizen para redução de custo de energia na indústria vidreira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Maxime Montoya.

Recife
2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

M528e Melo, André Cysneiros Landim Barbosa de.
 Estudo de caso: aplicação da Metodologia Kaizen para redução de
 custo de energia na indústria vidreira / André Cysneiros Landim Barbosa de
 Melo. – 2021.
 45 f.: il., figs., gráfs., qds., tabs.

 Orientador: Prof. Dr. Maxime Montoya.
 TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
 Departamento de Engenharia Mecânica, Recife, 2021.
 Inclui referências.

 1. Engenharia mecânica. 2. Metodologia Kaizen. 3. Energia elétrica.
 4. Inversor de frequência. 5. Vidro. I. Montoya, Maxime (Orientador). II.
 Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-89

ANDRÉ CYSNEIROS LANDIM BARBOSA DE MELO

ESTUDO DE CASO: aplicação da Metodologia Kaizen para redução de custo de energia na indústria vidreira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: 30/08/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Maxime Montoya (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Magda Rosângela dos Santos Vieira (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Janaína Moreira de Meneses (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família e minha noiva pelo apoio e suporte não somente durante a jornada universitária, mas por cada exemplo que me vem desde bebê até o homem e profissional que estou me formando, além disso por serem as principais pessoas a confiarem e acreditarem em mim.

Agradeço também ao Professor e Orientador Dr. Maxime Montoya, pela ajuda e suporte para organizar das melhores formas as ideias deste trabalho e junto comigo desenvolver este trabalho de conclusão de curso.

A empresa pesquisada, onde estou tendo a oportunidade de iniciar uma jornada profissional onde posso colocar em prática os conhecimentos que a mim foram ensinados durante todo o período da graduação e me permite aprender diariamente e me descobrindo como engenheiro.

Por último, porém não menos importante, aos colegas que fiz durante o curso que nunca soltaram a minha mão e mesmo nos momentos mais difíceis dessa jornada fizeram com que a gente unisse nossas forças e conseguisse superar todas as barreiras e dificuldades juntos.

RESUMO

Este trabalho tem como principal objetivo a exposição de um projeto de melhoria contínua dentro de uma multinacional do ramo de glass containers através da metodologia KAIZEN. Nele serão abordados os principais conceitos da metodologia KAIZEN que são: sua origem, as filosofias em que ela pode ser utilizada, aplicações e a sua importância impactante em resultados financeiros e produtivos. Serão apresentadas também as análises qualitativas e quantitativas a fim de trazer resultados positivos e significativos obtidos através do KAIZEN, aplicado em um business case relacionado ao consumo em excesso de energia elétrica no processo de arrefecimento do processo de fabricação de embalagens de vidro. Além disso, o trabalho também visa mostrar de forma macroscópica e geral todo o processo estudado, avaliando as oportunidades de melhoria e a redução de custo trazida para a companhia através da utilização de inversores de frequência para controlar a potência utilizada por motores de ventiladores axiais.

Palavras-chaves: Kaizen; energia elétrica; inversor de frequência; vidro.

ABSTRACT

This academic research has as principal purpose to expose a continuous improvement project within a multinational company in the glass container industry scenery through the KAIZEN methodology. The main concept about KAIZEN methodology, its origin, the philosophies in which it can be used, applications and its impacting importance in financial and productive results will be approached by this paper. Qualitative and also quantitative analyzes will be presented in order to show how it can bring positive and significant results obtained through KAIZEN, applied in a simple business case related to an excessive consumption of electricity that happens during the cooling process of the glass container manufacturing. In addition to that, the academic research also aims to show, in general, the entire manufacturing process of glass containers, evaluating opportunities for improvement and cost reduction brought to the company through the use of frequency inverters to control the power used by axial fan motors.

Keywords: Kaizen; electricity; frequency inverters; glass.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS GERAIS	10
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	O SURGIMENTO DO KAIZEN	11
2.2	PRINCIPAIS CONCEITOS DO KAIZEN	12
2.2.1	<i>Kaizen e gestão</i>	12
2.2.2	<i>Processos x resultados</i>	13
2.2.3	<i>Seguir os ciclos PDCA/SDCA</i>	15
2.2.4	<i>Colocar a qualidade em primeiro lugar</i>	16
2.2.5	<i>Tomar decisões baseadas em dados</i>	17
2.3	INDÚSTRIA VIDREIRA	17
2.3.1	<i>Processo produtivo do vidro</i>	19
2.3.2	<i>Transporte das embalagens da máquina para a esteira transportadora</i>	20
2.3.3	<i>Ventilador do sistema de resfriamento do prato morto</i>	20
2.3.4	<i>Controle de velocidade de rotação do ventilador</i>	21
2.3.5	<i>Escolha do inversor de frequência</i>	21
2.4	LOCALIZAR AS PERDAS	22
2.5	ESTABELEECER PLANOS DE AÇÃO	23
2.6	EXECUÇÃO DO PLANO E COLOCAR PLANO EM PRÁTICA	24
2.7	VERIFICAR ATINGIMENTO DA META E ACOMPANHAR INDICADORES	24
2.8	PADRONIZAR E TREINAR	24
3	METODOLOGIA	26
3.1	IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES	26
3.2	ESTABELECENDO O PLANO DE AÇÃO	26
3.3	IMPLEMENTAR O PLANO DE AÇÃO	27
3.4	CUSTO DO PROJETO	27
3.5	GANHOS FINANCEIROS	28
3.6	PADRONIZAÇÃO	28
4	RESULTADOS	29

4.1	OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS	29
4.2	PLANO DE AÇÃO	33
4.3	IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO	34
4.4	CUSTO DO PROJETO	38
4.5	GANHOS FINANCEIROS	39
4.6	PADRONIZAÇÃO	40
5	CONCLUSÃO	42
	REFERENCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

É de comum conhecimento que, nos dias de hoje, caso as indústrias de todos os setores queiram permanecer competitivas, terão de passar por grandes revoluções no seu modo de pensar e de liderar suas equipes. Parte dessa mudança cultural advém da vontade de tornar sua equipe e/ou seu processo sempre melhor a cada dia que passa. A fim de obter essa vantagem competitiva, muitas empresas estão investindo não só o tempo, mas também muito do seu capital, na melhoria contínua dos seus processos e seus produtos.

Principalmente após a grande Revolução Industrial, as metodologias que surgiram vêm sendo aperfeiçoadas e já geram melhorias que, em sua maioria, entregam bons resultados financeiros. Portanto, são retroalimentadas, com o objetivo de sempre ter novas ideias, técnicas e ferramentas para continuar gerando valor para a companhia (GODINHO FILHO; UZSOY, 2009, p.1).

Dentro de vários termos e técnicas que são utilizadas mundialmente para obter essa vantagem, este trabalho é focado no *KAIZEN*.

Traduzindo o termo *KAIZEN* para o português, pode-se dizer que a palavra representa “mudança para melhor”. O *KAIZEN* pode ser aplicado no dia-a-dia de qualquer pessoa, no seu trabalho ou até mesmo na sua casa. No âmbito empresarial, pode ser utilizado desde os níveis básicos da companhia, como o chão de fábrica, até mesmo o mais alto cargo gerencial. A sua estratégia é montar grupos de pessoas que podem estar localizadas no mesmo nível hierárquico ou não, para que pensem em maneiras simples, eficientes e baratas de eliminar o desperdício, aumentar a flexibilidade da produção e reorganizar os processos produtivos (FERREIRA; MONTEIRO, 2008, p.9).

Dentro da indústria de *glass containers* (embalagens de vidro) existe uma competitividade gigantesca, tendo em vista que a margem dos negócios é baixa. A vantagem competitiva pode advir de muitas fontes, seja ela investindo em tecnologia do processo ou que no final das contas a empresa consiga gastar menos para produzir a mesma coisa ou mais do que já era produzido ou esperado.

Diante de vários fatores que impactam diretamente os cofres das indústrias vidreiras, observa-se dois que são de extrema importância para o segmento e que representam uma boa fatia do que sai do bolso das empresas mensalmente. São eles gás e energia. Somente no ano de 2021 a ANEEL em sua revisão tarifária

aprovou o reajuste de 11,89% para os consumidores de alta e média tensão (disponível em: bit.ly/3nntKr0).

Perante toda a instabilidade econômica do país e todos esses reajustes elevados que afetam as contas das indústrias, a importância de buscas por oportunidades de melhoria para diminuir os custos com energia elétrica vem aumentando cada vez mais.

Diante dessas problemáticas, este trabalho visa apresentar um caso de sucesso onde uma oportunidade identificada na economia de energia elétrica dentro do processo de fabricação de embalagens de vidro gerou uma economia na conta de eletricidade que pode ser levada em uma escala mundial para a empresa.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho tem como objetivo apresentar um business case de sucesso dentro de uma indústria multinacional de *glass containers*, mostrando a aplicação da metodologia KAIZEN no processo produtivo das linhas de fabricação de garrafas de vidro em uma companhia multinacional com foco em diminuir as despesas com energia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos da pesquisa dividem-se em:

- Identificação de oportunidades a partir de uma análise prática do processo produtivo de glass containers;
- Estabelecer um plano de ação eficiente e capaz de mitigar perdas que a oportunidade encontrada traz;
- Implementar o plano de ação;
- Discutir o resultado do projeto;
- Padronizar e escalonar o plano de ação de sucesso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta parte do trabalho será dado todo o aparato necessário para que se possa explanar e entrar mais a fundo sobre toda a metodologia KAIZEN e também sobre o cenário da indústria do vidro e seu processo.

2.1 O SURGIMENTO DO KAIZEN

O pai do KAIZEN é o Masaaki Imai, japonês, ele se formou em Relações Internacionais e foi funcionário da Toyota por alguns anos (PINTO, 2015, p7.). Após a Segunda Guerra Mundial, onde o Japão saiu derrotado, o governo e suas companhias tiveram que praticamente começar tudo do zero, na verdade elas precisavam se reinventar. Os americanos, por sua vez, eram as fontes inspiradoras pois haviam saídos fortes da guerra, com maquinário de ponta para a época e a economia a todo vapor.

Visando alcançar os níveis de produção americanos, os japoneses sabiam que teriam um enorme desafio pela frente pois a crescente exigência por qualidade dos consumidores os fariam ter que produzir seus produtos com um preço competitivo e qualidade mesmo dispondo de instalações industriais inferiores falando em relação a tecnologia e de mão de obra treinada. Foi através dessa necessidade que surgiu o KAIZEN. (PINTO, 2015, p.6).

As principais ferramentas do KAIZEN foram apresentadas ao Japão no final da década de 1950, depois disso também foram incorporadas por grandes gestores como W. E. Deming e J. M. Juran. De lá até hoje em dia, os princípios, ferramentas e conceitos são extremamente utilizados. Além disso, o foco na qualidade e o controle estatístico do processo (CEP), que foram acrescentados no final da década de 1960, deixaram o conceito muito mais sólido para que pudesse assumir seu de protagonista nas indústrias mundiais (COSTA, 2007, p.46).

Após o lançamento do livro *KAIZEN: The Key to Japan's Competitive Success* o termo KAIZEN passou a figurar como um dos principais conceitos de gestão. Outro fato marcante que também trouxe o KAIZEN a um nível maior de reconhecimento foi quando no início da primeira década do século XXI a Toyota Motor Company superou a General Motors e se tornou a principal fabricante de veículos do mundo. Hoje em dia seja a instituição uma instituição financeira, educativa, de saúde ou industrial utilizam os conceitos e adotam a filosofia e ferramentas que o KAIZEN nos

traz. A partir daí, outros nomes, como melhoria contínua, gestão da qualidade total, *lean manufacturing*, *just in time* e *six sigma* também começaram a surgir, em sua maioria com o foco no cliente, que são baseadas pelo *gemba* e também referenciadas no KAIZEN (IMAI, 2014).

O supracitado *Masaaki Imai*, pai do KAIZEN, após anos trabalhados pela Toyota foi para os Estados Unidos durante a década de 50, onde trabalhou no centro de produtividade japonesa em Washington, o que fez aprender bastante sobre a cultura norte americana. No ano de 1962, Masaaki fundou a Cambridge Corporation, sendo consultor e fundador do KAIZEN Institute, em Austin, Texas, no ano de 1986. Sua missão era introduzir os conceitos do KAIZEN nas companhias ocidentais (MURUGAN, 2005).

2.2 PRINCIPAIS CONCEITOS DO KAIZEN

A fim de implementar o KAIZEN na sua cultura, a companhia deve incorporar alguns conceitos e sistemas básicos (IMAI, 2014, p.3). São eles:

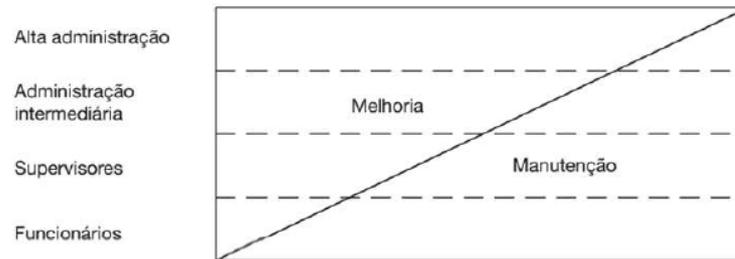
- KAIZEN e gestão;
- Processos x resultados;
- Seguir os ciclos PDCA/SDCA (Plan, Do, Check, Act/ Standardize, Do, Check, Act);
- Qualidade em primeiro lugar;
- Tomar decisões baseadas em dados;

2.2.1 *Kaizen e gestão*

Para que qualquer tipo de conceito e sistema seja incorporado em sua cultura, as empresas têm que garantir que sua liderança está engajada e bem treinada para repassar os conhecimentos para os seus liderados.

O KAIZEN preza muito pela definição de procedimentos operacionais padrão, e seu conceito visa melhorá-los durante o dia a dia das atividades, sendo assim, os colaboradores devem realizar mudanças para melhor diariamente, seja nas suas atividades rotineiras de trabalho ou em sua vida pessoal (FERREIRA; MONTEIRO, 2008, p.30).

Figura 1 - Percepção japonesa das funções de trabalho



Fonte: IMAI, M (2014)

Fonte: IMAI, M. (2014)

Pela Figura 1 pode-se perceber que a gestão tem por dever executar as suas atividades a fim de garantir que todos os colaboradores possam executar os procedimentos padrões pré-existentes, além disso também deve pensar em maneiras de elevar os padrões atuais (IMAI, 2014, p.3).

É relevante deixar claro que segundo Imai (2014, p.3), a prática do KAIZEN se difere da inovação. A inovação é algo ligado a tecnologia e que geralmente onera consideravelmente os cofres da empresa, já a melhoria, ou KAIZEN, se baseia em esforços humanos, morais, de comunicação, trabalho em equipe, participação e disciplina, sendo então uma forma barata de evoluir. Daí então pode-se dividir a parte de Melhoria da Figura 1 em duas etapas: a inovação que ficaria sobre responsabilidade da alta administração, e a melhoria que como já dito é de responsabilidade desde os funcionários iniciais até a alta administração.

Durante anos, a gestão ocidental preferia a inovação à melhoria, porém, é perceptível a mudança que vem acontecendo na cultura ocidental de gestão, mas nada por acaso. Com os resultados orientais ganhando força e ultrapassando os resultados ocidentais, as buscas por novos modelos de gestão foram intensificadas e trazidas para o oriente a fim de alavancar também os resultados. O que, de fato, também vem acontecendo.

2.2.2 Processos X Resultados

O KAIZEN acredita que as melhorias que impactam positivamente e diretamente os processos também impactam positivamente e diretamente os resultados. Diante disso é papel da gestão observar oportunidades de melhorias e corrigir erros com foco no processo.

Como dito anteriormente, o KAIZEN é orientado a buscar as melhorias que tem origem os esforços humanos. Para que isso possa dar certo, é fundamental o compromisso e o envolvimento da liderança. Isso serve de demonstração para os colaboradores, assim os deixando mais engajados em garantir o sucesso do processo KAIZEN.

Pode-se dividir o KAIZEN em algumas etapas, começando pela conscientização e identificação de oportunidades, após isso criamos estratégias para melhorar as oportunidades encontradas e utilizar ferramentas como CEP (Controle Estatístico do Processo), TQC (Controle Total de Qualidade), junto com os esforços humanos e vale ressaltar que nem sempre todos esses elementos se fazem necessários para que o KAIZEN atue efetivamente. Assim que os esforços geram bons resultados, estes deverão ser padronizados para que a empresa o inclua em seus procedimentos e que a prática antiga não seja mais utilizada. Durante todo esse processo, o envolvimento e o esforço das pessoas são muito bem recebido pelos gestores da organização (FERREIRA; MONTEIRO, 2008, p.30).

IMAI (1994, p.236) diz que existem dez mandamentos a serem seguidos para obter sucesso no KAIZEN, que são:

- O desperdício sempre deve ser eliminado;
- As melhorias devem acontecer diariamente;
- O envolvimento e o engajamento de colaboradores de todas as partes e funções da empresa é fundamental;
- É baseado em melhorias, não em inovações;
- Pode ser aplicado em qualquer lugar, inclusive na vida pessoal;
- Utiliza como suporte a gestão visual deixando claro os procedimentos, processos e valores, deixando assim os problemas e desperdícios visíveis a todos;
- Tem como foco o local onde realmente se agrega valor, que é o chão de fábrica;
- Orientado para os processos;
- Os protagonistas da melhoria são as pessoas, o esforço principal de qualquer melhoria deve vir de mudança de mentalidade e estilo de trabalho das pessoas.

- Aprender fazendo.

Sendo assim, como o KAIZEN está diretamente ligado aos processos de melhoria contínua, ter essa cultura incorporada é uma missão para as grandes empresas e indústrias que desejam chegar a ter e também a manter boas posições e ser reconhecidas no mercado de hoje em dia (REBECHI, 2013, p.5).

2.2.3 Seguir os ciclos PDCA/SDCA

O PDCA é uma ferramenta gerencial para organizar as tomadas de decisões que visam garantir o alcance das metas definidas para melhorar os resultados da empresa. Atualmente o conceito já está difundido e é usado por todo o mundo para garantir o gerenciamento de rotina e melhorar os processos continuamente (WERKEMA, 1995). Segundo Rezende (2005), o uso correto do PDCA acontece forma a seguir:

- **P** (Plan = Planejar): Nessa fase acontece o planejamento do que vai ser feito, determina-se as metas, os indicadores que serão acompanhados e o método que será utilizado para atingir o resultado;
- **D** (Do = Fazer): Aqui as ações começam a sair do papel, inicia a implementação das ideias, treinar e educar a equipe conforme a metodologia e visando alcançar as metas definidas;
- **C** (Check = Verificar): Nesta fase é revisto se o andamento do projeto se encontra alinhado com tudo que foi planejado no início, inclusive se os resultados estão sendo obtidos como o esperado;
- **A** (Action = Agir): Neste momento corrige-se o que está saindo fora do esperado e do especificado e ainda se tomam ações corretivas ou de melhorias, caso na fase “**C**” tenha sido encontrado algo que exigia uma correção ou apresentou alguma oportunidade de melhoria.

Figura 2 – Ciclo PDCA e suas etapas



Fonte: Gustavo Periard no blog SobreAdministração

O ciclo PDCA é colocado em prática quando é considerado que já existe um procedimento padrão em uso e estável. Quando esse não existe ou em caso de instabilidade, deve-se trabalhar nele antes de trabalhar na melhoria do processo e para isso existe o ciclo SDCA (Padronizar, executar, verificar e agir).

Sempre que algo aconteça no processo, deve se fazer as seguintes perguntas:

- Isso aconteceu porque nós não temos um padrão?
- Isso aconteceu porque o padrão não foi seguido?
- Isso aconteceu porque o padrão não era adequado?

Dessa forma se descobre o ciclo que deve ser utilizado. Só se deve partir para o PDCA após se ter um padrão já estabelecido e seguido pelos colaboradores, caso contrário isso deve ser o foco dos esforços. Então se tem bem definidos que o ciclo SDCA é utilizado para padronizar e estabilizar os processos atuais, já o ciclo PDCA é feito para melhorar o que já é feito (IMAI, 2014, p.6).

2.2.4 Colocar a qualidade em primeiro lugar

A metodologia KAIZEN é muito clara quando se coloca na balança os quesitos qualidade, custo e entrega: A qualidade é prioridade. O que de fato acontece é que

caso a empresa consiga entregar um produto com um bom custo, mas sem qualidade não irá agradar aos seus clientes, dessa forma perderá espaço dentro do mercado competitivo. Para se pôr em prática a cultura de qualidade em primeiro lugar é exigido de toda a equipe muito compromisso, pois em várias situações na rotina os líderes tendem a permitir alguns desvios para atender requisitos de entrega ou para que os custos sejam reduzidos (IMAI, 2014, p.6).

2.2.5 Tomar decisões baseadas em dados

O KAIZEN é utilizado para resolução de problemas. Imai (2014) diz que o as reais chance de melhoria só serão reconhecidos quanto se tem dados confiáveis reunidos e analisados, só assim se tem a ciência de onde estão as melhores oportunidades de melhoria e pode-se ter a certeza de onde atuar para poder obter bons resultados.

Teixeira (2011) conclui que a análise de dados deve ser adotada como uma importante etapa do processo de investigação científica no meio das organizações, tendo em vista que ao identificar boas oportunidades se gera um potencial retorno às instituições.

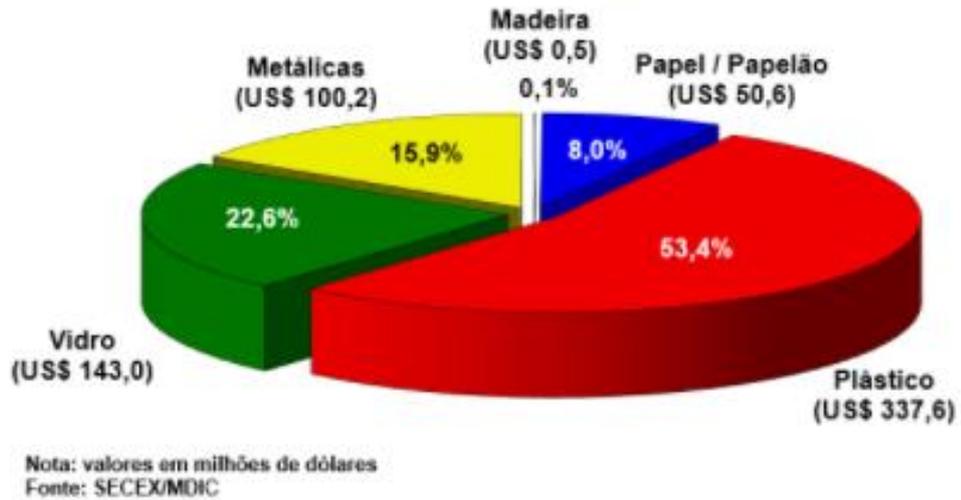
2.3 INDÚSTRIA VIDREIRA

No cenário atual, a indústria vidreira tem uma importância significativa em todos os continentes do planeta. Devido a sua importância e diante da possibilidade de expansão do mercado, diversos players buscam aumentar sua participação ou sua fatia do mercado, o *market share*. Para que isso aconteça, é de extrema importância que a companhia tenha correndo em suas veias o sangue da melhoria contínua, pois como a margem líquida do produto é muito pequena, qualquer gasto a menos que se conquista durante seu processo de produção é muito bem-vinda.

A demanda interna por embalagens de vidro está a todo vapor, e mesmo representando apenas 6% do mercado de embalagens do país, as empresas já aqui estabilizadas não conseguem atender a demanda com a sua produção nacional. Segundo a Associação Brasileira de Embalagens (2019) a importação de embalagens de vidro apresentou no ano de 2019 um aumento de 60,4% do valor importado em relação ao ano de 2018, o que corresponde a um valor total de

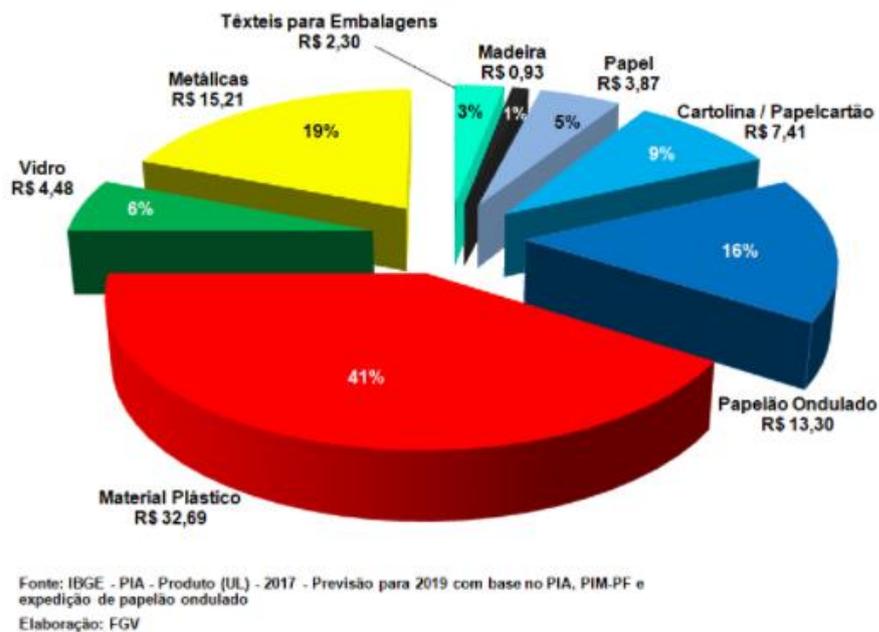
US\$143.000.000,00, representando uma fatia de 22,6% da importação nacional de embalagens.

Figura 3 - Valores e percentuais das importações de diferentes segmentos de embalagens em 2019



Fonte: Dados da Org. Abre. Setembro de 2019

Figura 4 - Valor bruto da produção por seguimento em bilhões de reais (R\$)



Fonte: Dados da Org. Abre. Setembro de 2019

Como prova de que a busca pelo incremento de produção nacional vem sendo bastante almejado, no ano de 2019 a indústria de embalagens de vidro aumentou sua produção em 12,2% seu volume, sendo o maior segmento de embalagens a crescer durante esse período¹. Boa parte desse aumento advém de projetos de melhorias contínuas que são baseados na cultura KAIZEN.

A ferramenta utilizada como base para o caso é o KAIZEN, que segundo Imai (2014), tem como sua estratégia criar pequenos grupos voluntários de colaboradores de setores diversos da mesma empresa para que juntos realizem tarefas específicas visando sempre oportunidades de melhorias, ou seja, de ganhos para que a empresa incorpore ainda mais vantagem competitiva perante o mercado em que atua.

Empresas diversas criam grupos de vários nomes para que consigam analisar oportunidades, definir prioridades e traçar estratégias para que tornem as oportunidades em ganhos. Sendo assim, existe na companhia um grupo específico chamado de “Grupo de Melhoria Focada”, onde pessoas de diferentes setores se juntam semanalmente para diminuir custos, reduzir lead time, aumentar qualidade e de fato transformar essas oportunidades em resultados. Diante deste cenário, projetos são gerados e executados a ferramenta do ciclo PDCA.

2.3.1 *Processo produtivo do vidro*

O processo de fabricação de uma embalagem de vidro tem seu início na composição do material que será levado até o forno. A composição é basicamente formada por alguns elementos como a areia, carbonato de sódio, calcário, feldspato e o próprio caco de vidro. Após todo esse material ser dosado e a composição estar pronta, o material é transportado até o forno que são feitos de material refratário, dentro do forno a temperatura chega próxima de 1600°C, e a composição então é derretida para formar o vidro.

Após a obtenção do vidro no forno, ele escorre pelos canais refratários até cair na máquina onde ele vai ganhar sua forma final. As máquinas de fabricação de embalagens de vidro possuem duas etapas principais, na primeira que se chama de etapa do molde, é onde é formado o parison, que é uma transição entre a gota de

¹ Disponível em: <<https://embalagemmarca.com.br/2020/03/setor-de-embalagens-movimentou-mais-de-r-80-bilhoes-em-2019/>> Acesso em 15 jun. 2021).

vidro que cai e o formato final da embalagem. Esta primeira etapa pode acontecer por um processo de sopro (blow) ou por um processo de pressão (press), como são conhecidas. Após passar para o lado da forma, o vidro toma sua forma final sendo unicamente soprado novamente, então têm-se dois tipos de processo, o processo *Blow & Blow* e o processo *Press & Blow*.

Depois de toda a formação da embalagem, ela ainda será levada por meio de uma esteira transportadora para dois tratamentos superficiais, um a quente e o outro a frio. O primeiro tratamento consiste em uma aplicação de um revestimento de cloreto de estanho ou titânio, isso para conferir às embalagens uma camada protetora evitando assim defeitos por deslizamento entre as superfícies e aumentando também a sua resistência ao choque mecânico e aos danos superficiais. O segundo tratamento é aplicado após a saída do túnel de recozimento, dessa vez o elemento utilizado é o polietileno que deixa as embalagens resistentes ao risco superficial que podem acontecer via atrito durante o próprio transporte das garrafas na linha de fabricação (MANOEL, 2010).

Após todas estas etapas, as embalagens são verificadas por máquinas de inspeção automáticas para confirmação de que tudo que irá para os clientes estejam dentro dos parâmetros e tolerâncias indicados do processo.

2.3.2 Transporte das embalagens da máquina para a esteira transportadora

Após qualquer processo de formação de embalagens, seja ele *Press & Blow* ou *Blow & Blow*, o produto é pego por uma pinça que contém um par de grafites pré-moldados de forma ao se acoplar na boca da embalagem para ser levado ao “prato morto”, que é o local onde o produto fica antes de ser levado para a esteira transportadora através de um atuador pneumático.

2.3.3 Ventilador do sistema de resfriamento do prato morto

O ventilador tem como função soprar o ar que será direcionado diretamente para a refrigeração dos fundos das garrafas antes de entrar em contato com o prato morto, a fim de evitar defeitos na garrafa como pescoço torto e trincas internas que podem acontecer devido ao choque de temperatura do fundo das embalagens quando em contato direto com o aço do prato morto.

O motor em questão é um motor centrífugo, no caso o fluido entra no centro e sai em um plano normal, perpendicular ao eixo do motor. Neste caso o motor utilizado para rotação das pás do ventilador é um motor trifásico de indução WEG com três polos que funciona com uma frequência determinada de 60Hz e que tem como rotação máxima 1780 rpm.

2.3.4 Controle da velocidade de rotação do ventilador

Ao ventilador ser acionado, ele deve seguir estritamente ou com pequenas variações as especificações que são designadas em seu projeto e que devem constar em sua placa de especificações. Desta forma, não se consegue ter um controle sobre velocidade e frequência com a qual o equipamento irá desempenhar o seu papel.

A fórmula para se calcular as rotações em rpm de motores por indução elétrica é: $n = \frac{120 \times f}{P}$, onde f é a frequência em Hz e P é o número de polos do motor. Observa-se que, para controlar a velocidade ou se alterar a frequência com que os pulsos elétricos chegam no motor é necessário alterar a quantidade de polos do equipamento; porém, como os polos dos motores não são acessíveis, a variação da frequência através de um inversor se torna a melhor solução para esses casos (DIAS, 2015).

2.3.5 Escolha do inversor de frequência

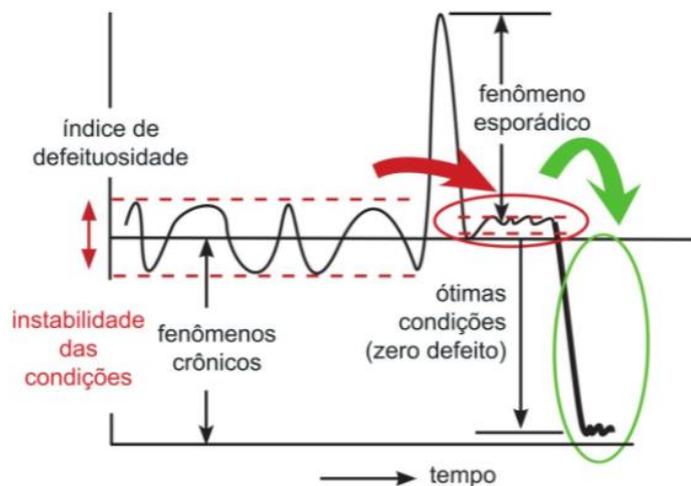
Então para que o controle de velocidade se torne possível, é utilizado um inversor de frequência, que serve para controlar a velocidade dos motores elétricos por meio da alteração do módulo e frequência da tensão da rede trifásica que chega até ele. O funcionamento do inversor de frequência leva em consideração que a velocidade de rotação de um motor de corrente alternada depende e é diretamente proporcional a frequência da tensão com que ele é alimentado. Ou seja, quanto maior a frequência que chega até ele, maior será a rotação. Para que o inversor de frequência consiga atuar sem interferir negativamente ou sem ter que desarmar o equipamento, deve-se selecionar um inversor de frequência que consiga suportar a mesma potência de trabalho do motor.

2.4 LOCALIZAR AS PERDAS

Martins (2010) diz que as perdas acontecem quando bens ou serviços são desfrutados de uma forma anormal ou involuntária. Em hipótese alguma é identificado como um custo ou uma despesa, justamente por sua característica de involuntariedade ou de anormalidade.

Para o KAIZEN, as perdas são nada mais nada menos do que grandes oportunidades de melhorias. Como pode-se ver na figura 5, as perdas podem ser subdivididas em dois tipos: A perda esporádica e a perda crônica.

Figura 5 – Tipos de perdas e como se mostram em função do tempo



Fonte: WCM – World Class Manufacturing, 2018

As perdas esporádicas geralmente podem ser facilmente detectadas e indicam algum desvio grande das condições normais do processo ou do equipamento. Esse tipo de perda é o que acontece se mudarmos algum parâmetro do processo que impacte diretamente no nosso produto final, porém da mesma forma que é fácil de ser encontrada, é fácil de ser corrigida e de padronizar ações para que não se repita (MENEGAZ e PERUCHI, 2005).

As perdas crônicas são onde estão os problemas mais inconvenientes, seja ele por parte de qualidade, produtividade ou das duas partes, esses tipos de problemas nunca desaparecem totalmente. São geralmente desvios pequenos e que se não forem bem observados e analisados acabam se confundindo com fenômenos normais do dia-a-dia. Essas perdas possuem algumas características que nem sempre estão tão visíveis aos olhos dos gestores, então precisa-se de um estudo

minucioso e de um olhar mais profundo utilizando as técnicas de gerenciamento. O que o KAIZEN busca é de fato o zero defeito, e isso está diretamente ligado a energia que tem de ser colocada para encontrar e eliminar essas perdas (MENEGAZ e PERUCHI, 2005).

No caso do controle de velocidade do ventilador observou-se que, durante a troca de produtos em máquina, onde é exigido que o *set up* da máquina seja completamente revisado, além de o *dampers* inicial nunca ficar 100% aberto durante a fabricação de nenhum produto, os *dampers* individuais (os que controlam as seções) também não ficavam abertos 100%. Por conseguinte, havia um superdimensionamento do motor de ventilação, então ali existia uma oportunidade de redução de custos.

2.5 ESTABELEECER PLANOS DE AÇÃO

Após encontrar as oportunidades de melhoria para as áreas, deve-se estudar os motivos que realmente causam o problema para que seja encontrada a causa raiz. Existem diversas ferramentas simples que podem ser implementadas nesta etapa, como os *5 Porquês* e o diagrama de Ishikawa. A ferramenta dos *5 Porquês* é geralmente muito direta e objetiva, raramente consegue-se chegar a responder até o quinto porquê e se o senso crítico da equipe que esteja atuando na resolução do problema não for bem elevado, o time pode acabar encontrando uma razão muito superficial para o problema.

O diagrama de Ishikawa, ou comumente conhecido como diagrama de espinha de peixe, é bastante utilizado para que sejam encontrados problemas de várias frentes. São escolhidas áreas que estão relacionadas diretamente com o problema e se coloca em questão o que cada uma dessas áreas podem estar representando na origem do problema por meio de um brainstorming onde a colaboração de pessoas de áreas diversas são ouvidas primeiramente sem filtro algum.

São de suma importância para auxiliar na utilização das ferramentas, medições, observações de campo, coleta de dados, análise dos dados, histórico de comportamento do problema e conhecimento de especialistas.

Quando a causa raiz, que também pode ser mais de uma, for encontrada, parte-se para criação de um plano de ação robusto e completo, visando sempre que após a sua implementação o problema não volte a aparecer.

2.6 EXECUÇÃO DO PLANO E COLOCAR PLANO EM PRÁTICA

Nesta etapa um bom começo é ter bem alinhado com a equipe as funções e papéis de cada colaborador que está fazendo parte do time. Após isso a fase de execução visa garantir que todas as ações que foram anteriormente geradas e estão definidas pelo plano de ação sejam implementada de forma robusta, visando o modo de falha já mapeado.

2.7 VERIFICAR ATINGIMENTO DA META E ACOMPANHAR INDICADORES

Após estudar o distúrbio, encontrar os motivos e implementar contramedidas para solucionar o problema, acompanha-se os indicadores previamente definidos para saber se as ações conseguiram de fato mitigar as perdas. Espera-se que no caso do problema tenha sido bem estudado, as causas raízes identificadas e o plano de ação bem executado, pelo menos haja uma redução de perdas sobre ele ou um incremento de desempenho do processo.

Figura 6 - Tipos de perdas e como se mostram em função do tempo



Fonte: Kimia Consultoria. Guilherme Sandrini (2020)

2.8 PADRONIZAÇÃO E TREINAR

Após visualizar nos indicadores do projeto que as metas foram atingidas, o trabalho do time ainda não foi finalizado. Para garantir o sucesso do projeto todos os envolvidos devem treinar as equipes a fim de capacitá-las para que eles consigam manter a melhoria e não mais voltar ao estágio anterior. Atualizar os procedimentos

(instruções de trabalho, padrões) e realizar alterações sistêmicas devem ser colocados em prática.

3 METODOLOGIA

Nesta parte do trabalho será apresentado a forma com que foi realizado o estudo de caso, do início, identificação da oportunidade, passando pela implementação, resultado, ganhos financeiros e finalizando com a padronização do projeto.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES

Para identificar as oportunidades de ganho seja ele de processo ou financeiro, foi utilizado o conhecimento da equipe de “mudança” sobre o processo. A equipe de “mudança” é o time responsável pela troca de equipamentos e de set up da máquina em dias que a máquina deixa de fabricar um tipo de embalagem para começar a fabricar um tipo totalmente diferente.

3.2 ESTABELECENDO O PLANO DE AÇÃO

Para tentar encontrar a causa raiz do problema em questão preferiu-se utilizar o diagrama de Ishikawa por se entender que para mitigar o problema deveria ser tomado mais de uma ação e em mais de uma área.

Figura 7 - Exemplo de diagrama de Ishikawa ou diagrama de espinha de peixe



Fonte: Eli Rodrigues (Disponível em <<https://www.elirodrigues.com/autor/>>)

Foi feita então uma reunião com a equipe que identificou o problema e com pessoas da área de fabricação para encontrar possíveis justificativas para o desperdício e possíveis pontos de atuação que viessem a mitigar de vez essa perda.

Após encontrar as possíveis causas que vieram do diagrama de Ishikawa, foi montado um plano de ação com base nos principais motivos encontrados que estavam gerando este problema. Foi preferido pela equipe utilizar o tempo em semanas.

3.3 IMPLEMENTAR O PLANO DE AÇÃO

Seguindo a máxima de Deming onde ele diz que “não se gerencia o que não se mede”, a primeira etapa do projeto iniciou com a instalação do manômetro para medição da pressão em mmCA que chegava até a linha de produção, esta etapa não levou custo algum para a companhia pois já havia disponibilidade do manômetro no local e foi também instalada por uma equipe local e foi realizada rapidamente.

O manômetro foi instalado após o primeiro damper do sistema de ventilação e tanto com o primeiro damper como os dampers das seções foram deixados abertos em 100% enquanto o ventilador atuava sem o controle do inversor de frequência, assim então foi verificada a pressão que estava chegando até a linha.

Após isso, também foi instalado o inversor de frequência e foram realizados testes com diversos produtos para que pudesse ser encontrada a pressão ideal de trabalho do sistema.

Correlacionando a pressão e a frequência dos dados obtidos em experiências anteriores foi identificada a frequência ideal de trabalho.

3.4 CUSTOS DO PROJETO

Um dos tópicos mais importantes que as organizações bem-sucedidas observam antes da realização de qualquer projeto, é verificar se o projeto se torna viável ou não dentro das condições atuais da empresa.

Para calcular os custos do projeto não será levado em consideração o tempo dos colaboradores investidos pois isso implicaria a necessidade de conhecimento do salário de todos que fizeram parte do time, porém, será levado em conta o valor do manômetro e do inversor de frequência mesmo com estes equipamentos estando a

disposição dentro da fábrica, tendo em vista que em algum momento significaram custos para a empresa.

3.5 GANHOS FINANCEIROS

Os ganhos financeiros foram consolidados comparando diretamente o cálculo de consumo elétrico antes do inversor atuar, com uma corrente de 62A, uma tensão de 380V (tensão trifásica), um fator de potência de 0,87 com os indicadores retirados após a instalação e atuação do inversor que ficou com 12,6A, a tensão continua sendo 380V e um fator de potência de 0,87 pois o motor continua sendo o mesmo.

A fórmula para cálculo da potência consumida por um motor trifásico é:

$$P = \sqrt{3} * V * I * FP \quad (1)$$

Onde P é a potência elétrica em Watt, V é a tensão em Volts, I é a corrente em Ampere e o fator de potência é um dado do motor que indica a eficiência do uso da energia.

3.6 PADRONIZAÇÃO

Parte do processo de melhoria contínua é padronizar as ações que deram certo para maximizar o resultado e o ganho financeiro das empresas. Dessa forma o próximo passo deverá ser a replicação do projeto para as outras cinco linhas de produção da planta que fabrica embalagens de vidro.

Diferente do primeiro projeto, a padronização não precisará passar pela etapa de análise dos produtos, tendo em vista que todos os tipos de produtos de diferentes formas e pesos já foram testados e as máquinas acabam produzindo produtos semelhantes. Porém será necessário a instalação do manômetro pois a perda de carga pode ser diferente dentro das tubulações e para saber que a pressão padrão foi atingida ou não para determinar a frequência padrão de cada linha de produção, além disso a instalação do inversor, analisar os resultados e definir a nova frequência padrão de cada linha de produção.

4 RESULTADOS

Para que o projeto tenha sido considerado sólido, os resultados tiveram de ser robustos o suficiente para gerar um impacto significativo nos resultados da empresa. Nesta seção serão mostrados o que resultou da implementação do projeto.

4.1 OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS

Antes de a embalagem ser levada por atuadores pneumáticos para a esteira transportadora, as garrafas permanecem alguns segundos sem contato com o aço do “prato morto”. Este momento é onde a embalagem recebe uma ventilação no fundo, que é a área da garrafa que detém uma maior concentração de massa de vidro, sendo o local que permanece mais quente, é maior 40% a 60% do que a “parede” do resto da garrafa dependendo do processo. Dependendo do processo e do peso da garrafa, ela sai do lado da forma entre 600°C e 800°C (Dados retirados de um treinamento interno de uma indústria multinacional do ramo de *glass containers*). Essa ventilação é de extrema importância para que o produto não saia de especificação e que não seja encontrado nenhum defeito em sua forma.

Figura 8 - Garrafa apresentando pescoço torto



Fonte: Ebay

Na fábrica em que os dados do projeto foram coletados, a ventilação do “prato morto” de cada linha de produção advém de um ventilador diferente que se dedica somente a esta atividade. No caso da linha estudada a tubulação é dividida em duas

partes, a primeira metade atende as seções de um a cinco, a outra parte supre a demanda das seções de seis a dez. Antes da ventilação chegar diretamente no prato morto das dez seções, ela pode ser controlada por uma válvula damper que neste caso atua como uma válvula que ajuda a controlar o fluxo do ar através de acionamento e ajuste mecânico (figura 9).

Figura 9 - Localização de uma válvula damper de acionamento e ajuste mecânico em uma linha de produção dentro de uma indústria multinacional do ramo de glass container



Fonte: O autor (2021).

Após passar por esse primeiro ajuste manual o ar segue pela tubulação até encontrar as tubulações individuais de cada seção, mas antes de passar para o prato morto passa por outro damper, que funciona como uma redundância da primeira válvula, mas cada seção possui sua válvula que ajuda a regular o fluxo (figura 10).

Figura 10 - Damper que regula o fluxo de ar em uma seção de máquina de formação de garrafas de vidros dentro de uma indústria multinacional do ramo de glass container



Fonte: O autor (2021)

Após ficar suspensa pelos grafites por cerca de dois a três segundos a embalagem é solta no prato morto e é finalmente levada para a esteira transportadora através de um braço mecânico que funciona através de atuadores pneumáticos, daí então a embalagem está pronta para seguir os próximos passo do processo.

Figura 11 - Imagem da embalagem ainda suspensa por um par de grafite em cima do “prato morto”



Fonte: O autor (2021)

Acontece que, durante observações práticas que são feitas diariamente enquanto ocorre troca de produtos em máquinas e os *set ups* devem ser novamente realizados, notou-se que as máquinas de produção nunca produziam com o primeiro damper e o damper das seções individuais totalmente abertos, pelo contrário, observou-se que os dois dumpers sempre estavam atuando juntos para redução da ventilação do “prato morto”, sendo então uma clara oportunidade de melhoria pois nem toda a potência elétrica consumida pelo motor do ventilador era de fato necessária para suprir a necessidade do sistema de produção, dessa forma foi identificado a possibilidade de realização de um projeto de melhoria contínua para que houvesse redução no gasto energético da planta, gerando assim um ganho financeiro para a empresa.

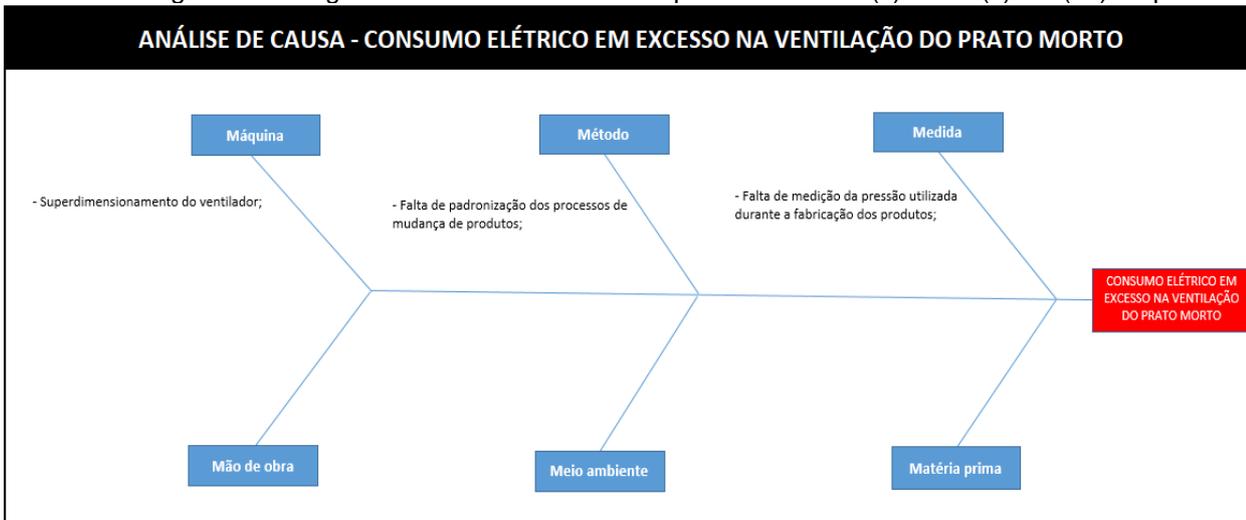
Figura 12 – Ventilador centrífugo utilizado para arrefecimento do prato morto e do fundo da embalagem de vidro



Fonte: O autor (2021)

4.2 PLANO DE AÇÃO

Figura 13 - Diagrama de Ishikawa realizado para encontrar a(s) causa(s) raiz(es) do problema



Fonte: O autor (2021)

Foram encontrados alguns motivos da parte de Máquina, Método e Medida tendo em vista que o ventilador havia sido superdimensionado para a atividade em questão, não havia registro de como os *dampers* deveriam funcionar e em que posição eles deveriam ficar durante a fabricação de cada embalagem de vidro e o último erro e um dos mais cruciais era que não se sabia a pressão de trabalho que chegava nas tubulações para a ventilação do prato morto, dessa forma nem sequer era medido a pressão com que o ar estava refrigerando o sistema.

Depois de encontrar os principais motivos que estavam levando a perda no processo, foi elaborado um plano de ação para corrigir os principais problemas. Tendo em vista que a solução para um ventilador superdimensionado seria a sua troca, onerando assim os cofres da empresa e que esta solução somente traria um retorno em um longo prazo, esta solução não se mostrou nem um pouco viável, foi escolhido então o recurso de utilizar um inversor de frequência para que dessa forma pudesse ser controlada a velocidade de rotação do motor e consequentemente a potência que ele consumiria do sistema elétrico. A partir dessa tomada de decisão, todas as ações foram desenvolvidas segundo o cronograma a seguir.

Figura 14 - Plano de ações e seu cronograma apresentado em semanas

AÇÕES	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
INSTALAR MANÔMETRO	→							
MEDIR PRESSÃO QUE CHEGA NA MÁQUINA SEM INFLUÊNCIA DAS VÁLVULAS REGULADORAS	→							
INSTALAR INVERSOR DE FREQUÊNCIA		→						
REALIZAR TESTES CONTROLANDO A FREQUÊNCIA DO MOTOR DO VENTILADOR E UTILIZAR VÁLVULA REGULADORA			→					
ANALISAR RESULTADOS E ENCONTRAR FREQUÊNCIA PADRÃO							→	
UTILIZAR FREQUÊNCIA PADRÃO NÃO UTILIZAR VÁLVULA REGULADORA								→

Fonte: O autor (2021)

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO

Após a instalação do manômetro nas condições inicialmente ditas foi verificado que com uma frequência de 60Hz a pressão que chegava ao fim da tubulação era de 820 mmCA.

Figura 15 - Manômetro instalado na tubulação de ventilação do prato morto



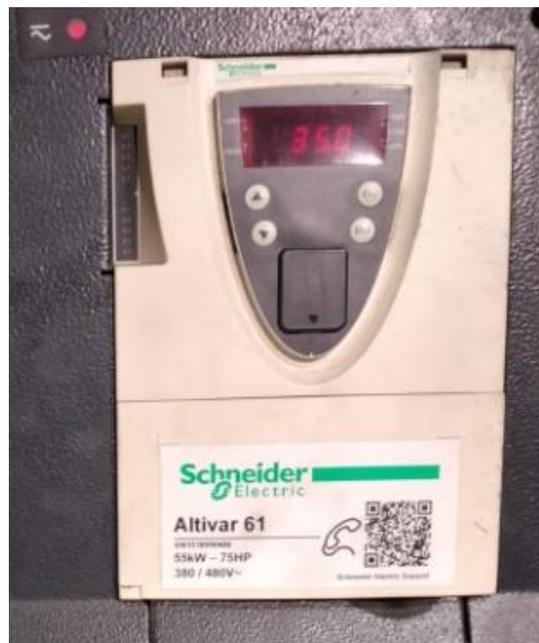
Fonte: O autor (2021)

Diante de todos os fatos já citados, sabendo da pressão máxima que o ventilador disponibilizava para o sistema de arrefecimento, chegou o momento de selecionar o inversor de frequência que deveria atuar junto com o sistema já existente.

Para ter a certeza de que o inversor iria conseguir suportar e ser eficiente juntamente com o sistema de ventilação, durante a escolha do inversor de

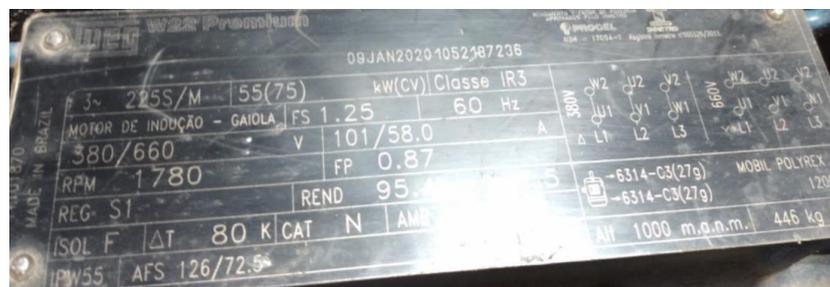
frequência foi levado em consideração o critério da potência do motor do ventilador. Dessa forma o inversor escolhido deveria ter em suas especificações técnicas a capacidade de trabalhar com a potência do sistema ou com uma potência maior do que a do motor do ventilador. O inversor escolhido foi o inversor da Scheider Electric – Altivar 61 que suportava justamente os 55kW que era exigido pela especificação do motor do ventilador.

Figura 16 - Modelo do inversor escolhido para modelar a frequência do motor do ventilador



Fonte: O autor (2021)

Figura 17 - Especificações do motor trifásico do ventilador



Fonte: O autor (2021)

Para saber a pressão que se fazia necessária para que os produtos fossem fabricados sem que fossem gerados defeitos, ou seja, para saber a pressão ideal de

trabalho da ventilação do prato morto foram realizados alguns testes com a máquina em operação com cinco produtos com características e pesos diferentes.

Neste teste a equipe junto com o coordenador da linha de produção preferiu deixar uma margem de segurança no sistema de ventilação, então ao invés de trabalhar com todos os dampers abertos 100% a máquina trabalhou com os dampers das seções individuais totalmente abertos e deixou o primeiro damper (Figura 9) parcialmente fechado. Era esperado durante estas experiências que fosse encontrada uma pressão ideal que conseguisse trabalhar tanto com produtos pequenos, como com produtos grandes, isso para que a equipe pudesse além de reduzir o consumo de energia elétrica também reduzir o tempo de troca de *set up* durante a troca de produtos, já que iria ser eliminada mais uma parte que exigiria tempo do pessoal que trabalha durante essa mudança. Esta ação foi de extrema importância para tentar chegar a um ponto comum entre todos os produtos e eliminar essa etapa da mudança de *set up* nas trocas de produtos em máquina.

A pressão então escolhida e combinada para deixar em máquina durante esse período de teste foi de 210 mmCA, e no decorrer de todo tempo, que chegou a ser de quase um mês, não foi necessária a alteração nem da válvula que regula o fluxo da passagem do ar, nem da frequência que foi deixada no inversor de frequência.

Tabela 1 - Resultado do teste da pressão em produtos diversos

PRODUTOS	FREQ (Hz)	PRESSÃO (mmCA)
PRODUTO 1	45	210
PRODUTO 2	45	210
PRODUTO 3	45	210
PRODUTO 4	45	210
PRODUTO 5	45	210

Fonte: O autor (2021)

Com esta configuração as máquinas não tiveram problemas para produzir embalagens de boa qualidade durante toda a sua campanha (entende-se por campanha todos os dias em que o produto esteve em máquina).

Ainda durante este período de experiência, a equipe tentou reduzir a pressão do sistema para verificar a possibilidade de maximizar a redução de consumo de

energia. Essa redução foi realizada durante a campanha do PRODUTO 2. Porém ao baixar um pouco a pressão para 200 mmCA a embalagem começou a apresentar pequenas trincas internas. O PRODUTO 2 foi escolhido para este teste justamente por ser um produto mais pesado do que os demais, sendo assim se fazendo necessário um maior resfriamento no fundo, para que o choque de temperatura quando em contato com o prato morto não ocasione essas pequenas trincas internas no vidro. Esta segunda e curta experiência foi o que demonstrou que trabalhar com a pressão abaixo de 210 mmCA traria um risco para a produção das embalagens, frente a isso, a equipe chegou à conclusão de que a pressão ideal de trabalho para o sistema de resfriamento do prato morto era de 210 mmCA.

Prontamente após estes testes, foram abertos 100% todos os dampers para entendermos o comportamento da pressão trabalhando sem a interferência das válvulas que controlam o seu fluxo, tendo em vista que para maximizar a redução de consumo de energia o sistema deveria trabalhar sem a ação de nenhuma válvula reguladora de fluxo. Para isso precisava-se entender a relação entre a frequência fornecida pelo inversor para o motor do ventilador e a pressão que chegava até o ponto final da tubulação do sistema de arrefecimento do “prato morto”. Dessa forma o resultado encontrado consta na tabela 2, abaixo:

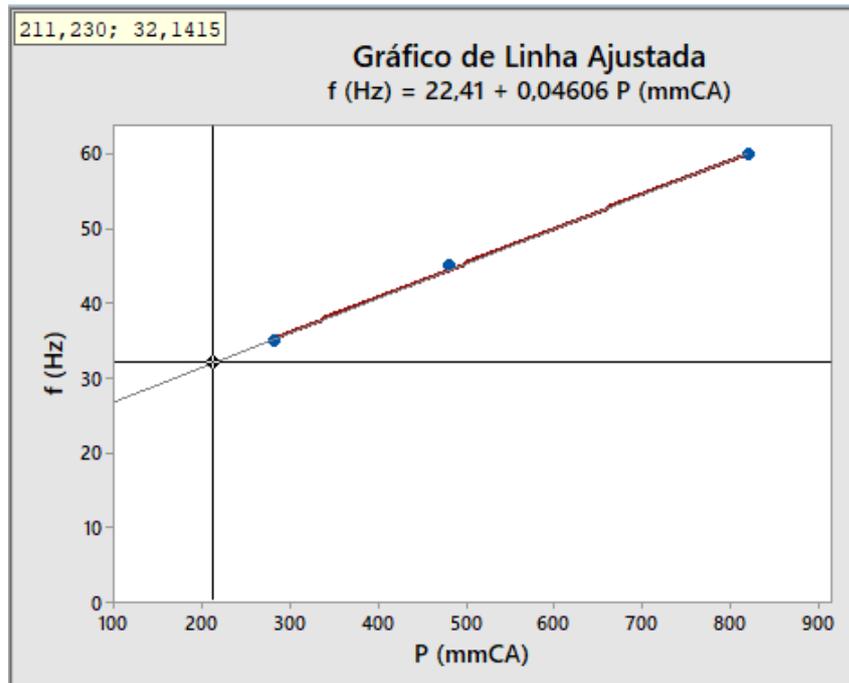
Tabela 2 - Resultado do teste da pressão sem atuação dos dampers

Medição Manômetro Prato Morto		
Freq (Hz)	Pressão (mmCA)	Status Damper
60	820	100% aberto
45	480	100% aberto
35	280	100% aberto

Fonte: O autor (2021)

Após entender a correlação entre a frequência e a pressão que chega ao final da tubulação, pôde-se encontrar a frequência ideal de trabalho para que o ventilador gere exatamente o que era necessário para que os produtos fossem fabricados sem que a ventilação ocasionasse nenhum problema de qualidade. Além disso, o sistema de ventilação não fosse o principal responsável por nenhum desperdício para a companhia.

Gráfico 1 - frequência ideal de trabalho do motor do ventilador



Fonte: O autor (2021)

Após plotar o gráfico que correlaciona a frequência e a pressão, ficou claro que com 32Hz o sistema de ventilação consegue entregar para o processo de manufatura de embalagens de vidros a pressão suficiente para que não seja necessário a atuação de nenhuma das duas válvulas reguladoras de fluxo.

Como a redução da frequência do ventilador impacta diretamente no consumo de energia elétrica do motor por conta da diminuição da potência consumida pela equação:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^3 \quad (2)$$

Onde P1 representa a potência inicial do sistema em Watt, P2 a potência final do sistema em Watt, f1 a frequência inicial do sistema em Hertz e f2 a frequência final do sistema em Hertz. Dessa forma pode-se obter um resultado financeiro expressivo para a empresa.

4.4 CUSTOS DE PROJETO

Para a implementação do projeto em uma linha de produção foram necessários alguns investimentos iniciais. O primeiro investimento foi de tempo da equipe para discussão dos pontos a melhorar, criação do plano de ação e execução

do plano de ação. Esse custo não será calculado e levado em consideração pela falta de conhecimento do salário de toda a equipe para que pudesse fazer uma correlação tempo x custo por hora. Além deste, mesmo com a disponibilidade do manômetro e do inversor, será levado em conta o valor destes dois itens, pois se estão dentro da planta em algum momento oneraram os cofres da empresa. Assim sendo, o cenário após a realização do projeto após a realização de cada etapa do processo pode ser visualizada no quadro 2.

Quadro 2 - Plano de ações, custos por ação e seu cronograma apresentado em semanas

AÇÕES	CUSTO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
INSTALAR MANÔMETRO	R\$ 400,00	→							
MEDIR PRESSÃO QUE CHEGA NA MÁQUINA SEM INFLUÊNCIA DAS VÁLVULAS REGULADORAS	R\$ -	→							
INSTALAR INVERSOR DE FREQUÊNCIA	R\$ 3.000,00		→						
REALIZAR TESTES CONTROLANDO A FREQUÊNCIA DO MOTOR DO VENTILADOR E UTILIZAR A VÁLVULA REGULADORA	R\$ -			→	→	→	→		
ANALISAR RESULTADOS E ENCONTRAR FREQUÊNCIA PADRÃO	R\$ -							→	
UTILIZAR FREQUÊNCIA PADRÃO E NÃO UTILIZAR VÁLVULA REGULADORA	R\$ -								→

Fonte: O autor (2021)

Tais informações inferem que pode ser possível que mesmo que o retorno seja mínimo para a empresa, a oportunidade encontrada foi uma melhoria simples e de solução barata para os cofres da organização.

4.5 GANHOS FINANCEIROS

Após todo o estudo, criação e implementação para apenas uma linha de fabricação de embalagens de vidros os números da economia podem ser demonstrados através deste balanço.

Tabela 3 - Redução de consumo de energia elétrica por linha de produção

	Antes	Depois
V (Tensão em V)	380	380
I (Corrente em A)	62	12,6
fp (Fator de potência)	0,87	0,87
rendimento motor	0,954	0,954
Tarifa média	0,32 R\$/kWh	
Potência real atual	33,9 kW	6,9 kW
Custo mensal	R\$ 7.681,51	R\$ 1.561,08
Custo anual	R\$ 92.178,12	R\$ 18.732,97
Economia	Redução	79,68%
	Mensal	R\$ 6.120,43
	Anual	R\$ 73.445,15

Fonte: O autor (2021)

A economia gerada através da oportunidade enxergada pela equipe chegou a ser de R\$6.120,43 por mês e chegará a ser de R\$73.445,15 por ano enquanto instalada em apenas uma linha de produção.

4.6 PADRONIZAÇÃO

Para a replicação do projeto haverá algumas mudanças tanto no cronograma quanto nos custos de implementação da melhoria. Com o *know-how* adquirido através da instalação na primeira linha de produção, a equipe agora visa reduzir o tempo de duração do projeto. Além disso o projeto necessitará do investimento dos outros inversores de frequência e dos manômetros a serem instalados nas linhas. Desta forma a padronização do sistema de ventilação dos “pratos mortos” deverá seguir o a tabela 4 abaixo representada:

Tabela 4 - Plano de ações por, custos por linha de produção e cronograma apresentado em semanas

AÇÕES	CUSTO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3
INSTALAR MANÔMETRO	R\$ 400,00	→		
MEDIR PRESSÃO QUE CHEGA NA MÁQUINA SEM INFLUÊNCIA DAS VÁLVULAS REGULADORAS	R\$ -	→		
COMPRAR INVERSOR DE FREQUÊNCIA	R\$ 3.000,00	→		
INSTALAR INVERSOR DE FREQUÊNCIA	R\$ -		→	
UTILIZAR FREQUÊNCIA PADRÃO E NÃO UTILIZAR VÁLVULA REGULADORA	R\$ -			→

Fonte: O autor (2021)

Quando tudo estiver instalado e o projeto for finalizado, a expectativa de investimento da empresa seja de R\$17.000,00 e o ganho financeiro que a empresa tenha seja de 6 vezes o valor economizado da primeira vez.

Figura 24 - Redução de consumo de energia elétrica ao final do projeto

		1 linha de produção	5 linhas de produção	total
Economia	Mensal	R\$ 6.120,43	R\$ 30.602,14	R\$ 36.722,57
	Anual	R\$ 73.445,15	R\$ 367.225,73	R\$ 440.670,87

Fonte: O autor (2021)

5 CONCLUSÃO

Através de toda a metodologia aplicada durante o projeto ficou evidente que o KAIZEN é uma ferramenta de alta relevância para qualquer ramo industrial e que tem um potencial enorme na ajuda para conduzir análises críticas de eventuais perdas e/ou desperdícios que gerem no final das contas um impacto negativo no balanço das empresas.

O KAIZEN permite que avaliações sobre qualquer que seja o processo produtivo seja realizada. Para que isso aconteça, o investimento em um ativo que a empresa já possui é de fundamental importância, o seu colaborador. A ideia principal é que todo colaborador seja uma mente pensante que consiga além de identificar oportunidades também resolvê-las de forma mais simples possível. Esse objetivo será atingido depois de muita troca de experiências, registro de informações do dia-a-dia e com a partilha de conhecimentos entre todos os integrantes da equipe. Todo e qualquer feito que venha a somar e ajudar na caminhada de busca por resultados melhores devem ser levados em consideração e estimulados pela alta administração.

É de enorme importância que durante todo e qualquer projeto de melhoria contínua os líderes das equipes estejam sempre atualizando os colaboradores dos seus benefícios, isso irá fazer com que a receptividade com as mudanças que podem vir durante e após o projeto sejam aceitas de uma forma melhor.

Durante o desenvolvimento deste caso apresentado, o autor pôde perceber que os participantes da equipe que participaram da solução do problema ficaram felizes e satisfeitos em ver as modificações que as ações de cada um da equipe trouxeram para o seu ambiente de trabalho. No final do projeto todos evoluíram com conhecimentos multidisciplinares, criaram a solução para eliminar a causa raiz e se mostraram engajados em trazer resultados melhores para a companhia.

Este trabalho se justificou pelo anseio de que novos conceitos, novas práticas e novos formatos de modelos de otimização dos processos surjam. Isso se faz necessário para atender a clientes muito mais rigorosos e exigentes com qualidade e preço dos produtos que estão consumindo.

Vale também ressaltar que a empresa em questão já se encontra em um grau de maturidade satisfatório em relação a utilização da metodologia da melhoria contínua, já desenvolveu suas equipes para que tenham essa visão e que possuam o KAIZEN enraizados por completo. Isso não acontece da noite para o dia, o

investimento em treinamento e capacitação de seus colaboradores deve ser algo recorrente para que no longo prazo a empresa venha a colher, como agora já está colhendo, os frutos da implementação de um pensamento oriental em uma empresa ocidental.

A eficácia da metodologia está comprovada pelo resultado final apresentado no projeto, mas para que tudo isso fosse comprovado foi necessário o cumprimento dos objetivos específicos propostos: encontrar as oportunidades de melhoria, utilizar ferramentas do KAIZEN para elaborar um plano de ação em equipe, implementar o plano de ação com foco nas ações que irão gerar valor agregado para a empresa, analisar os custos e resultados após a implementação do plano e escalonar as ações que obtiveram sucesso dentro da própria companhia.

Para executar as atividades propostas no plano de ação foi utilizando um inversor que já se tinha no local de trabalho, porém se encontrava sem utilidade, instalado por mão de obra local. Verificou-se que houve uma redução de 79,7% no consumo de energia elétrica que advém do sistema de ventilação dos pratos mortos sem onerar os cofres da empresa.

Como todo *case* de sucesso deve ser ampliado e replicado ao máximo dentro de todo ambiente corporativo, o próximo passo é a implementação do mesmo sistema nas outras cinco linhas de produção de embalagens de vidro da empresa que atua na região metropolitana de Recife. Dessa forma, pretende-se escalar os ganhos do projeto, o que irá gerar então uma economia anual de cerca de R\$440.670,87 atingindo assim o objetivo inicial que seria a redução de consumo de energia elétrica e trazendo um lucro ainda maior para a companhia.

REFERÊNCIAS

- COSTA, D; **Aplicação do KAIZEN na logística: as pessoas como fator de sucesso no desenvolvimento da empresa.** 2007.13p. Revista Técnica IPEP, São Paulo;
- DIAS, L. L. **Inversores de Frequência: Aspectos Construtivos e Aplicação na Mineração.** 2015. 93p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais;
- FERREIRA, R. R.; MONTEIRO, S. A. P. **O KAIZEN como sistema de melhoria contínua dos processos: um estudo de caso na Mercedes-Benz do Brasil LTDA planta Juiz de Fora.** 2008. 70p. Monografia (Bacharelado em Secretariado Executivo Trilíngue) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008;
- GODINHO FILHO, M. & UZSOY, R. **Efeito da redução do tamanho de lote e de programas de melhoria contínua no estoque em processo (WIP) e na utilização: estudo utilizando uma abordagem híbrida System Dynamics - Factory Physics.** Produção, Vol.19, n.1, São Paulo, jan-abr. 2009;
- IMAI, M. **Gemba KAIZEN. Uma abordagem de Bom Senso à Estratégia de Melhoria Contínua.** Porto Alegre: Bookman, 2014.
- MANOEL, J.A.H.M.C. 2010. **Análise de Processos Fabris na BA Vidro.** Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 55p;
- MARTINS, E. **Contabilidade de custos.** 10º ed. São Paulo: Atlas, 2010;
- MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução, análise.** 2ªed. São Paulo: Atlas, 1994. 350p;
- MURUGAN, N. **Implementing Kobetsu KAIZEN Steps in a Manufacturing Company Goodway Rubber Industries (M);** 2005, 87p. SDN BHD);
- PERUCHI, F.L. & MENEGAZ, J.C.M. 2005. **Gestão Pró-Ativa da Manutenção.** 2005. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Espírito Santo. 114p;
- PINTO, E.C.V. 2015. **KAIZEN como filosofia de Melhoria Contínua na Direção de Serviços Administrativos do SONAE.** Dissertação de Mestrado – Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto. 119p;
- REBECHI, Robson. **Sistema Operacional KAIZEN. Um Estudo de Caso sobre a Implantação do Sistema Operacional Oriental em um Empresa Ocidental. Simpósio de Excelencia em Gestão e Tecnologia XIVSGeT.** 2006;
- REZENDE, D.A. **Engenharia de software e sistemas de informação, 3ª Ed.,** Rio de Janeiro: Brasport, 2005;

SANDRINI, Guilherme. **Melhoria contínua: o que é e como implementar?** Kimia Consultoria. Arquivo da internet. (2020) Disponível em <<https://www.kimia.com.br/melhoria-continua-como-implementar/>> acesso em 14 jul. 2021;

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.