



Reconectando Pessoas,
Ciências, Artes e
Tecnologia

Anais do

XI Congresso de Engenharias da UFSJ

Part of ISSN 2237-0358

Conteúdo disponível em: doi.org/10.29327/1317088.11-1



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

Alexandre Aurélio Santos Diniz ⁽¹⁾ (alexandre.diniz2004@gmail.com)

Ana Luisa Gomes de Araujo ⁽¹⁾ (aninha_gomes7l@hotmail.com)

Felipe Sanches Fischer ⁽¹⁾ (fischer.felipe@hotmail.com)

Wesley de Freitas Lima ⁽¹⁾ (wesley_freitas7l@hotmail.com)

⁽¹⁾ Centro Universitário UNA – Departamento de Engenharia Mecânica – Sete Lagoas – MG

RESUMO: A metodologia KAIZEN é uma importante promotora de melhoria contínua em processos de fabricação, máquinas e equipamentos gerando ganhos de qualidade e produtividade. Este trabalho apresentou a aplicação do KAIZEN na solução de problema de desgaste prematuro de mangueiras de condução de água de refrigeração aplicados em dispositivos de solda pela tecnologia resistência a ponto em operações de funilaria na indústria automobilística. Através deste estudo de caso foi possível aplicar a metodologia KAIZEN com sucesso, identificando a causa raiz de Lay out inadequado causado pelo projeto do fabricante da pinça suspensa de solda a ponto. Por meio de uma solução criativa, projetou-se um espaçador para implementação de um novo Lay out de cabos e mangueiras, eliminando definitivamente o problema. O baixo custo e agilidade de implementação da ação deve-se a uso de prototipação rápida por impressora 3D. Este projeto comprovou a viabilidade técnica e estratégica da utilização da metodologia KAIZEN tipicamente aplicada em problemas de qualidade em produto e processo para solução de problemas de manutenção, gerando significativa redução de custos de gestão de ativos industriais e redução e/ou eliminação do risco de segurança no trabalho (condição insegura), sem o comprometimento de questões ergonômicas.

PALAVRAS-CHAVE: KAIZEN, Manutenção, Gestão de ativos, Industria automobilística, manufatura aditiva.



Os autores são os únicos detentores dos direitos autorais.

São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil

25-29 de setembro de 2023

[B.L. Resende](#), [C.M. Vale](#) & [R.J. Silva](#) (Organização & Edição)

1. INTRODUÇÃO

Diante de um mercado altamente competitivo e globalizado, as empresas buscam manter-se na vanguarda em constante atualização de suas estratégias de gestão. Para isso considera trazer maior eficiência em seus sistemas produtivos influenciando positivamente os fatores de desempenho como: custo, processos, qualidade, flexibilidade, inovação, logística e desenvolvimento de novos produtos (ANTUNES, 2008).

O *Lean Manufacturing* (produção enxuta) também conhecido por Sistema Toyota de Produção foi criado no Japão após a Segunda Guerra Mundial onde, na década de 60, o mercado exigia maior flexibilidade e juntamente com o crescimento dos concorrentes conduzia a um novo sistema de produção sendo, portanto, desenvolvido pelo engenheiro Taiichi Ohno e sua equipe (OHNO,1997). O *Lean Manufacturing* tem o objetivo de eliminar as perdas do processo produtivo torna-se um sistema de produção completo sendo referência em eficiência e eficácia, trazendo redução de custos, maior produtividade e qualidade no processo de produção, garantindo a sobrevivência das empresas.

Dentro deste contexto, segundo Rodrigues (2022) faz-se necessário a implementação da produção enxuta, se beneficiando de metodologias que permitem aumentar sua competitividade, redução de perdas e desperdícios. 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, utilizando indicadores de gestão da manutenção tais como MTBF (tempo médio entre falhas), MTTR (Tempo Médio Para Reparo).

A gestão da manutenção industrial às vezes pode parecer muito complicada para algumas empresas. No entanto, existem diversas metodologias e ferramentas de qualidade que podem e devem ser usadas para solução dos problemas de manutenção. Uma das principais metodologias de solução de problemas utilizada na Produção Enxuta é o *Kaizen*. Sua tradução significa melhoria contínua, busca a integração do conhecimento dos colaboradores e tem como principal objetivo a eliminação de desperdício. Traz como resultado a redução de custos, o aumento de ganho na produtividade e a melhor utilização dos recursos disponíveis. Por sua grande força Ortiz (2010) diz que o *Kaizen* pode ser classificado não só como uma metodologia, mas também como uma filosofia, já que se torna uma cultura empresarial, que deve existir independentemente do nível hierárquico do colaborador. Entre seus diversos benefícios, o impacto rápido talvez seja o que mais chame a

atenção. A busca por excelência sempre está presente, além da expansão da criatividade em diversas atividades realizadas na organização.

A importância deste trabalho justifica-se por exemplificar e incentivar o uso bem-sucedido de metodologias de qualidade aplicadas à manutenção de máquinas e equipamentos (amplamente aplicadas à solução de problemas de qualidade em processos de fabricação, mas de limitado uso em manutenção de ativos no Brasil) objetivando a identificação e eliminação da verdadeira causa raiz de falhas em de máquinas fabris.

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 trabalho onde são desenvolvidos, produzidos e testados veículos comerciais, veículos comerciais.

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.

O objetivo geral da pesquisa é identificar um problema crônico de desgaste prematuro de cabos de energia de pinça de solda a ponto aplicada em funilaria automotiva.

Tem-se como objetivos específicos:

- 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.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A soldagem por resistência é muito utilizada pela sua alta velocidade, versatilidade e facilidade de automatização, dentre as suas principais variações podemos citar a soldagem por resistência por pontos (*Spot Welding*), muito utilizada para a soldagem de chapas metálicas sobrepostas, revestidas ou não, a soldagem por resistência por projeção (*Projection Welding*), muito utilizado para a soldagem de componentes de fixação em chapas e peças e a soldagem de telas de aço galvanizado, a soldagem por resistência por costura (*Seam Welding*), muito utilizado para a soldagem de tanques de combustíveis automotivos (FONSECA, 1999).

Neste projeto foi utilizada o sistema de pinça de solda suspensa com cilindro pneumático da fabricante FASE modelo X/4 – 200; um transformador de média frequência de 440V e potência de nominal de 54 kVA modelo Cabine Compacta PTI com controlador Weld334MHC e unidade de programação móvel HCM 4300 HHT da fabricante FASE; um transformador de 220V para 440V Auto Trafo monofásico de 15 KVA e 60 Hz, modelo ELT78 e uma bomba hidráulica bivolt.

Como método de solução de problemas foi aplicada a metodologia de solução de problemas KAIZEN a partir do material de treinamento Kaizen Institute Brasil (2020).

Para construção dos protótipos foi utilizado a impressora 3D do fabricante HP Multi Jet Fusion (MJF) utilizando como matéria prima o filamento polimérico BPAS na coloração azul.

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Durante o processo da união de peças metálicas automotivas (funilaria industrial) pelo processo de solda a ponto utilizando-se o sistema de pinças suspensas, foram relatados frequentes casos de vazamentos de água pelas mangueiras de refrigeração das máquinas de solda a ponto. Estas mangueiras são de 1" (uma polegada de diâmetro) e são fabricadas em borracha com camadas internas de aço trançado (tramas metálicas). A Figura 1 mostra o desgaste prematuro das mangueiras causados por atrito mecânico.



FIGURA 1. Mangueiras danificadas pelo atrito dos componentes.

O vazamento de água de refrigeração é considerado uma falha grave, além de comprometer a qualidade e produtividade da solda a ponto pode trazer grandes riscos de acidentes do trabalho

tais como choques elétricos (conduzidos pela água), escorregamentos (piso industrial molhado) dentre outros riscos aos operadores de produção. Importante ressaltar que a água tem a função de refrigeração dos eletrodos de solda a ponto com relevante contribuição na produtividade e qualidade da solda.

A primeira etapa da metodologia Kaizen foi utilizado a ferramenta 5W1H conforme apresenta a Tabela 1. A ferramenta auxilia a conhecer melhor o fenômeno que gera o problema antes de analisar as causas, através de perguntas com foco investigativo

TABELA 1. 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.

Após a análise do fenômeno do problema e registro da ferramenta 5W1H, foi realizado um “Brainstorming” com o time multifuncional (operacional e de suporte a produção), e as potenciais causas do desgaste das mangueiras foram registrados no diagrama as causas e efeito (Ishikawa), conforme demonstrado na Figura 2.

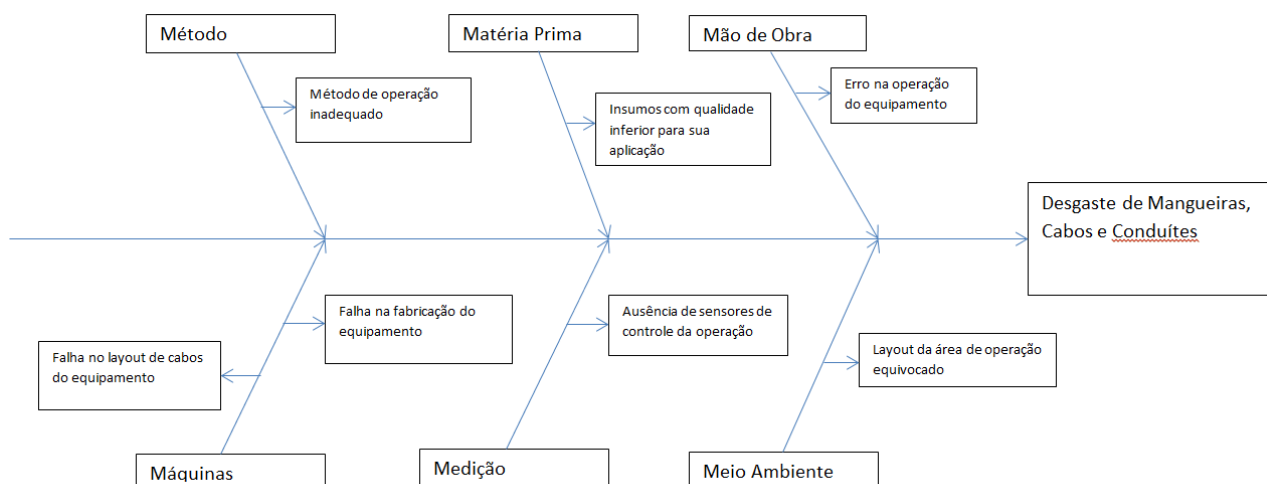


FIGURA 2. Análise do problema pelo Diagrama de Ishikawa.

Depois da identificação de todas as possíveis causas do problema foi utilizado uma folha de verificação para uma análise criteriosa de cada uma das possíveis causas, para confirmação se a causa tem contribuição diretamente com o problema. Conforme pode ser visto na Tabela 2, a causa confirmada para o problema foi o *Lay out* inadequado dos cabos devido à proximidade e grau de liberdade entre eles. A demais causas prováveis foram descartadas.

TABELA 2. Folha de verificação para análise de cada uma possível causa.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO									
Área	Possível causa	Método					Verificação	Resultado obtido	Causa
		Observação	Pesquisa	Experimento	Escutar	Fatos observados			
Método	Operação inadequada					X	Não foram observadas falhas na operação	Não alterar	Não
Matéria-prima	Insuficiência de qualidade inferior para sua aplicação		X				Insuficiência dentro da especificação sugerida pelo fabricante	Não alterar	Não
Mão de Obra	Erro na operação do equipamento	X					Não foram observadas falhas na operação	Não alterar	Não
Meio Ambiente	Layout da área de operação equivocado	X					Disposição das máquinas não interferem no problema	Não alterar	Não
Medição	Ausência de sensores de controle da operação	X					Equipamento manual, dispensa o uso de sensores de controle	Não alterar	Não
Máquinas	Falha na fabricação do equipamento		X				Não foram observadas falhas na fabricação do equipamento	Não alterar	Não
	Falha no layout de cabos do equipamento	X					Foi observado muita proximidade entre os cabos do equipamento ocasionando atrito entre eles	redefinir layout de cabos	sim

Exemplo do *Lay out* inadequado dos cabos pode ser verificado na Figura 3.

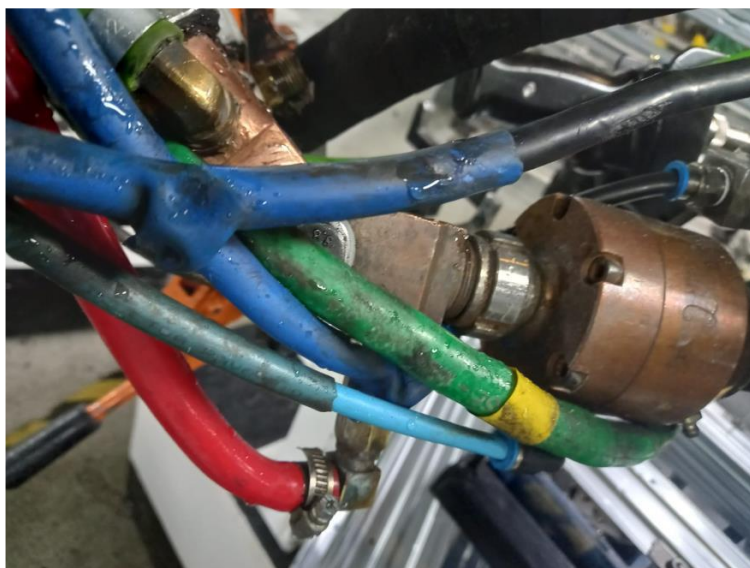


FIGURA 3. Exemplo *Lay out* das mangueiras e cabos inadequados.

Uma vez identificado a causa primária do problema (*Lay out* inadequado), aplicou-se a ferramenta dos “5 porquês” para identificação da verdadeira causa raiz do problema. Conforme demonstrado na Tabela 3, a causa raiz fundamental foi originada no projeto do *Lay out* da máquina, pois o modo de falha “desgaste prematuro das mangueiras” não foi previsto pelo fabricante da máquina e nem pela empresa terceirizada responsável pela montagem e *Lay out* final das mangueiras na máquina de solda a ponto.

TABELA 3. Matriz da ferramenta dos 5 porquês

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	

Na fase de elaboração do plano de ação para solução do problema foram realizadas simulação de melhoramento de *Lay out* a partir da ferramenta “*Brainstorming*” elaborada com

integrantes do time técnico multifuncional. A melhor ideia para otimizar o *Lay out* foi criar um espaçador entre os cabos elétricos e mangueiras de refrigeração, desta forma promovendo o afastamento dos componentes sem comprometer o grau de liberdade dos cabos e da pinça (mobilidade funcional para execução da solda a ponto) e sem alterar a ergonomia do operador de produção.

O material escolhido para fabricação do espaçador foi o polímero BPAS na coloração azul e o processo de prototipação rápida utilizado foi a manufatura aditiva (impressão 3D). Buscou-se uma padronização dos diâmetros de passagem dos cabos e mangueiros por cálculo de média e experimentação. Imagens dos protótipos produzidos estão registrados na Figura 4.



FIGURA 4. Protótipo dos espaçadores plásticos.

Os protótipos foram montados na máquina de solda a ponto e distribuídos de forma a garantir a ausência de atrito entre os cabos e mangueiras. O resultado do novo *Lay out* com a utilização dos protótipos de espaçadores estão registrados na Figura 5 (ver setas amarelas).

A eficácia e eficiência da ação foi validada durante 6 meses e os dados coletados pelas folhas de verificação e cartas de controle de processo evidenciaram falha zero neste período. À vista disso, a ação foi estendida para as demais pinças de solda a ponto (mais de 350 pinças de solda a ponto).

Para garantir a padronização da melhoria, o desenho do protótipo foi registrado em sistema de gestão oficial de peças de reposição de manutenção e recebeu um número de rastreabilidade, fazendo desta feita parte do *Lay out* definitivo e base para futuras manutenções e/ou

desenvolvimento de novos processos de solda a ponto na organização. Treinamentos seja para o time operacional seja para engenheiros de processo de funilaria foram realizados para multiplicação da lição aprendida.

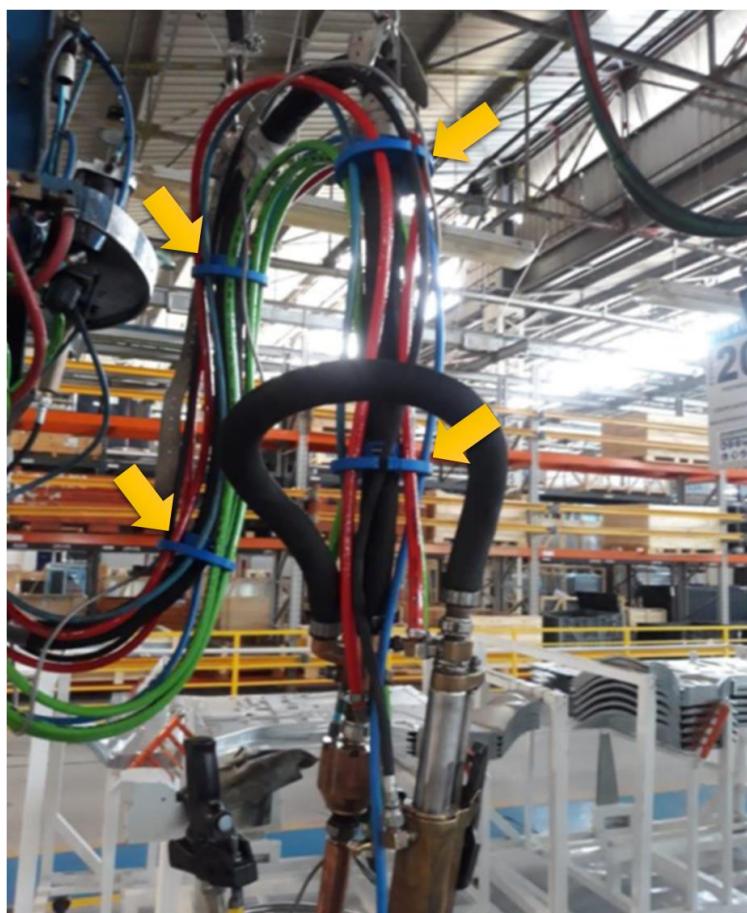


FIGURA 5. Espaçadores instalados em novo Lay out.

Em conclusão:

- A viabilidade da utilização dos métodos de solução de problemas para identificação de causa raiz em máquinas e equipamentos foi comprovada e o “Kaizen de manutenção” provou ser uma robusta metodologia para promoção da melhoria contínua na gestão de ativos industriais;
- O trabalho realizado em times multifuncionais demonstra ser mais uma vez a chave para o sucesso organizacional, seja por reforçar o senso de auto responsabilização seja pelo estímulo organizado para promoção da criatividade à solução de problemas;
- Comprovou a agilidade, versatilidade e o baixo custo da manufatura aditiva (impressão 3D) como poderosa tecnologia de prototipação e produção em pequena escala;

- Estimou-se uma redução de custos anual expressiva, sejam decorrentes da eliminação das onerosas e emergenciais manutenção corretivas seja pela perda produtiva advinda de máquina parada (por questões de confidencialidade, valores não serão divulgados);
- A redução e/ou eliminação do risco de segurança no trabalho relacionados ao problema estudado (condição insegura), sem o comprometimento de questões ergonômicas, são ganhos imensuráveis haja vista o valor da vida humana.

4. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a organização industrial pela abertura de execução do projeto e recursos humanos, equipamentos e materiais disponibilizados.

5. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo das informações contidas neste artigo.

6. REFERÊNCIAS

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.

ANTUNES, Junico. Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para o projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Editora Bookman, 2008.

OHNO, T. O sistema Toyota de produção – Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

ORTIZ, Chris A.. Kaizen: e implementação de eventos kaizen. São Paulo: Bookman. 167 p. Tradução: Kaizen and Kaizen event implementation, 2010

FONSECA, EDUARDO OTÁVIO DA. Monitoração da resistência dinâmica na soldagem a ponto por resistência elétrica e avaliação da sua relação com a resistência mecânica do ponto de solda. 1999. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999

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

Kaizen Institute Brasil. Material de treinamento. Metodologia de solução de problemas e melhoria de processos, 2020.

APPLICATION OF THE KAIZEN METHODOLOGY TO SOLVE MAINTENANCE PROBLEMS: A CASE STUDY IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRIAL PRODUCTION SEGMENT

Alexandre Aurélio Santos Diniz *et al.*

(alexandre.diniz2004@gmail.com)

UNA University Center

ABSTRACT: *The KAIZEN methodology is an important promoter of continuous improvement in manufacturing processes, machines and equipment, generating gains in quality and productivity. This work presented the application of KAIZEN in solving the problem of premature wear of cooling water conduction hoses applied to welding devices using spot resistance technology in body shop operations in the automobile industry. Through this case study it was possible to successfully apply the KAIZEN methodology, identifying the root cause of inadequate Lay out caused by the manufacturer's design of the suspended spot welding clamp. Through a creative solution, a spacer was designed to implement a new layout of cables and hoses, definitively eliminating the problem. The low cost and agility of implementing the action is due to the use of rapid prototyping using a 3D printer. This project proved the technical and strategic feasibility of using the KAIZEN methodology typically applied to quality problems in products and processes to solve maintenance problems, generating a significant reduction in industrial asset management costs and reducing and/or eliminating safety risks. at work (unsafe condition), without compromising ergonomic issues.*

KEYWORDS: KAIZEN, Maintenance Management, Automotive Industry, Additive Manufacturing.