

CENTRO UNIVESITÁRIO UNA SETE LAGOAS
ENGENHARIA MECÂNICA

ANA LUISA GOMES DE ARAÚJO
FELIPE SANCHES FISCHER
WESLEY DE FREITAS LIMA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA KAIZEN PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM
MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO NO SEGMENTO DE PRODUÇÃO
INDUSTRIAL AUTOMOTIVO**

SETE LAGOAS
2022

1. INTRODUÇÃO

Vivemos em tempos extremamente desafiadores: De um lado as tecnologias avançam produzindo produtos e serviços inovadores, solucionando problemas e dando conforto inimaginável ao homem; muitas vezes se atualiza em meses o que se levaria anos. E por outro lado sobrevivemos a uma pandemia sanitária gravíssima, pessoas se tornaram protagonista da letra de música onde era para ser somente uma visão poética, "O dia que a terra Parou" - Raul Seixas 1977; foram diversas famílias diminuídas, vidas interrompidas, era hora de lutar com desconhecido, sem ter manual ou pelo menos um caminho de como vencê-lo. Em um mundo Globalizado onde impostos, tarifas cada vez mais caras e recursos naturais cada dia mais escassos. Organizações se atentam pela competitividade e robustez da melhoria da qualidade de seus produtos com o menor custo possível.

Dentro deste contexto, faz-se necessário a implementação da produção enxuta, se beneficiando de metodologias que permitem aumentar sua competitividade, redução de perdas e desperdícios. Entre elas WCM (World Class Manufacturing), que é a junção das melhores técnicas, como Lean Manufacturing, Seis Sigmas, 5W2H, 5S, criadas em uma única metodologia dividida por pilares onde cada um se faz base para suportar o outro;

Um dos pilares chaves da produção enxuta é o Pilar (PM) manutenção profissional, que tem como objetivo alcançar 'quebra zero', e para isso realiza estudos de falhas, MTBF (tempo médio entre falhas), MTTR (Tempo Médio Para Reparo), robustez dos componentes.

Durante as revoluções industriais as habilidades foram ampliadas e possibilitou ao Engenheiro ir além em suas criações, com custos controlados e altas produções.

Software de desenho, para auxiliar na confecção mais precisa, desenvolvendo projeções em 3D permitindo visualização de como se posiciona em campo.

Com o alto nível de certificações e competitividade de mercado, os setores foram unidos de certa forma para alinhar a busca do mesmo resultado.

Dentre vários métodos criados, existe o Kaizen, que significa melhoria continua, capitando ideias de todos os colaboradores, e tornando o processo e componentes mais robustos.

A filosofia Kaizen sugere que a nossa maneira de viver, tanto no ambiente profissional quanto no pessoal, deve estar focada em um esforço constante de melhoria." (Masaaki Imai – Fundador do Kaizen Institute).

Nesta situação, vamos ver na pratica uma tratativa de um problema reativo crônico aos componentes em uma linha de produção continua, em que foi utilizada a ferramenta Kaizen para dar início ao seu projeto.

1.1 Tema

Neste contexto, tem-se a proposição do tema: “Aplicação da metodologia Kaizen para solução de problemas em manutenção: Um estudo de caso no segmento de produção industrial automotivo”. Para alcançar o sucesso pretendido de início será aplicado a metodologia Kaizen e suas ferramentas para solução do problema.

1.2 Justificativa

Quando as empresas entenderam que a manutenção corretiva e a perda de produtividade, tem um custo alto, começaram a utilizar métodos para evitar os mesmos. Nesse trabalho será mostrado a importância da gestão de manutenção para solucionar o problema crônico de desgaste de componentes, que causava vazamentos e riscos de segurança do colaborador da empresa onde são desenvolvidos, produzidos e testados veículos comerciais, veículos para o transporte de passageiros e veículos de defesa.

1.3 Problematização

É possível a utilização da metodologia kaizen para melhorar problemas crônicos de desgaste e avaria de componentes em sistema de pinça solda a ponto?

Citados os problemas, será preciso fazer uma investigação aprofundada, em que será possível aplicar o KAIZEN para identificar a causa raiz e utilizá-la para solucionar o problema funcional de abrasão dos componentes.

1.4 Objetivo Geral

O objetivo da pesquisa é demonstrar a utilização de uma ferramenta da gestão de manutenção para a solução “problema”.

1.5 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos definidos, que vai nortear como será o trabalho, para alcançar o objetivo geral, tem-se:

- Identificar a causa raiz a partir da metodologia Kaizen;
- Projetar o protótipo da solução;
- Fazer o estudo de aplicabilidade do projeto;
- Implementar solução robusta para evitar reincidência dos problemas.

1.6 Metodologia

Nessa seção são descritos os procedimentos metodológicos adotados para a realização da pesquisa.

A pesquisa é de natureza exploratória, e como tal, tem como objetivo fornecer melhor compreensão de melhoria continua na manutenção em máquinas, O método de pesquisa utilizado é o estudo de caso aplicado em uma oficina de funilaria de uma indústria automotiva, com objetivo de se conhecer as técnicas desenvolvidas, para gerenciar a solução de problema da manutenção.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manutenção

Para aumentar sua produtividade, as empresas fazem planos, analisam investimentos e utilizam principalmente dos recursos da manutenção.

Isso acontece porque quando não tem uma manutenção planejada e ocorre uma falha em algum equipamento e a produção tem que ser parada, isso gera uma série de prejuízos, frisando assim a importância da manutenção.

Quando há um controle das máquinas e equipamentos, fazendo troca das peças com defeito, antes que causam um problema maior, tem um aumento da vida útil deles, prolongando seu tempo de uso.

Isso faz com que os custos sejam reduzidos, tanto pela troca de peças, que será necessária só no tempo certo, quanto na utilização do equipamento, que será maior, fazendo com que a produção aumente.

Com as máquinas operando bem, as chances de falha são menores e consequentemente os acidentes também.

“A redução do desempenho do equipamento, que traz a diminuição da qualidade e da produtividade, pode ser evitada com políticas adequadas de manutenção que garantam a eficiência do equipamento. A falta dessas políticas, além da redução da capacidade do processo, acarreta paradas efetivas do equipamento, reduzindo a sua disponibilidade. A disponibilidade dos equipamentos depende da confiabilidade e da manutenibilidade por eles apresentadas” [1]

2.1.1 Tipos de Manutenção

As empresas lidam constantemente com problemas em seus processos, que precisam da engenharia para atuar afim de resolvê-los. Para melhor planejamento, existem cada manutenção para uma situação, para um tipo de necessidade da indústria, e a empresa precisa estudar qual é a melhor opção para conseguir sua maior produtividade.

Existem as seguintes manutenções:

Corretiva -> significa que existe um problema crônico ou físico, necessário uma atuação de correção do projeto ou alternativas para saná-lo e seguir com andamento da produção, construção ou fabricação.

Preventiva -> é quando se conhece o possível problema e previne que ele ocorra em momentos inoportunos, gerando pequenas ou grandes perdas.

Preditiva -> é quando você atua antes que o possível problema possa ocorrer, criando ações que exigem atuação antecipada dos componentes ou material venha a falhar em seu limite de escoamento, resumidamente podemos dizer evitar a sua fadiga.

Detectiva -> assim como a manutenção preditiva, a manutenção detectiva utiliza de sensores e profissionais para monitorar os equipamentos, mas isso é feito diante de um cronograma e não de forma constante.

Autônoma -> A empresa capacita o seu colaborador para serem capazes de fazer melhoria constantes no seu ambiente de trabalho, aumentando assim sua

produtividade. Além das atividades de manutenção autônoma é de responsabilidade do colaborador, a limpeza e organização do seu equipamento de trabalho.

Produtiva Total -> O time responsável pela manutenção orienta os outros colaboradores sobre a importância do cuidado com as máquinas e equipamentos, a maneira correta de utilizá-los e os riscos do uso incorreto. Isso faz com que a vida útil dos instrumentos de trabalho aumenta e os acidentes diminuem.

De Quebra -> É realizada quando ocorre uma falha no equipamento, como a corretiva, mas diferente da corretiva, é utilizada só quando o equipamento para de funcionar completamente. Ela só é usada quando a falta da máquina em questão não vai acarretar prejudicar a empresa.

De Parada -> Quando a máquina tem alguma falha ou seu potencial esteja menor por algum defeito, é feita a parada, dentro um planejamento

Baseada no tempo -> utiliza vários procedimentos simples como limpeza, lubrificação, avaliação visual, que podem ser feitos pelos colaboradores depois de receberem devida capacitação, com isso podem evitar falhas inesperadas.

2.1.2 Indicadores de Gestão de Manutenção

Os indicadores de gestão de manutenção são dados quantitativos que descrevem como está a performance de um determinado processo, qual a eficácia da manutenção feita.

“O controle da manutenção é feito através da criação e da gestão dos indicadores de manutenção, que servirão como base para a tomada de decisões e desenho de estratégias. Sem os indicadores de manutenção, fica impossível saber se as decisões tomadas são certas ou erradas, assim como em qualquer outra área de atuação.” [2]

O MTBF é um dos indicadores de gestão e manutenção, através dele conseguimos calcular o tempo médio entre uma falha e outra.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo total da máquina funcionando}}{\text{Número de falhas ocorridas}}$$

Figura 1. Representação da formula de MTBF [3].

O MTTR representa o tempo médio necessário para reparar um componente ou dispositivo com falha.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Somatório dos tempos de reparo}}{\text{Número de intervenções realizadas}}$$

Figura 2. Representação da formula de MTTR [3].

Para calcular esses indicadores, temos como exemplo:

Período disponível de trabalho: 24 horas ou 1.440 minutos

Paradas para manutenção: 60 minutos, 120 minutos e 30 minutos

$$\begin{aligned}\text{MTTR} &= \frac{60 + 120 + 30}{3} = 70 \text{ minutos} \\ \text{MTBF} &= \frac{1.440 - (60 + 120 + 30)}{3} = 410 \text{ minutos} \\ \text{Disponibilidade} &= \frac{410}{410 + 70} \times 100 = 85,41 \sim 85 \%\end{aligned}$$

Figura 3. Exemplo utilizando a formula de MTTR [3].

Para aumentar a produtividade é importante que o tempo de reparo dos equipamentos seja menor possível, (MTTR), e o tempo entre as falhas seja maior, (MTBF). Com isso calculamos a disponibilidade do equipamento, que quanto mais próximo de 100%, é o ideal. [3]

“A disponibilidade é uma métrica importante usada para avaliar o desempenho de equipamentos reparáveis, representando as propriedades de confiabilidade e manutenção de um componente ou sistema.” [4]

A disponibilidade inerente é a disponibilidade de estado estável que considera quando o equipamento está inativo para manutenções corretivas. Para calcular a disponibilidade usa a formula:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100$$

Figura 4. Exemplo utilizando a formula de Disponibilidade [4].

É importante frisar que não basta calcular a disponibilidade, mas sim mantê-la alta, seguindo o planejamento de manutenção.

“Confiabilidade é a possibilidade de um item, componente, equipamento, máquina ou sistema desempenhar a sua função determinada dentro de um projeto, de acordo com as condições de operação, em um intervalo definido de tempo. Ou seja, se espera que o equipamento funcione corretamente dentro de uma operação determinada pelo período esperado, como uma safra, por exemplo.” [5]

Sempre que calculamos a confiabilidade de um item, é importante atrelarmos a um intervalo de tempo, como por exemplo, queremos falar da confiabilidade de uma bomba centrífuga, devemos fazê-lo da seguinte forma.

Certo: A probabilidade dessa bomba operar, de acordo com a suas especificações de projeto, é de 99,8% nas próximas 5000 horas.

Errado: A confiabilidade dessa bomba é de 99,8%.

Para calcular a confiabilidade é necessário utilizar o histórico do equipamento, e projetar um cenário futuro. A seguir tem os dados necessários para o cálculo de probabilidade de um motor elétrico do compressor de ar principal de uma fábrica não quebrar no período dos próximos 100 dias:

- Número de Falhas do Motor Elétrico no último ano (quanto maior o período apurado mais realista será o cálculo probabilístico);
- Calcule o MTBF do Motor Elétrico no último ano;
- Calcule a Taxa de Falhas no último ano;

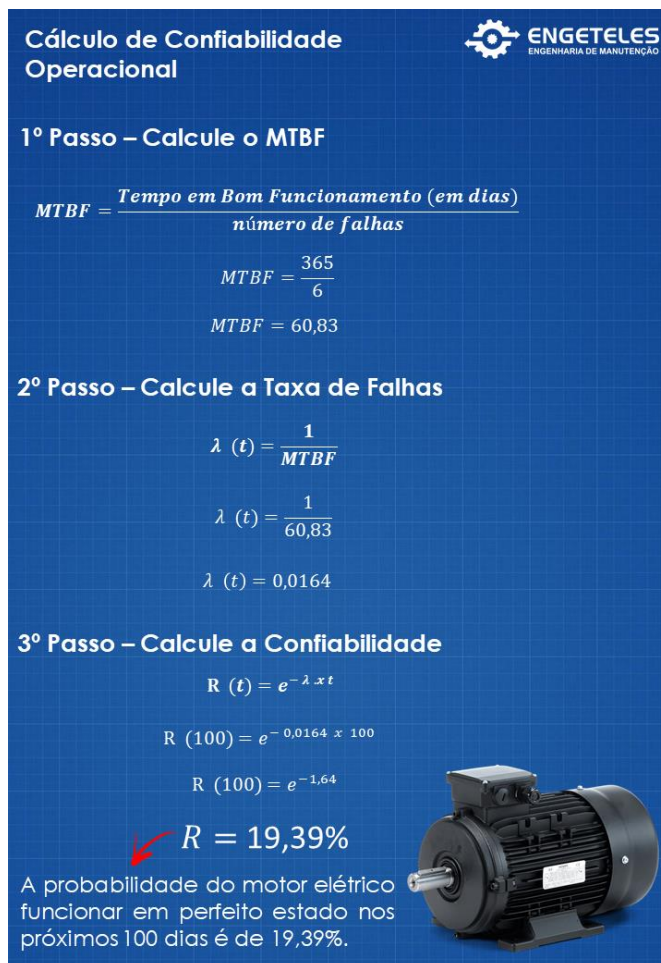


Figura 5. Exemplo utilizando a formula de Confiabilidade Operacional [6].

O custo da manutenção pode impactar diretamente na precificação do produto. Logo, se a empresa gasta muito com manutenção, o preço do produto será mais alto e ela perderá competitividade em comparação com seus concorrentes.

O indicador que melhor trabalha com esse cenário é o CMF, justamente por ser uma comparação direta entre o faturamento e o custo da manutenção.

$$CMF = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Faturamento bruto}} \times 100$$

$$CMF = \frac{1.000.000}{25.000.000} \times 100 \longrightarrow CMF = 4,00 \%$$

Figura 6. Exemplo utilizando a formula de CMF [6].

Após o resultado, deve compará-lo com a média do segmento em que a empresa atua, e assim conseguirá identificar qual a porcentagem está gastando em manutenção.

O Valor Estimado de Troca, como o próprio nome já entrega, é a quantidade de capital que será preciso investir para comprar um novo equipamento. Assim, a fórmula do CPMV (Custo de manutenção sobre valor de reposição) é a seguinte:

$$\text{CPMV} = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Valor de compra de um novo equipamento}} \times 100$$
$$\text{CPMV} = \frac{4.000}{190.000} \times 100 \longrightarrow \text{CPMV} = 2,10 \%$$

TRACTION

Figura 7. Exemplo utilizando a formula de CPMV [6].

O valor máximo aceitável para esse indicador é 6% num período de um ano. No entanto, o limite pode depender da análise do equipamento — em alguns casos, 2.5% já é o bastante. Se encontrarmos um número maior, significa que será mais vantajoso comprar um novo equipamento do que continuar mantendo o antigo. [6]

Custo de Manutenção por Unidade Produzida:

$$\text{CMUP} = \frac{\text{CMANUT}}{\text{Total de Unidades Produzidas}}$$

Onde:

CMUP: Custo de Manutenção por Unidade Produzida

CMANUT: Custo de Manutenção

O objetivo deste indicador é conhecer o quanto o custo de manutenção impacta o preço final de cada unidade de produto acabado. As variáveis que compõe o indicador

podem variar conforme os segmentos, a Unidade Produzida, poderá se tornar Tonelada Produzida, Litros produzidos ou envasados e assim por diante. [7]

Backlog é todo o passivo de atividades de manutenção que uma empresa tem para executar em determinado tempo, ou seja, com a fábrica parada, quantos dias seu efetivo de manutenção realizaria toda atividade de manutenção, seu cálculo pode ser feito através da soma das horas de todas as ordens de manutenção abertas manual ou no sistema, dividida pela soma das horas totais disponível da sua equipe de manutenção, este cálculo pode ser feito por especialidade ex. (mecânica, elétrica, solda, usinagem, automação), ou total de seu headcount, abaixo segue exemplo simples e fácil de fazer. [8]

Backlog =	Soma total das Horas das ordens de manutenção	
	Soma total das Horas de sua equipe de manutenção	
Backlog =	10 ordens X 20h cada ordem.	
	10 mantenedores X 8 horas de trabalho	
Backlog =	200	2,5 dias
	80	

Figura 8. Exemplo utilizando a formula de Backlog [8].

Nepomuceno (1989, p. 37), classifica os tipos mais usuais de manutenção como: Corretiva,

Preventiva, Preditiva e Manutenção Produtiva Total (TPM)

Kardec e Lafraia (2002, p. 27), propõem seis tipos básicos de manutenção: Corretiva não planejada, corretiva planejada, Preventiva, Preditiva, Detectiva e Engenharia de Manutenção.

É predominante ainda hoje o emprego de tipos de manutenção que representem “baixo custo” ou “baixo nível de organização”, boa parte disso em função de não se tratar a função de forma estratégica ou ainda da não disponibilização de recursos. Tipos como Corretiva e Preventiva ainda dominam o cenário.

A imagem a seguir apresenta os dados da aplicação de recursos na manutenção por tipo de manutenção; entenda-se aqui por recursos; a disponibilização de hora homem trabalhada. [9]

Ano	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva	Outros
2011	27,40	37,17	18,51	16,92
2009	29,85	38,73	13,74	17,68
2007	25,61	38,78	17,09	18,51
2005	32,11	39,03	16,48	12,38
2003	29,98	35,49	17,76	16,77
2001	28,05	35,67	18,87	17,41
1999	27,85	35,84	17,17	19,14
1997	25,53	28,75	18,54	27,18
1995	32,80	35,00	18,64	13,56
Hh (serviços de manutenção) / Hh (total de trabalho)				

Fonte: Documento Nacional da Manutenção: a Situação da manutenção no Brasil (2011).

Figura 9. Aplicação dos recursos (H.h) por tipo de manutenção [9].

O Fator de Produtividade da mão de obra na manutenção – também conhecido como Wrench Time (ou em tradução livre, tempo na ferramenta) – é um dos indicadores mais importantes para a Gestão da Manutenção.

Este indicador está ligado ao tempo que o colaborador da empresa passa, de fato, produzindo em alguma atividade que gera valor agregado para a companhia.

Por envolver questões estratégicas e custos, também é relevante para o negócio como um todo saber como medir corretamente o Fator de Produtividade.

Para calcular o Wrench Time é preciso entender que os funcionários da manutenção não estarão disponíveis todas as 8 ou 12 horas ao dia que o seu contrato de trabalho discorre.

Alguns fatores reduzem esse tempo, como o deslocamento até o equipamento, a obtenção de peças e/ou ferramentas específicas para o trabalho e que podem ou não estar organizadas (aumentando ainda mais o tempo gasto), atrasos na coordenação de atividades e muitos outros. Para melhorar o Wrench Time, é necessário investir em uma solução de Planejamento e Programação da Manutenção. Dessa maneira, é possível organizar, priorizar e agendar as operações e manutenções de forma rápida e eficiente. Um sistema inteligente consegue direcionar as atividades para os profissionais que atendem aos requisitos, reduzir o tempo de deslocamento e previamente solicitar ferramentas e materiais necessários.

2.2 Produção Enxuta

O surgimento do conjunto de filosofias e técnicas da Produção Enxuta na indústria japonesa, um pioneirismo de Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, da Toyota, ocorrido após a Segunda Grande Guerra, deu-se porque as idéias convencionais para o desenvolvimento industrial do Japão pareciam não funcionar mais. Todavia, "...o salto japonês logo ocorreu, à medida que outras companhias e indústrias do país copiavam o modelo desse notável sistema" (WOMACK; JONES; ROOS; 2004).

O produto enxuto, em contraposição aos dois anteriores, combina as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando a rigidez desta e os altos custos da primeira. Assim, a Produção Enxuta emprega equipes de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização, além de perseguir custos sempre declinantes, nível zero de estoque, e de desenvolver ou adquirir máquinas altamente flexíveis, para produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos, tendo sempre em mente a máxima satisfação do cliente, a qualidade aplicada (WOMACK; JONES; ROOS; 2004).

Iniciado na empresa Toyota, o novo processo industrial era denominado de Produção Enxuta, cujo princípio básico é o de combinar novas técnicas gerenciais, com máquinas cada vez mais sofisticadas, para produzir mais com menos recursos e menos mão de obra, e difere radicalmente tanto da produção artesanal, como da industrial. Na primeira, a artesanal, trabalhadores altamente qualificados, usando ferramentas manuais, fabricam cada produto de acordo com as especificações do comprador. Na produção em massa, profissionais especializados projetam produtos padronizados, que são fabricados por trabalhadores não qualificados ou semiquificados, operando equipamentos caros e de finalidades específicas. O consumidor beneficia-se de preços baixos em prejuízo da variedade. Como os equipamentos são muito caros, o tempo ocioso deve ser evitado a todo custo, o que exige "reserva" na forma de estoque extra e de trabalhadores, para garantir a continuidade na utilização das máquinas (RIFKIN, 1996).

O Lean usa diversas ferramentas tais como: 5S, Análise de Gargalos, Kaizen (Melhoria Contínua), PDCA, Poka-Yoke, Análise de causa raiz, objetivos SMART, Just-in-time, Tempo Takt dentre outras. As ferramentas podem ser combinadas de

acordo com o tipo do negócio, como é o caso do lean startup, lean healthcare e lean six sigma.

2.3 Kaizen

Entre as mais diversas ferramentas de melhoria contínua que estão sendo utilizadas pelas empresas como estratégias competitivas de mercado, apresentamos o Kaizen. De acordo com Imai (1990), a essência do Kaizen é simples e direta: Kaizen significa melhoramento, mais que isso, significa contínuo melhoramento na vida pessoal, na vida domiciliar, na vida social e na vida no trabalho. Quando aplicado no local de trabalho, Kaizen significa contínuo melhoramento envolvendo todos – tanto os gerentes quanto os operários. O Kaizen possui 10 mandamentos:

1. O desperdício é o inimigo nº1. Para eliminá-lo é preciso sujar as mãos;
2. Melhorias graduais feitas continuamente; não é ruptura pontual;
3. Todos na empresa têm de estar envolvidos, desde os gestores do topo e intermédios, até o pessoal de base; a metodologia não é elitista;
4. A estratégia deve ser barata. O aumento da produtividade deve ser feito sem investimentos significativos. Não se deve aplicar somas astronômicas em tecnologia e consultorias;
5. Aplicar-se em qualquer lugar; não serve só para os japoneses;
6. Apoia-se numa gestão visual, numa total transparência de procedimentos, processos e valores; torna os problemas e os desperdícios visíveis aos olhos de todos;
7. Focaliza a atenção no local onde se cria realmente o valor (“gemba”, em japonês);
8. Orienta-se para os processos;
9. Dá prioridade às pessoas, ao humanware; acredita que o esforço principal de melhoria deve vir de uma nova mentalidade e estilo de trabalho das pessoas (orientação pessoal para a qualidade, trabalho em equipe, cultivo da sabedoria, elevação da moral, autodisciplina, círculos de qualidade e prática de sugestões individuais ou de grupo);
10. O lema essencial da aprendizagem organizacional é aprender fazendo. [10]

‘O Kaizen é mais que uma metodologia, é uma filosofia que deve ser seguida em todos os âmbitos da empresa. Portanto, para implementá-lo, é necessário que todos os colaboradores recebam treinamento sobre o conceito e que suas diretrizes sejam incorporadas por todos, fazendo parte da cultura da organização.

O evento Kaizen nada mais é que um intervalo de tempo pré-agendado, no qual uma equipe de funcionários irá se dedicar a implementar as mudanças necessárias e indicadas no projeto. Ele é composto por três etapas e o tempo máximo para a duração de todas elas são de 30 dias. As etapas são preparação, evento e follow-up.

Na preparação, realiza-se o planejamento de toda a implementação que ocorrerá a seguir, na fase do “evento Kaizen”. Nela, é feita a escolha dos membros que irão participar do processo, assim como a preparação dos mesmos. Além disso, definem-se as etapas de implantação e, também, há a coleta de todos os dados necessários para a execução de cada fase.

Realiza-se o planejamento de toda a implementação que ocorrerá a seguir, na fase do “evento Kaizen”. Nela, é feita a escolha dos membros que irão participar do processo, assim como a preparação dos mesmos. Além disso, definem-se as etapas de implantação e, também, há a coleta de todos os dados necessários para a execução de cada fase.

Após a implementação, partimos para a etapa de controle da mudança, a fim de garantir que as mudanças sejam mantidas ao longo do tempo. Tais alterações exigem tempo e esforço e, portanto, a etapa de follow-up supre a necessidade de acompanhamento e manutenção para que a empresa não volte ao estado de qualidade anterior à aplicação do Kaizen.

Após a implementação, partimos para a etapa de controle da mudança, a fim de garantir que as mudanças sejam mantidas ao longo do tempo. Tais alterações exigem tempo e esforço e, portanto, a etapa de follow-up supre a necessidade de acompanhamento e manutenção para que a empresa não volte ao estado de qualidade anterior à aplicação do Kaizen.



Figura 10. Representação dos 7 passos do Kaizen [11].

Além disso, em termos de metodologia, deve-se montar um planejamento contendo os processos no cenário atual em que a empresa se encontra, o cenário ideal e o plano de ação. Uma boa maneira de padronizar esse planejamento é seguir o Ciclo PDCA. ' [11]

Para Imai apud Smith (2005) o erro principal de muitos profissionais e consultores da qualidade é depender demasiado da tecnologia ou de ferramentas sofisticadas, notadamente estatísticas, e de serem viciados em aplicações computacionais ou mapas muito complexos que só uma elite acaba por conseguir fazer ou perceber.

2.4 PDCA

A continuidade do Kaizen é dada pela aplicação do ciclo PDCA.

‘O foco principal do ciclo PDCA é a melhoria contínua dos processos. Atualmente, indica-se amplamente a metodologia, inclusive pela ISO9001, além de se reconhecer como uma das principais ferramentas para a gestão de qualidade nas empresas. ’ [12]

Sendo assim, o PDCA é um ciclo com quatro etapas. Portanto, Segundo Imai (1990) O ciclo PDCA gira sem parar. Assim que um melhoramento é feito, ele se torna o padrão que será desafiado com novos planos de mais melhoramentos. Em outras palavras, ao terminar a última etapa Act, realizar o início de uma nova Plan.

As quatro etapas do ciclo PDCA são as seguintes:



Figura 11. Representação das 4 etapas do PDCA [12].

- Planejar (plan):

Para que um problema seja resolvido, é extremamente importante impor metas, objetivos e planejá-los adequadamente. Dessa forma, o planejamento é a primeira etapa do PDCA e tem como características a identificação do problema e o planejamento para a resolução do mesmo.

Essa etapa do PDCA pode ser subdividida em outras quatro etapas:

- Identificação do problema

Para identificar o problema, o ideal é que se responda a pergunta: “Qual é o meu problema? ”. As formas mais práticas de responder essa pergunta são analisar dados históricos (relatórios, dados, gráficos), fotografias e por meio de Brainstormings.

Nesse sentido, levantar o histórico desse problema e as perdas por conta desse problema é uma das partes mais importantes dessa etapa.

- Observação do problema

Nessa etapa, a pergunta a ser respondida é: “Como esse problema está acontecendo? ”. Ferramentas como Diagrama de Pareto podem auxiliar na resolução dessa pergunta.

Geralmente, é a etapa mais demorada do Plan, pois precisa de uma validação de vários membros e da observação prática do problema nos processos. Porém, após essa etapa, a equipe responsável pelo PDCA poderá responder de maneira mais assertiva o orçamento para realização do problema e a meta principal do PDCA.

-Análise do problema

Após essa etapa, a dúvida que deve estar respondida é: “Por que esse problema está acontecendo? ”. Métodos como 5 Porquês e Diagrama de Ishikawa são ótimos para responder perguntas como essa.

Nessa etapa, o problema é dividido em suas causas e a busca pela causa-raiz é um dos pontos mais importantes. Outro ponto crucial dessa etapa é a relevância das causas, para que não haja desvio de esforços com causas não tão importantes e irrelevância de causas importantes.

-Plano de ação

A etapa de planos de ação responderá o questionamento: “Quais passos tomar para resolver o problema? ”. A resposta dessa pergunta se torna bem complexa e, para isso, a utilização de métodos, como 5W2H ou uma listagem de planos de ação, auxiliará de maneira muito positiva na organização e planejamento desses próximos passos.

Nessa etapa, serão criadas as ações necessárias para resolver o problema, designando datas e responsáveis por cada ação.

• Fazer (do):

A etapa Fazer é a parte prática do PDCA, o momento em que os planos de ação e planejamentos da etapa anterior vão ser postos em prática. Antes de iniciar essa etapa, todos os envolvidos com o PDCA devem passar por treinamento para garantir o alinhamento da equipe.

Caso o planejamento (etapa anterior) tenha sido feito de maneira correta, essa etapa não deverá apresentar problemas. Caso ocorram, provavelmente o planejamento foi feito de maneira não assertiva.

Além disso, o acompanhamento das atividades também está incluído na etapa Fazer. Por isso, aplicar os planos de ação e perceber se eles estão no andamento correto é essencial para a realização das próximas etapas.

Além disso, a documentação durante esse processo é uma das maneiras de garantir o acompanhamento e o bom andamento das próximas etapas.

- Checar (check):

A próxima etapa do PDCA é Checar e é uma etapa de revisão e análise. Assim, identificar o que consta no Planejar e a diferença para o que realmente aconteceu no estágio de Fazer é um dos principais pontos do Checar.

Sendo assim, para realizar a checagem de forma objetiva, existem duas opções: fazer a checagem durante a etapa Fazer ou realizar após a mesma. As duas maneiras são corretas e dependem muito de como o PDCA está ocorrendo no processo e qual o tipo de processo.

Além disso, a medição e avaliação do que se passou é outro ponto de muita atenção, pois com ele é possível analisar o cumprimento das etapas com os padrões de qualidade intencionais. Nesse sentido, a melhor maneira de fazer essa análise é estatisticamente, com ferramentas e métodos estatísticos usados para relacionar os dados dos problemas com os resultados obtidos.

- Agir (act):

A última etapa do PDCA é uma etapa de reflexão e de pensamento futuro. Nesse período, deve se pensar na apresentação dos resultados, nos novos problemas encontrados durante todo ciclo e no aprendizado que o processo gerou.

Dessa forma, a etapa Agir é muito importante, pois é nela que ocorrerá a virada no ciclo PDCA, terminando um e iniciando outro. Para esse giro no método PDCA, algumas ações devem ser tomadas:

- Padronização

Nessa fase do Agir, os resultados positivos e negativos devem passar por análise. Além disso, padroniza-se os positivos e se ressaltam os negativos como candidatos para novos ciclos do PDCA.

Sendo assim, a padronização é uma etapa muito importante para que o que foi feito não se perca e que o problema solucionado não volte a aparecer. Algumas ferramentas para padronização do processo podem facilitar essa situação, como a ferramenta POPs e o Mapeamento de Processos.

-Conclusão

Essa é uma fase de revisão geral do que ocorreu em todo PDCA, documentação de todo o processo, identificação do que pode melhorar e análise dos resultados obtidos.

Nesse sentido, toda a documentação, reflexão e análise ajudará a equipe a pensar em passos futuros e a criar um novo ciclo PDCA com os insights gerados.

O PDCA é uma ferramenta de resolução de problemas, que auxilia qualquer processo com uma melhoria contínua. Nesse sentido, é uma ferramenta intuitiva e com fácil aplicação, que pode gerar resultados expressivos para os envolvidos.

Além disso, a facilidade de aplicação do PDCA é um dos pontos mais relevantes dessa metodologia, pois permite a aplicação em um processo muito simples ou mais robusto e complexo. Muitas vezes, o resultado aparece rapidamente, com economia, redução de desperdícios e melhoria na qualidade.

Portanto, a aplicação do PDCA irá garantir identificação de melhorias e problemas no processo baseado em uma metodologia de melhoria contínua. Com a aplicação e prática correta do PDCA, a eficiência e produtividade nos processos cresce, gerando lacunas para cortes de gastos e aumentando a lucratividade do processo. [12]

2.5 Indústria 4.0

A nova onda tecnológica caracterizada pela emergência das tecnologias digitais gera impactos nos diferentes setores, da agricultura à indústria, alterando a maneira como se produz, como se organizam as cadeias de valor, como se comercializa, bem como a forma como as pessoas vivem e se relacionam. O ritmo acelerado com que essas tecnologias avançam exige das empresas uma rápida capacidade de resposta, pois

seu poder de concorrência e, conseqüentemente, o potencial competitivo de toda a economia dependem disso (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA [CNI], 2020).

Assim, a manufatura avançada, também nominada indústria inteligente ou Indústria 4.0, é um termo que foi introduzido pela primeira vez por Kagermann, Lukas e Wahlster (2011) e depois popularizado por vários profissionais e instituições (FIORAVANTI; KRAISELBURD; LAPORTE, 2019). Refere-se à 4ª Revolução Industrial e faz alusão ao impacto potencialmente revolucionário que segue diretamente nos passos das três revoluções industriais anteriores (BRASIL, 2017), como mostra a figura abaixo.



Figura 12. Evolução tecnológica da produção [13]

O termo Indústria 4.0 é usado para abarcar todos os esforços de integração e conectividade verticais, horizontais, que perpassam os ciclos de vida dos produtos e serviços, e que convergem os mundos biológicos, físico e digital, tal como mostra a figura abaixo (UNIDO, 2017). Segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, caracteriza-se, portanto, pela integração e controle remotos da produção, a partir de sensores e equipamentos conectados em rede, associados a sistemas ciberfísicos, dados e serviços inteligentes de internet, sendo entendida como o futuro da produção, dentro de um esforço para revitalização das empresas em busca de liderança tecnológica e, conseqüentemente, de mercados globais cada vez mais competitivos (BRASIL, 2017; FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS [FINEP], 2020). Figura 2. Convergência dos mundos biológico, físico e digital Fonte: Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (2020).

Sacomano et al. (2018) propõem uma classificação não-definitiva dos elementos formadores da Indústria 4.0, pela qual categoriza as tecnologias emergentes em: elementos base ou fundamentais, que representam a base tecnológica fundamental sobre a qual o próprio conceito de Indústria 4.0 se apoia e sem os quais não poderia existir; elementos estruturantes, que são tecnologias e/ou conceitos que permitem a construção de aplicação da Indústria 4.0; e elementos complementares, que são elementos que ampliam as possibilidades da Indústria 4.0, mas que não necessariamente tornam 4.0 as aplicações industriais que eventualmente os utilizem. [13]

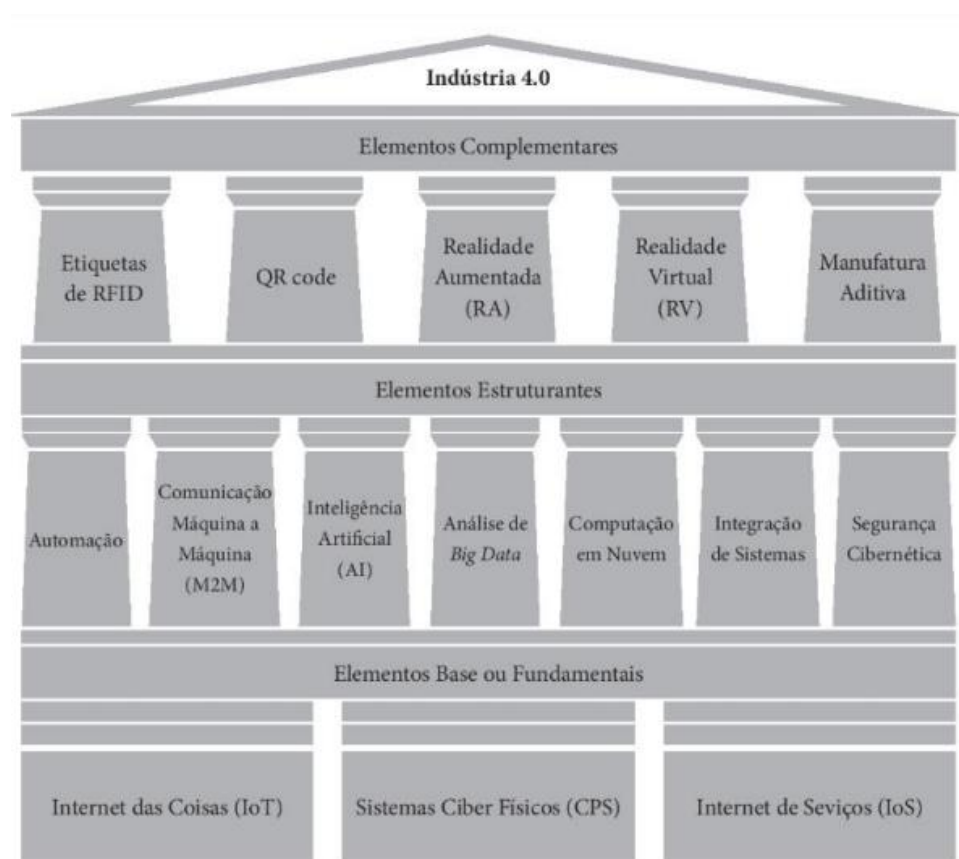


Figura 12. Elementos da Indústria 4.0 [13].

A manufatura aditiva, ou impressão 3D, faz parte dos Elementos Complementares e também foi utilizada para resolução do problema de manutenção em questão, é o processo de produção de peças por meio da deposição de materiais, criando objetos sobrepondo (imprimindo) camadas sucessivas de material com base em um modelo ou desenho 3D (IEDI, 2019). A tecnologia apresenta um amplo leque de funcionalidades para os mais diversos setores. Especificamente no âmbito industrial, a impressão 3D envolve a impressão de peças de polímero a nível local, o que poderia

trazer mudanças significativas em algumas cadeias de valor (BARLETA; PÉREZ; SÁNCHEZ, 2019).

Por exemplo, na fabricação de automóveis, a manufatura aditiva pode alterar o modelo operacional, encurtando a cadeia de valor e permitindo a produção de objetos diretamente nas fábricas ou nas proximidades, economizando tempo e custos de transporte, além de proporcionar maior flexibilidade na produção em resposta a mudanças na demanda ou nos gostos dos clientes (BARLETA; PÉREZ; SÁNCHEZ, 2019).

Nesse sentido, a impressão 3D está revolucionando os processos de produção tradicionais. No curto prazo, avalia-se que a tecnologia trará benefícios às indústrias em que a personalização e o tempo de colocação no mercado sejam fatores importantes para a construção do valor do produto final – normalmente com peças de baixo volume e alto valor, como aeroespacial e assistência médica. Espera-se, assim, que a escala importe menos com as impressoras 3D do que com outras novas tecnologias de processo de fabricação, e a demanda por produtos personalizados entregues rapidamente possa dispersar as atividades de fabricação geograficamente – ou seja, em um modelo de "microfabricação", pelo qual até mesmo as pequenas empresas possam acessar projetos internacionais e imprimir localmente (HALLWARD-DRIEMEIER; NAYYAR, 2018). No entanto, esse cenário pode ser limitado pela escassez de técnicos e engenheiros treinados ou pelo fornecimento confiável de eletricidade. A fraca proteção dos direitos de propriedade intelectual é outro fator a ser considerado. É improvável que as empresas enviem projetos para locais onde possam ser facilmente impressas, sem limite, para clientes que não pagam taxas de licença ou royalties. Além disso, os países que não estão abertos ao comércio de serviços correm o risco de ficar para trás porque o modelo de impressão 3D substitui efetivamente o comércio de serviços (por meio do pagamento de taxas de licença e royalties por desenhos) pelo comércio de mercadorias (HALLWARD-DRIEMEIER; NAYYAR, 2018).

Desta forma, WEF (2017a) avalia que as economias e a dinâmica da indústria atual ainda não têm capacidade de suportar a incorporação da impressão 3D, uma vez que a substituição da fabricação convencional por longas tiragens de produção em localização mais próximas dos consumidores pode ser uma mudança desafiadora e

dispendiosa. Dadas essas limitações nos amplos recursos de uso da impressão em 3D ou se as economias de escala na impressão em 3D forem fortes, a atividade de impressão provavelmente se agrupará nos locais do hub. Atualmente, Barleta, Pérez e Sánchez (2019) aponta que, mesmo que a qualidade e a velocidade da impressão 3D ainda estejam sendo debatidas, o investimento privado nessa tecnologia está concentrado nos Estados Unidos, responsáveis por 39% do mercado global, seguidos pela Ásia e Pacífico (29%) e Europa (28%). Assim, embora a impressão em 3D tenha sido usada principalmente para prototipagem até o momento, ela já possui uma presença considerável ou potencial significativo em certas indústrias - embora em grande parte em países de alta renda. [13]

2.7 Tribologia (Atrito-Desgaste-Lubrificação)

A tribologia é a ciência do desgaste, fricção e lubrificação. Ela estuda as superfícies e como elas interagem em sistemas mecânicos. Tem como objetivo, fundamentar projetos de elementos de máquinas que trabalhem sob atrito e deslizamento. Por exemplo: rolamentos, mancais, eixos, etc. E orientar a elaboração da estratégia de lubrificação industrial (tipos de lubrificantes, intervalo de lubrificação, ensaios, etc.).

Em um equipamento mecânico, vários pequenos componentes atuam juntos para cumprir uma função. O contato entre essas partes determina a qualidade do funcionamento do sistema como um todo.

Como a tribologia estuda estas relações, ela é importante para a engenharia mecânica. Principalmente aumentar a eficiência das máquinas.

O atrito dissipa a energia utilizada pelas máquinas. Dessa forma, estima-se que 23% da energia consumida mundialmente se origina em sistemas tribológicos. Ou seja, do contato entre as superfícies.

Aplicações da tribologia na engenharia mecânica:

- Minimizar a resistência ao deslizamento ou rolamento que trabalhem com movimento relativo, como rolamentos e engrenagens;
- Maximizar a resistência ao deslizamento de sistemas que funcionem à base de atrito. Como, por exemplo, freios e embreagens;
- Facilitar processos de fabricação como laminação, torneamento e estampagem;

- Permitir o transporte de materiais através de sistemas que usem deslizamento ou rolagem;
- Determinar os tipos de lubrificantes usados em equipamentos industriais.

Um sistema tribológico é composto de 4 elementos principais:

- 1) e 2) dois elementos de contato;
- 3) meio de interface, e
- 4) meio ambiente.

Um exemplo desses quatro elementos num sistema tribológico é:

- Coroa de engrenagem;
- Pinhão de engrenagem;
- Óleo lubrificante;
- Ambiente com presença de poeira e baixa umidade.

Alguns exemplos de sistemas tribológicos são:

- Rolamentos;
- Guias;
- Juntas;
- Engrenagens;
- Selos;
- Embreagens;

Como qualquer sistema de engenharia, um sistema tribológico também recebe entradas e produz saídas. A imagem abaixo mostra estas entradas e saídas de forma esquemática:

FUNÇÃO DOS SISTEMAS TRIBOLÓGICOS

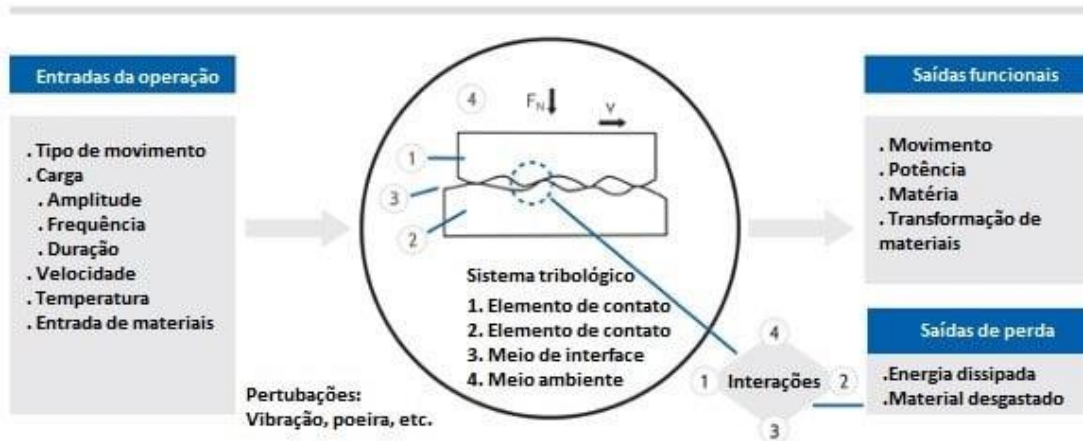


Figura 13. Entrada e Saída sistemas tribológicos [14].

Note que há dois tipos de saída: as funcionais e as de perda.

O objetivo da análise de um sistema tribológico é projetar ou modificar um sistema para maximizar as saídas funcionais e minimizar as saídas de perda.

Por exemplo, utiliza-se um lubrificante para altas temperaturas quando este trabalha com calor excessivo. Como resultado, o calor (saída de perda) é reduzido, e o trabalho realizado (saída funcional) é ampliado.

A aplicação da análise de sistemas tribológicos amplia a vida útil dos componentes, aumenta sua eficiência e reduz os custos de manutenção.

Os fatores tribológicos estão divididos em 3 categorias, ligados às partes dos sistemas tribológicos. Eles são os fatores:

- **Estruturais:** referentes aos dois elementos de contato. São divididos em:
 - *Propriedades dos materiais:* durezas, tipos de deformação, composição, capacidade de aderência, energia livre de superfície, etc.;
 - *Propriedades geométricas:* topografia, rugosidade superficial, forma das peças e tipo de contato, dimensões e tolerâncias, etc.;
- **Interfaciais:** podem ser de dois tipos:
 - *Fluidos em interfaces:* tipo de lubrificante, graxa ou óleo, composição, viscosidade, umidade, presença de água, etc.;
 - *Sólidos em interfaces:* tipo de partícula abrasiva, tipo de lubrificante (em caso de lubrificante sólido), estrutura, dispersão, etc.;
- **Ambientais:** umidade, temperatura, presença de gases, produtos químicos, materiais em suspensão, etc.

O ensaio de tribologia permite a descrição do comportamento de um sistema tribológico sob condições controladas. Ele permite a comparação do desempenho de materiais e lubrificantes sob atrito e desgaste.

O ensaio tribológico simula uma forma particular de desgaste que é encontrada em campo.

Os parâmetros que são simulados em um ensaio de tribologia são:

- Carga ou pressão aplicada;
- Velocidade;
- Temperatura;
- Tipo de contato (pontual ou em linha);
- Tipo de movimento (rolante vs. deslizante; recíproco vs. unidirecional);
- Lubrificação mecânica;
- Propriedades ambientais.

Os dados obtidos através da simulação de todos esses cenários permitem a escolha do lubrificante mais adequado para o equipamento.

Os ensaios de tribologia são testes essenciais para qualquer estratégia de manutenção.

O tribômetro permite que você coloque duas superfícies em contato sob condições altamente controladas. Estes equipamentos medem a carga aplicada vs. profundidade ou coeficiente de atrito vs. distância.

Os tribômetros mais completos são modulares. Em outras palavras, significa que eles vêm com instrumentos de testagem diferentes que podem ser trocados para realizar diversos tipos de teste.

Alguns desses módulos são mostrados abaixo com o tipo de desgaste analisado:

- Pino e disco: desgaste rotacional e recíproco (em arco);
- Pino linear: desgaste linear recíproco;
- Bloco e anel: desgaste por deslizamento;
- Dois anéis: desgaste por deslizamento — usado para testar arruelas;
- 4 esferas: teste de lubrificantes; três esferas giram em torno de um centro e a quarta é pressionada entre elas;
- Agulha: teste de risco em recobrimentos.



Figura 14. Tipos de instrumentos de testagem [14].

Os tribômetros também permitem que o ambiente de teste seja controlado para simular condições reais. Assim, durante o teste o técnico pode:

- Mudar para altas ou baixas temperaturas;
- Submergir em líquidos;
- Submeter a um ambiente de corrosão;
- Usar gases numa atmosfera controlada;
- Variar a umidade.

A manutenção deve simular ambientes diversos, pois isso permite que os materiais sejam estudados em situações próximas da realidade da indústria.

Em muitos casos, por exemplo, um lubrificante usado em um ambiente não pode ser usado em outro em que há contato com água.

Por isso há necessidade de simular os efeitos do desgaste e da lubrificação em ambos. [14]

3.0 RESULTADOS

3.1 Identificação, organização e análise de falhas.

Durante a Fabricação normal da montagem de carrocerias com pinças de solda a ponto em uma indústria automotiva, foram observados vários atritos entre os componentes, mangueiras de refrigeração, abraçadeira de aço para fixação, parafuso de fixação do cabo, cabo de solda e de reenvio, apresentava pequenos riscos que com o tempo se transformaram em perfurações, provocando vazamento de água no cabo de solda, por ser refrigerado com água em circulação, provocava estouro do revestimento projetando água em várias direções, causando perdas de recursos naturais além de risco a segurança dos colaboradores por se tratar de equipamento conforme NR12 categoriza. Esses pontos apareceram tanto em pinças que trabalham em várias posições como as que realiza o processo em uma única posição.

Orientando-se, pelos passos do Kaizen onde a base contempla o ciclo PDCA, no primeiro passo da fase P, fizemos a identificação do problema, através do Diagrama de Pareto, onde identificamos os problemas e quantificamos as ocorrências para uma visão total em análise percentual, pelo período de 1 ano.

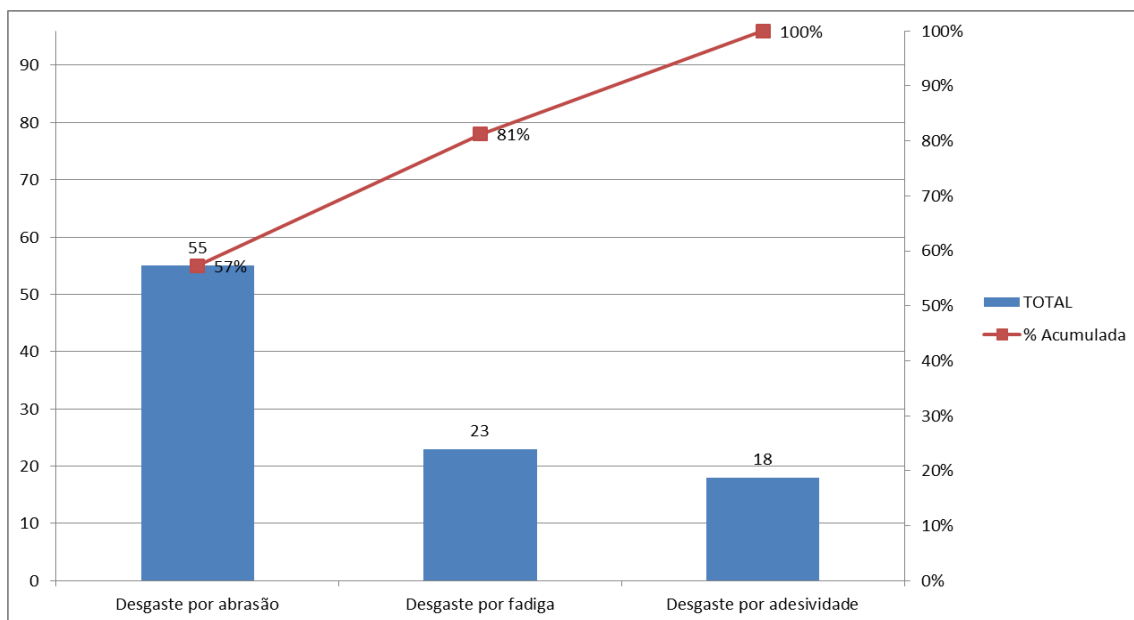


Figura 15. Identificação do problema pelo Diagrama de Pareto.

Para conhecermos melhor o problema, bem como suas possíveis causas, seguindo na etapa P do MASP, utilizamos a ferramenta 5W1H.

5W1H		
Descrição do problema: Desgaste de mangueiras, Cabos e conduítes		
O QUE? (WHAT)	O que aconteceu? Qual o problema?	Troca repetitiva das mangueiras de circulação de água, cabo de solda e abraçadeira, se atritam e causa desgaste até a fadiga do componente.
QUANDO? (WHEN)	O problema já ocorreu outras vezes? Qual frequência?	Sim, acontece diariamente.
ONDE? (WHERE)	Área, Posto/Máquina, Ponto do Processo	Funilaria Daily MY, Cabine de Solda 60532, Grupo anterior operação 1D
QUEM? (WHO)	Com quem ocorre o problema? É um problema individual?	Independente do operador, manutentor. Acontece com todos.
DE QUAL FORMA? (WHICH)	Frequência crônica ou aleatória? Está relacionada com alguma variável do processo? Quais fatores influenciam para ocorrência do problema?	Frequência Crônica, sim, movimentação da pinça provoca atrito entre as mangueiras, cabos e abraçadeiras, devido à má formação do Layout.
COMO? (HOW)	Como o Fenômeno ocorreu? Quais seriam as condições ideais?	Ocorre durante o processo de soldagem, mudança de posição de solda em relação à peça e ao colocar o equipamento em descanso.

Tabela 1. Identificação da causa do problema pelo 5W1H.

Após a identificação e conhecimento do problema, seguimos para parte de observação e análise através de Diagrama Ishikawa e do 5 Porquês. Conhecendo assim as causas e efeitos de cada falha.

Após a folha de verificação identificamos a causa do problema, alimentamos a planilha dos 5 porquês para entendermos a causa raiz do problema.

Análise de Causa Raiz - 5 Porquês					
Causa Raiz:	Falha no Projeto de Relayout da Máquina				
Causa	Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4	Porque 5
Troca repetitiva das mangueiras de circulação de água	Devido a abração por atrito, com máquinas, cabo de solda e abraçadeira de fixação da mangueira	Layout atual das mangueiras não está adequado para processos e suportar várias movimentações	Foi criado layout por empresa terceira que organizou as mangueiras, porém não eliminou o atrito	Falha no projeto de relayout da máquina	

Figura 18. Planilha dos 5 porquês para entendermos a causa raiz do problema.

Para solucionar este problema foi feito um estudo de caso, baseado em afastamento dos componentes de modo a permanecer em posições cômodas mantendo sua mobilidade efetiva sem alterar a ergonomia do operador.

Seguindo a metodologia, após realizar o PDCA, segue-se etapa das seguintes vozes, seu projeto é cabível de extensão, aplicável algum treinamento para uso eficiente, qual step é atingível, informe o nível de conhecimento da equipe sobre as técnicas aplicadas através do radar check, realize um gráfico que demonstre seu resultado atingido entre outras vozes, está aqui citada são as mais comuns durante sua aplicação.

Todo este processo é revisado pelo setor especializado, que detém a capacitação para treinar as pessoas no WCM onde se encontra em um dos pilares, citado anteriormente a metodologia kaizen, são devolvidos com assinaturas eletrônicas que validam aplicação do projeto.

Um layout ruim de componentes que trabalham juntos, provoca o fenômeno chamado atrito se não bem acomodados, é quando um corpo cria resistência ao outro corpo desde que estejam em contato, se movimentar em alguma direção no espaço! (Primeira Lei de Newton).



Figura 19. Mangueiras danificadas pelo atrito dos componentes.

Desgaste por abrasão: esta categoria de desgaste ocorre com elevados níveis de atrito e com superfícies de contato de elevado grau de abrasividade (arestas agudas e cortantes). As partículas de borracha são destacadas da superfície em resultado de cortes.

Desgaste por fadiga: esta categoria de desgaste ocorre em contato com superfícies ásperas e duras, com níveis de atrito moderados. As partículas de borracha são destacadas da superfície em resultado de tensões dinâmicas

Desgaste por adesividade: é menos relevante que os mecanismos atrás referidos. Ocorre em superfícies relativamente lisas e a velocidade de desgaste varia de forma acentuada com aumentos na pressão de contato, na velocidade relativa das superfícies em contato e na temperatura. Neste caso, as partículas de borracha são transferidas para a superfície em contato, por fenómenos de adesão entre as duas superfícies. [15]



Figura 20. Mangueiras danificadas pelo atrito dos componentes.

Na figura acima conseguimos identificar uma progressão deste desgaste até chegar ao ponto de ruptura do revestimento ou corpo do componente, gerando quebra e parada de máquina!

Para solucionar este problema foi feito um estudo de caso, baseado em afastamento dos componentes de modo a permanecer em posições cômodas mantendo sua mobilidade efetiva sem alterar a ergonomia do operador.

Desenvolvemos um protótipo utilizado uma impressora 3D convencional com filamento BPAS na coloração azul, com uma produção de peças por dia.



Figura 21. Protótipo dos flanges, feitos na impressora 3d.

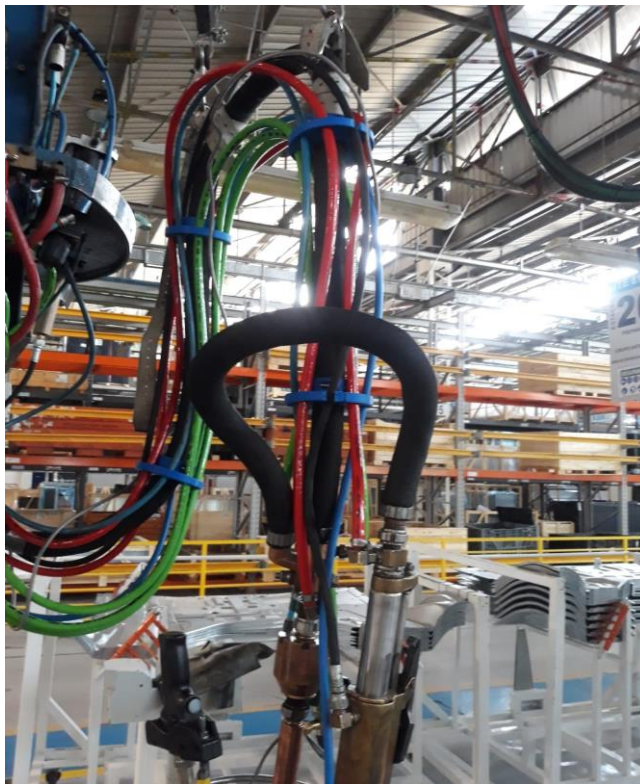


Figura 21. Flanges instalados, para melhorar layout.

Este projeto teve boa aceitação e atendeu as expectativas, devido a seu potencial de expansão e baixo custo para resolução de um problema crônico.

Instalado em um equipamento como projeto piloto, atualmente em expansão para um total de 350 equipamentos ao todo na planta de funilaria, o auxílio da impressão 3D torna todo trabalho mais prático na confecção dos flanges, sua aplicação ocorre durante a troca dos cabos de solda em falha uma estratégia adotada para evitar uma parada de máquina e comprometer o processo.

Assim entendemos que para solucionar problemas é necessária criatividade e conhecer as ferramentas disponíveis no momento e como você pode manuseia-las a seu favor em busca de resolver problemas.

4.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] WILLIANS, 1994 apud WILSONCARLOS, 2003. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL, 2018, EDITORA ATLAS. SÃO PAULO-SP

[2] TELES, Jhonatan. Indicadores de Manutenção: Veja os principais KPI's para Gestão da Manutenção. Engeteles, 2016. Disponível em: (<https://engeteles.com.br/indicadores-de-manutencao/>). Acesso em: 2022

[3] RODRIGUES, Gabriel. Cálculo de MTBF e MTTR: qual a diferença?. Blog.Auvo. Disponível em: <https://www.blog.auvo.com/post/mtbf-e-mttr>. Acesso em: 2022.

[4] TELES, Jonathan. Como calcular disponibilidade equipamentos industriais?. Engeteles, 2017. Disponível em: <https://engeteles.com.br/como-calcular-disponibilidade/>. Acesso em: 2022

[5] ALBERT, Ana. O que é confiabilidade na manutenção? Alsglobal, 2020. Disponível em: (<https://www.alsglobal.com/%2Fpt-br%2Fnews%2Fartigos%2F2020%2F05%2Fo-que--confiabilidade-na-manuteno>). Acesso em: 2022

[6] LAMEIRINHAS, Gabriel. 8 indicadores indispensáveis para gestão de manutenção. Tractian, Disponível em: <https://tractian.com/blog/indicadores-de-manutencao>. Acesso em: 2022

[7] Custo de manutenção por unidade produzida. Melhoria Continua MCC, Disponível em: <https://www.melhoriacontinuamcc.com.br/?p=2470>. Acesso em: 2022

[8] ROSA, Fabiano. Gestão de Backlog na manutenção. Unisepe, 2018. Disponível em: (<https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/12/051-GEST%C3%83O-DE-BACKLOG-NA-MANUTEN%C3%87%C3%83O.pdf>). Acesso em: 2022

[9] OLIVEIRA, José. Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. 2013. Disponível em file:///C:/Users/Felipe/Downloads/1021-3238-1-PB.pdf . Acesso em: 2022

[10] OLIANI, Luiz; PASCHOALINO, Wlamir; OLIVEIRA, Wdson. Ferramenta de melhoria continua Kaizen. Revista Científica Unar, v. 12, n. 1, p. 57-67, 2016.

[11] KAIZEN: Saiba Tudo Sobre O Método De Melhoria Contínua. EPR Consultoria. Disponível em: <https://eprconsultoria.com.br/tudo-sobre-kaizen/>. Acesso em: 2022.

[12] PDCA: Entenda A Sua Importância Na Gestão De Negócios. EPR Consultoria. Disponível em: <https://eprconsultoria.com.br/pdca/>. Acesso em: 2022.

[13] CGEE. Levantamento de informações sobre estudos existentes relativos à identificação de segmentos ou nichos com maior potencial para desenvolvimento tecnológico nacional. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_conv ergentes/paginas/Arquivo/Levantamento-de-informacoes-sobre-estudos-existentes-relativos-a-identificacao.pdf. Acesso em: 2022

[14] O que é tribologia na engenharia mecânica? Qual a sua importância na lubrificação?. Abecom, 2021. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/tribologia/>. Acesso em: 2022.

[15] CAETANO, Mario. Resistência à Abrasão. CTBorracha. Disponível em: <https://www.ctborrachas.com.br/borracha-sintese-historica/propriedades-das-borrachas-vulcanizadas/propriedades-tribologicas/resistencia-a-abrasao/>. Acesso em: 2022.