

ESTUDO DE CASO SOBRE IMPLANTAÇÃO DOS 4 PASSOS DO PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA, DA METODOLOGIA *WORLD CLASS* *MANUFACTURING* (WCM), APLICADO NA CÉLULA ROBÓTICA DE COLAGEM DO PARA-BRISA, EM UMA MONTADORA DE VEÍCULOS DE SETE LAGOAS

Marco Tulio Costa Vaz¹
Tassyana Dini de Aguiar²

Resumo: A competitividade no cenário industrial condiciona as empresas a buscarem formas de reduzirem as perdas e obterem maior produtividade. A manutenção autônoma é um pilar que vem da metodologia *world class manufacturing*, que visa eliminar as perdas do equipamento por falta de condições básicas. Através de uma pesquisa descritiva, pode-se definir a metodologia e descrever o pilar, possibilitando almejar os ganhos com implementação. Por meio do estudo de caso, este artigo buscou implantar os 4 passos da manutenção autônoma na célula robótica de colagem de para-brisa em uma montadora de veículos de Sete Lagoas. Obteve como resultado mudanças significativas na máquina com a implementação de projetos no decorrer dos passos, trazendo benefícios para o operador que faz as atividades de manutenção diariamente, além reduzir os tempos de manutenção e alcançar o objetivo de melhorar a eficiência atacando as perdas de performance, disponibilidade e qualidade.

Palavras-chave: Manutenção Autônoma; Eficiência; WCM.

Abstract: Competitiveness in the industrial scenario conditions companies to seek ways to reduce losses and obtain greater productivity. Autonomous maintenance is a pillar that comes from the world class manufacturing methodology, which aims to eliminate equipment losses due to lack of basic conditions. Through a descriptive research, it is possible to define the methodology and describe the pillar, making it possible to aim for gains with implementation. Through the case study, this article sought to implement the 4 steps of autonomous maintenance in the windshield glue robotic cell in a vehicle manufacturer in Sete Lagoas. As a result, significant changes were made to the machine with the implementation of projects during the steps, bringing benefits to the operator who performs daily maintenance activities, in addition to reducing maintenance times and achieving the goal of improving efficiency by attacking performance losses, availability and quality.

Keywords: Autonomous Maintenance; Efficiency; WCM.

1. INTRODUÇÃO

A competição intensa no mercado industrial impulsiona as empresas a buscarem mais eficiência nos processos para se destacarem no mercado. Na busca de maior competitividade vem sendo desenvolvido diversos conceitos e técnicas relacionados à qualidade, produtividade

¹ Graduando do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Ciências da Vida, Campus Sete Lagoas.

E-mail: tulioeletrons@gmail.com

² Docente do curso de Engenharia Mecânica, Mestre em Química e Física dos Materiais, Graduada em Física.

E-mail: tassydini@yahoo.com.br

e redução de desperdícios (MENDES, 2017). Desse modo surgiu a metodologia WCM (*World Class Manufacturing*), que visa a eliminação de desperdícios para aumentar a eficiência. Dentre os seus 10 pilares, está presente o pilar de Manutenção Autônoma (AM), que tem o objetivo de aumentar a eficiência dos equipamentos e reduzir o número de quebras (SANTOS, 2017).

Dessa forma, este trabalho busca abordar os conceitos base da metodologia WCM, com o propósito de implantar o pilar de Manutenção Autônoma. Consiste em capacitar o operador de produção, a realizar pequenas manutenções no equipamento e identificar possíveis anomalias. Proporcionando aumento da vida útil e produtividade do equipamento (SILVA, 2019).

Apresenta como tema a implantação dos 4 passos de AM, aplicado na célula robótica de colagem do para-brisa em uma montadora de veículos de Sete Lagoas. A implantação dos passos foi apresentada em diversos artigos, porém não foi demonstrada de forma detalhada como a desenvolvida na empresa em estudo. Devido a necessidade de maior produtividade nas máquinas, essa pesquisa se justifica através da aplicação dos 4 passos de AM, demonstrando a evolução da eficiência da máquina em cada passo, gerando reduções de paradas e quebras do equipamento. Portanto, busca-se reunir dados com o propósito de responder a seguinte questão: Quais as contribuições da aplicação dos 4 passos de Manutenção Autônoma para a eficiência da célula robótica de colagem do para-brisa?

O presente artigo tem como objetivo geral demonstrar as contribuições da aplicação dos 4 passos de AM para a eficiência da célula robótica de colagem do para-brisa em uma montadora de veículos de Sete Lagoas. Os objetivos específicos são: definir a metodologia WCM, descrever o pilar de manutenção autônoma, demonstrar a aplicação dos 4 passos de AM. Para alcançar os objetivos é empregado uma pesquisa de natureza quali-quantitativa, com fins descritivo e exploratório e será realizado um estudo de caso para obter maior detalhamento dos dados. O artigo apresenta a estrutura: introdução do projeto, referencial teórico, metodologia, estudo de caso, análise de dados e considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Metodologia WCM

Após a Segunda Guerra Mundial, o conceito de produção enxuta foi adotado pela Toyota Motor Company no Japão, com objetivo de aumentar a produtividade. O conceito

otimiza a qualidade e trabalha na melhoria contínua do processo, eliminando desperdícios (JOAQUIM, 2017).

A competitividade entre as organizações, em busca da produção enxuta, visando o lucro, passou a ser o principal objetivo. Este aspecto demonstra a necessidade de constante aprimoramento do sistema produtivo. Motivando uma série de novas metodologias baseadas no sistema Toyota, aprimorando técnicas, conceitos e ferramentas (ALVES, 2018).

Segundo Oliveira (2016) para qualquer metodologia ser implementada e ser absorvida a curto prazo é necessário um sistema de gestão que desenvolva as habilidades humanas, aumentando o conhecimento e aprimorando o pensamento, para aplicação no ambiente de trabalho gerando melhorias contínuas.

Dessa maneira foi introduzido a Manufatura de Classe Mundial ou *World Class Manufacturing* (WCM), o conceito foi introduzido por Hayes and Wheelwright (1984), caracteriza-se por modelo de gestão, de processo e de produtos pela redução das perdas de forma intensa e diferenciada, por meio de equipes de alto desempenho (FREITAS e FILHO, 2016).

Esse novo método de gerenciamento de produção foi idealizado por Dr. Hajime Yamashina, professor emérito da Kyoto University em 2005. Visando melhorar o desempenho dos seus processos de logística, de qualidade, de manutenção e de custos (OLIVEIRA, 2016).

O WCM tem como definição ser o nível de excelência logístico-produtivo, se baseia em 4 conceitos básicos (BORGES et al. 2014):

- *Total Productive Maintenance* (TPM)
- *Total Quality Control* (TQC)
- *Total Industrial Engineering* (TIE)
- *Just in Time* (JIT)

O TPM, conhecido como Manutenção Produtiva Total, com o objetivo de zero quebras, busca melhorar a eficiência da máquina, reduzindo tempo de parada. Para sua implantação necessita de participação dos operadores e da equipe de manutenção para que seja elaborado um plano de manutenção (LONGHI, 2017).

O TQC, conhecido como Controle de Qualidade Total, com o objetivo de zero defeito, onde os operadores têm autonomia para paralisar a produção, em caso de anomalias e busca eliminar erros para evitar desperdícios (LONGHI, 2017).

O TIE, conhecido como Engenharia Industrial Total, com o objetivo de zero desperdício, é responsável pela melhoria contínua no processo de produção. Onde é necessária

a participação dos operadores para dar ideias para eliminar todas as formas de desperdícios (LONGHI, 2017).

O conceito de JIT ou *Just-in-time*, com o objetivo de zero estoque, onde o processo consome a quantidade correta, no tempo certo e no lugar certo. As peças que compõem o produto são compradas em pequenos lotes, reduzindo a quantidade estocada que é considerada desperdício para a manufatura (LONGHI, 2017).

2.2 Pilares do WCM

O WCM tem como base os pilares, visando a essência da filosofia. São 10 pilares que para serem implementados precisam do envolvimento de pessoas e da própria organização, devem ser seguidos 7 passos, desde a fase reativa até a fase proativa (REIS et al. 2017).



Figura 1 – Representação dos pilares.
Fonte: Adaptado de YAMASHINA (2009).

- 1 - *Safety* (SAF) – Segurança;
- 2 - *Cost Deployment* (CD) – Desdobramento de Custos;
- 3 - *Focused Improvement* (FI) – Melhoria Focada;
- 4 - *Autonomous Activities* (AM/WO) – Manutenção autônoma / Organização do posto de trabalho;
- 5 - *Professional Maintenance* (PM) – Manutenção Profissional;
- 6 - *Quality Control* (QC) – Controle de Qualidade;
- 7 - *Logistic* (LCS) – Logística;
- 8 - *Early Equipment Management* (EEM) – Gestão Preventiva de Equipamentos;
- 9 - *People Development* (PD) – Desenvolvimento de Pessoas;
- 10 - *Environment* (ENV) – Meio Ambiente.

2.3 Pilar De Manutenção Autônoma

O pilar de manutenção autônoma tem o objetivo de estabelecer as condições básicas para o funcionamento do equipamento evitando sua deterioração. Ao realizar as operações autônomas descritas no *check-list*, elimina quebras por falta de condição de base, aumenta sua eficiência e mantém a máquina apta para uso quando necessário (SANTOS, 2017).

2.3.1 Os passos

O pilar de manutenção autônoma como os demais pilares tem sete passos ou etapas para ser implementado e alcançar o objetivo de zero defeitos, por falta de condição de base. Os 3 primeiros passos são reativos, buscam fazer mudanças na máquina. Os passos 4 e 5 são preventivos eles buscam gerar mudanças nas pessoas. Os passos 6 e 7 são proativos, buscam fazer mudanças na gestão de manutenção (JOAQUIM, 2017).

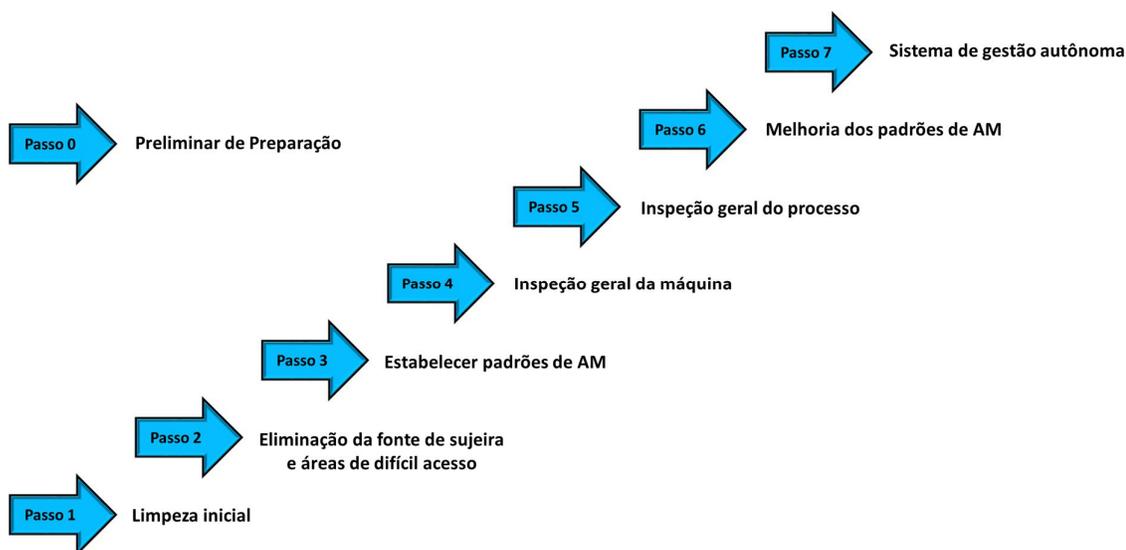


Figura 2 – Classificação dos passos de AM.
Fonte: Adaptado de YAMASHINA (2014).

2.3.2 Passo 0: Atividades Preliminares de Preparação

Para realizar as atividades preliminares, caso a empresa esteja iniciando a implantação do pilar de AM é necessário alinhar com o pilar de desdobramento de custo (CD), as máquinas que geram maior custo de manutenção por falta de condição base, para serem priorizadas (JOAQUIM, 2017). Para empresas onde o pilar de AM já esteja implantado, as perdas do pilar de CD estarão mínimas, e será necessário verificar o indicador de desempenho operacional,

onde é avaliado a produtividade, qualidade, custo, tempo de entrega, segurança e moral (PQCDSM) (KOSASIH, 2016).

Após ser definido o equipamento será preciso o envolvimento do pilar segurança (SAF), para identificar e mapear todos os riscos. Em seguida são criadas medidas para eliminá-los, deixando a máquina propícia para o início das atividades (JOAQUIM, 2017).

O operador é submetido a treinamentos, onde é capacitado para identificar anomalias e diferenciar as atividades de manutenção profissional da manutenção autônoma (BARBOSA, 2018). O operador é orientado a fazer abertura de cartões AM e PM em caso de anomalias, deve priorizá-las, para seguir o fluxo de fechamento. Os cartões azuis são os de manutenção autônoma e os vermelhos de manutenção profissional.

2.3.3 Passo 1: Limpeza Inicial

O principal objetivo dessa etapa é restaurar as condições básicas da máquina, é realizada a limpeza externa e interna na máquina, com o auxílio da equipe de manutenção (SILVA, 2019). Deve-se atentar às fontes de sujeira e áreas de difícil acesso nesta etapa. Todas as anomalias encontradas devem ser apontadas com a aberturas de cartões AM e PM, uma cópia do cartão é fixada no local da anomalia até a resolução (SANTOS et al. 2019).

As fontes de sujeira são locais onde contaminam pontos da máquina. Elas devem ser mapeadas e priorizadas de acordo com o número de quebras e o impacto gerado em caso de quebra. Os locais de difícil acesso, são regiões onde têm dificuldade de realizar as atividades de limpeza, lubrificação, inspeção e reaperto. No passo 2 deve ser eliminado tanto as fontes de sujeira quanto as áreas de difícil acesso (JOAQUIM, 2017).

Como forma de mensurar a evolução da eficiência da máquina a cada passo, é calculado o *overall equipment effectiveness* (OEE), que é a avaliação de desempenho em nível global. O OEE pode ser entendido como uma relação entre o tempo em que houve agregação de valor ao produto descontando as perdas (BUSSO, 2012).

Ao final do passo 1, deve ser elaborado um calendário de inspeção, limpeza, lubrificação e reaperto para garantir as condições básicas do equipamento. Além de ter uma pequena redução no tempo de limpeza da máquina, garantindo que o OEE esteja maior que 65% ao fim do passo.

2.3.4 Passo 2: Eliminação das fontes de sujeira e áreas de difícil acesso

O principal objetivo desse passo é consolidar a restauração inicial. Após mapeadas as fontes de sujeira e área de difícil acesso no passo anterior é elaborado *Kaizen* (projeto de melhoria contínua), para eliminar os problemas evidenciados no mapeamento (SILVA, 2019). Segundo Joaquim (2017), existem 12 maneiras para eliminação das fontes de sujeira e área de difícil acesso: eliminar, selar, bloquear, guiar, utilizar coberturas localizadas, não deixa espaço, aplicar cobertura, fornece ar comprimido, aspirar, aplicar pressão positiva ou negativa, instalando cortinas e instalar novas tecnologias. Todas as atividades devem ser evidenciadas com fotos (antes e depois da atividade), para a gestão visual.

Após o final das atividades deve-se alcançar a eliminação de 80% do tempo de limpeza em relação ao passo 1, além de eliminar de 70 a 80% de quebras por falta de condição básica da máquina. Com a OEE ficando maior que 72% após as reduções.

2.3.5 Passo 3: Estabelecer padrões de AM

O foco do passo 3 é elaborar padrões visuais para auxiliar nas atividades e obter um bom desempenho na realização das tarefas (BARBOSA, 2018). A evolução do calendário provisório, que vem sendo otimizado desde o passo 1, por sugestões do operador para que as atividades fiquem mais eficientes (SILVA, 2019).

No processo de otimização deve realizar uma análise de ECRS (Eliminar, Combinar, Reduzir, Simplificar), onde é criada rotas para realizar as atividades com mais eficiência (SILVA, 2019). Então é criado o calendário AM, conhecido como CILR (Circuito de Inspeção, Lubrificação, Limpeza e Reaperto), onde é determinado a frequência das atividades e a ordem que deve ser realizada (JOAQUIM, 2017).

The image shows a detailed maintenance schedule (CILR) for a WCM machine. The table is organized into columns for months (JAN to DEZ) and days of the week. It lists various maintenance tasks such as 'LIMPEZA DA MÁQUINA', 'LUBRIFICAÇÃO', and 'INSPEÇÃO' with specific frequencies and responsible parties. The table includes a legend for task types and a section for 'SINAIS PARA O EXECUTOR DA ATIVIDADE PROGRAMADA'.

Figura 3 – CILR padrão.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final desse passo deve-se garantir que não houve quebras por falta de condições básicas, obtido 90% de redução no tempo de limpeza e o OEE da máquina tem alcançado 75% de eficiência ou mais.

2.3.6 Passo 4: Inspeção geral da máquina

Segundo Santos (2019), o passo 4 devem-se atacar as perdas relacionadas à máquina. As perdas são classificadas de acordo com os 4 M's: Máquina, Método, Mão de obra, Material. As perdas por qualidade devem ser priorizadas, em seguida as perdas de micro paradas e velocidade reduzida. As perdas atacadas têm como parâmetro o impacto no OEE.

Ao final do passo, deve-se garantir que não houve quebras por falta de condições básicas e com a eliminação das perdas do M máquina o OEE da máquina esteja igual ou maior que 80% de eficiência.

2.4 Célula Robótica de Colagem do Para-Brisa

A célula robótica de colagem do para-brisa é uma máquina composta por um robô, fabricado pela Kuka Robotics. Este Robô tem como característica ser articulado com suas juntas rotativas, o ideal para empresas automobilísticas com grande volume produtivo (SOARES, 2014).



Figura 4 – Célula robótica de colagem do para-brisa.
Fonte: Elaborado pelo autor.

A cola utilizada no para-brisa é a Betaseal U-418, também utilizada em outras aplicações para fixação de peças poliméricas. Dentre as suas características apresenta grande resistência

mecânica (PAIVA, 2019). A cola tem tonalidade escura e é aplicada nas bordas do para-brisa, com tempo de cura de até 24 horas.

3. METODOLOGIA

Este trabalho será aplicado em uma empresa multinacional montadora de veículos, situada em Sete Lagoas-MG, no setor de montagem. Será apresentada uma pesquisa com fins descritivo e exploratório, que segundo Marconi e Lakatos (2003), o estudo descritivo exige do pesquisador uma série de informações, como técnicas, métodos, modelo e teoria para ter validade científica e de modo exploratório, onde podem ser mais detalhadas as informações por intermédio da observação participante.

A natureza da pesquisa se caracteriza como quali-quantitativa, pois utiliza os métodos qualitativos na análise do problema e desenvolvendo hipóteses para solução e quantitativos na apuração de dados que são evidenciados no final de cada passo, de desenvolvimento do pilar (VIANNA e ENSSLIN, 2011).

O método utilizado é o hipotético-dedutivo que se caracteriza por formulação de hipóteses para solução do problema. A partir do processo de interferência dedutiva, é possível validar essas hipóteses (MARCONI e LAKATOS, 2003).

Foi realizado um levantamento bibliográfico de dados com informações de artigos periódicos, livros, revistas e meio de pesquisa interno da fábrica em estudo. Após foi realizado um estudo de caso com a implantação dos 4 passos de AM, na célula robótica de colagem do para-brisa.

4. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso acompanhou a implementação dos passos de 1 a 3 do pilar de Manutenção autônoma em uma empresa multinacional montadora de veículos, situada em Sete Lagoas-MG, no setor de montagem.

4.1 Implementação do Passo 0

Tendo como base o PQCDSM, onde é avaliado a produtividade, qualidade, custo, tempo de entrega, segurança e moral, onde cada critério é pontuado gerando uma tabela de priorização.

Com esses dados foi elaborado um gráfico de Pareto (Gráfico 1) para analisar qual equipamento deve-se priorizar para implantar o pilar de manutenção autônoma.

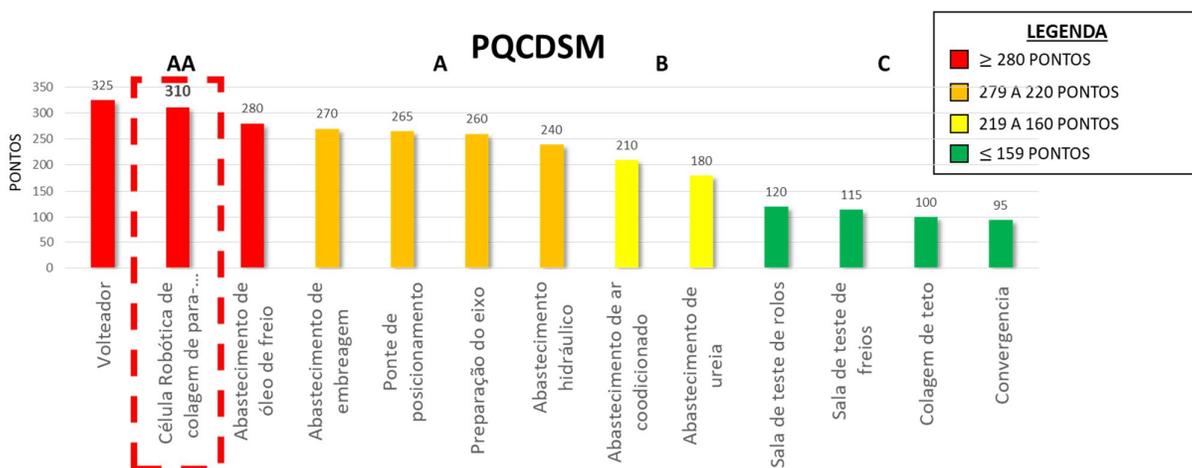


Gráfico 1 – Classificação PQCDMSM.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Como pede a metodologias as máquinas foram separadas em ordem de prioridade AA, A, B e C, sendo que as máquinas AA foram aquelas que alcançaram um valor maior ou igual a 280 pontos, as A de 220 a 279 pontos, B de 160 a 219 pontos e os valores inferiores a 160 tem como classificação C.

Tendo em vista que o Volteador, máquina prioritária na classificação, já estava implementado a manutenção autônoma, dessa forma foi estabelecido a implantação na célula robótica de colagem de para-brisa.

Após ser definida a máquina, foi montado um time multifuncional contendo os responsáveis do pilar, líderes, técnicos de segurança e operadores que realizam a operação de colagem do para-brisa. Passaram por diversos treinamentos para iniciar as atividades de manutenção autônoma, os principais temas do treinamento foram:

- Segurança
- WCM
- Manutenção autônoma
- Passo 1
- Passo 2
- Passo 3
- Gestão de cartões
- Gestão de quebras

O principal objetivo dos treinamentos é orientar e treinar os operadores a realizar as atividades de manutenção de forma segura e consciente. Para isso foi elaborado junto ao pilar de segurança do trabalho, uma APR (Análise Preliminar de Risco) onde foram identificados

todos os riscos presentes na máquina, esses riscos foram analisados e tratados, buscando a melhor alternativa para eliminá-los.

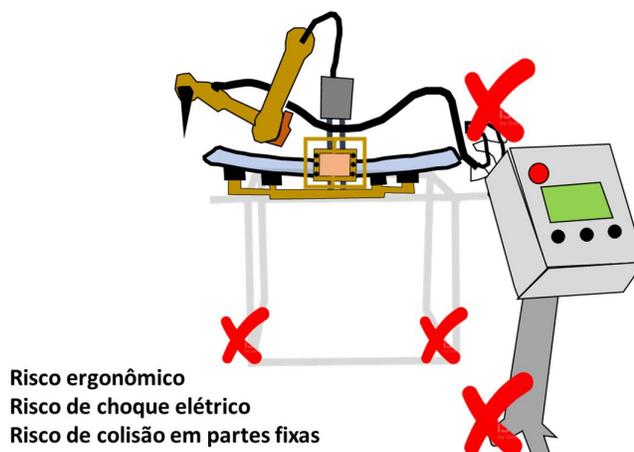


Figura 5 – Mapa de Riscos
Fonte: Elaborado pelo autor.

Logo em seguida um representante do pilar de AM de outra área da empresa fez uma auditoria interna do passo no qual foi avaliado com 94%, nessa avaliação uma nota maior ou igual a 85% permite avançar para o passo seguinte.

4.2 Implementação do Passo 1

A principal atividade deste passo é a limpeza inicial na qual devolve as condições básicas para o equipamento, nessa atividade foram envolvidas 9 pessoas dentre elas líderes, operadores e técnicos em manutenção para identificar anomalias e fazer abertura de cartões, para posteriormente serem realizadas as atividades. Foram abertos 29 cartões de AM e 12 cartões de PM, nos quais 100% foram fechados, dando um tempo de execução da restauração de 7 horas e 28 minutos.

Ao realizar as atividades pode identificar os pontos de limpeza, lubrificação, inspeção e reaperto. Com objetivo de elaborar um calendário inicial de manutenção autônoma para a máquina contendo 47 atividades com tempo mensal de execução de 1.650 minutos.

Para finalizar o primeiro passo foi necessário 1 mês, no decorrer desse período foi identificado pelo time 4 fontes de sujeira e 3 áreas de difícil acesso, para serem eliminadas no passo dois. O passo foi auditado por um auditor interno e alcançou 96% na pontuação, possibilitando passar para o próximo passo.

4.3 Implementação do Passo 2

De acordo com o levantamento de fonte de sujeira e área de difícil acesso, que se dividiram nas áreas das bombas e do robô de aplicação. O layout das bombas propiciava o acúmulo de sujeira proveniente do ambiente e dificultava a limpeza devido a área de difícil acesso entre a bomba 1 e a bomba 2. Foi apresentado pelo operador um projeto *kaizen* com a ideia de espaçar as bombas, para facilitar a limpeza e eliminar a área de difícil acesso, após análise da equipe de manutenção, foi realizada a mudança. Essa atividade demorava 128 minutos mensais, esse *kaizen* gerou redução 7,76% do tempo de limpeza.

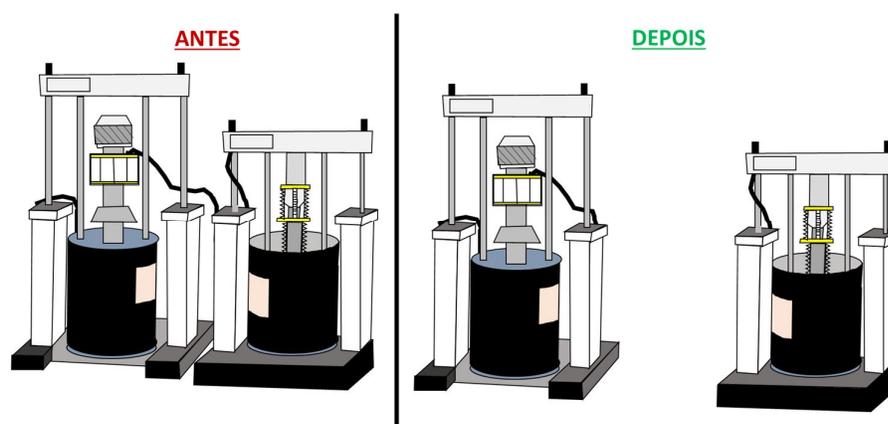


Figura 6 – Layout das bombas
Fonte: Elaborado pelo autor.

A sujeira proveniente do ambiente foi contida com outro projeto elaborado pelo técnico em manutenção, onde foi criada uma tampa em acrílico na área inferior das bombas, facilitando a limpeza e evitando a deterioração da máquina, gerando redução de 215 minutos mensais cerca de 13% do tempo de limpeza total.

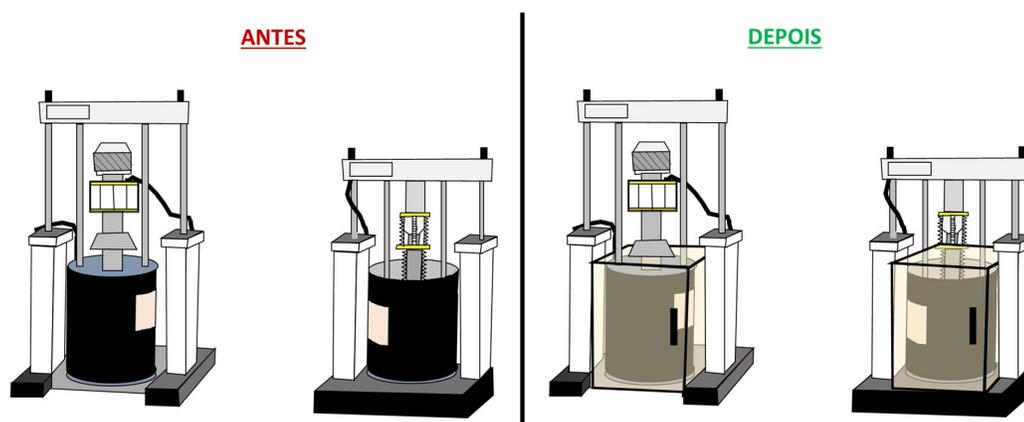


Figura 7 – Proteção das bombas
Fonte: Elaborado pelo autor.

Um dos tambores estava localizado a 10 centímetros do chão possibilitando a entrada de sujeira, por meio de projeto feito pelo operador foi enclausurado os pés do tambor e eliminado a fonte de sujeira, reduzindo 125 minutos mensais, correspondendo a 7,58% do tempo de limpeza total.

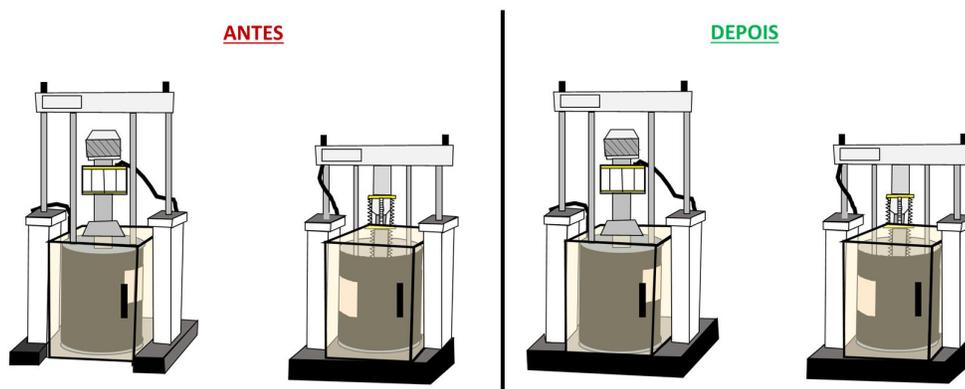


Figura 8 – Proteção nos pés
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os outros pontos encontrados foram no robô de aplicação, os cabos eram expostos ao ambiente permitindo o acúmulo de sujeira, que foi contida com aplicação de uma manta de isolamento facilitando a limpeza, melhorando a segurança e contendo possíveis falhas. Para realizar essa atividade necessitava parar a máquina 192 minutos mensais, resultando 11,64% de redução no tempo total.

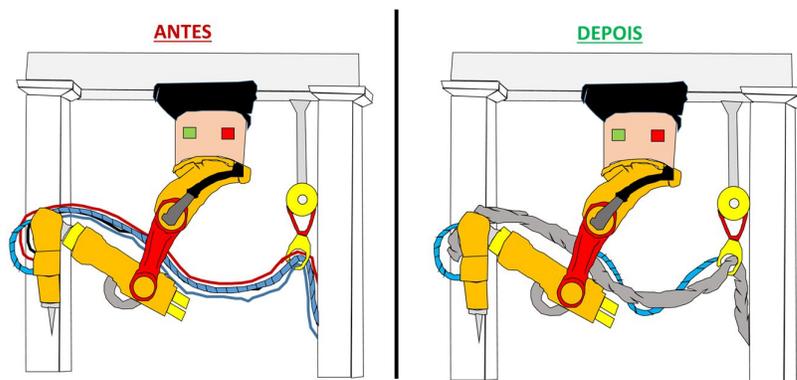


Figura 9 – Proteção nos cabos
Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro ponto de sujeira que havia, era na ponta do bico de aplicação, que devido ao uso cola Betaseal U-418, contaminava a ponta do aplicador tendo a possibilidade de pingar no chão e sujar o ambiente, foi desenvolvido um projeto para elaborar um limpador automático, ao fim do curso de aplicação da cola, o robô vai até o dispositivo para limpar a ponta do bico com

auxílio de um motor. Essa melhoria representou 670 minutos mensais de redução do tempo de limpeza, o equivalente a 40,6% do tempo total.

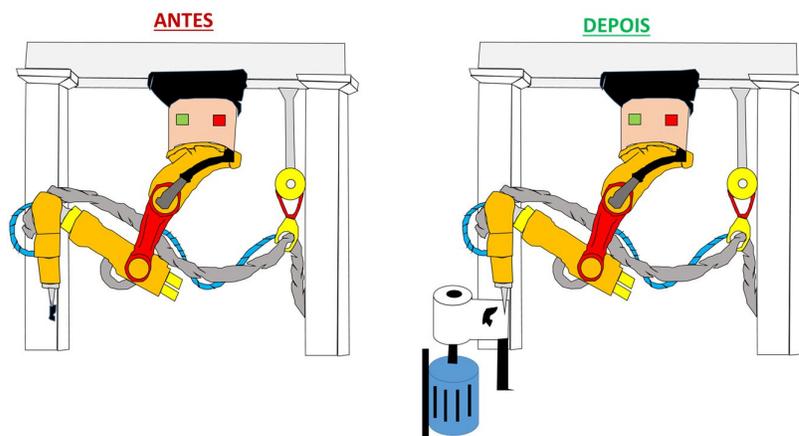


Figura 10 – Dispositivo de limpeza
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para fechar o passo 2 foram necessários 5 meses, durante esse período foram eliminadas 4 fontes de sujeira e 3 áreas de difícil acesso, gerando 80,58% de redução do tempo de limpeza e aumento de 3% do OEE que passou a ser 87% no quinto mês. Ao fim do passo foi realizada auditoria interna para constatar as melhorias, onde o passo alcançou a 95%, permitindo passar para o passo 3.

4.4 Implementação do Passo 3

No terceiro passo é criada a CILR (Circuito de Inspeção, Lubrificação, Limpeza e Reaperto), para isso é necessário realizar a otimização do calendário provisório inserido no passo 1, então é aplicado o ECRS (Eliminar, Combinar, Reduzir, Simplificar), para estabelecer padronização e identificação das atividades realizada pelo operador. Foram combinadas as atividades de limpeza, de 30 identificadas no calendário inicial, criado no passo um restaram 12, todas tinham frequência diária e passaram a ser semanais devido a eliminação das fontes de sujeira do passo 2.

Para os pontos de inspeção identificados pelo time, foram estabelecidos auxílios visuais adesivos com a voz de inspeção, além desses foram inseridas sinalizações nos manômetros, verdes para a área dentro da faixa de trabalho e vermelho para fora da faixa.

Todas as atividades receberam rotas que foram inseridas no piso para otimizar o tempo da atividade, as rotas são identificadas com o número da atividade e separadas em cores, verdes para diária, azuis para semanais e vermelhas para mensais.

Ao fim do passo 3 foi elaborada a CILR que contou com 12 atividades de limpeza, 27 atividades de inspeção e 3 atividades de reaperto dando um tempo total mensal de 164 minutos, com o aumento da OEE em 4% passando a ser de 91%. Ao realizar a auditoria interna foi obtida a nota de 100% nos critérios do passo 3, validando o passo e permitindo prosseguir para o passo 4.

4.5 Implementação do Passo 4

Após ser implementado o passo 3, foi inserido no processo produtivo um novo veículo, que deveria ser montado o para-brisa, no primeiro mês de fabricação desse veículo foi identificado 5 carros com problema de infiltração no para-brisa, prejudicando o OEE da máquina em 3%. Para análise foi utilizado o diagrama de Ishikawa, para descobrir qual a causa raiz do problema.

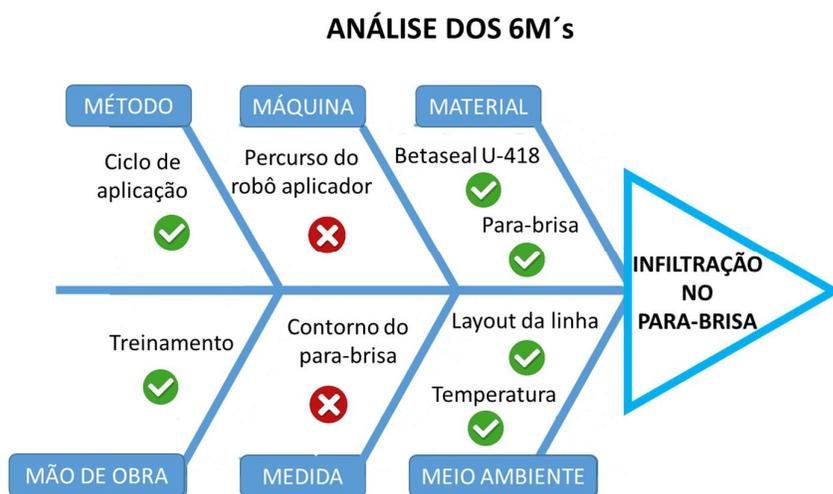


Figura 11 – Diagrama de Ishikawa
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a análise pode-se observar que o contorno do para-brisa dos veículos novos era 3 milímetros maior que os demais veículos, o efeito desse problema era que o robô de aplicação não percorria todo percurso, deixando um pequeno espaço para infiltração. Para eliminar esse defeito foi necessária uma mudança no PLC (Controlador Lógico Programável), alterando o percurso da máquina. Outra ação que foi tomada para prevenir problemas de qualidade futuros,

foi inserir um verificador de altura da cola para constatar que a quantidade de cola aplicada no contorno está adequada.

Após as mudanças não ocorreu nenhum problema de qualidade gerado pela máquina, o OEE da máquina retornou a 91% e foi inserido a voz de inspeção da altura da cola na CILR. O passo foi fechado com 2 meses, ao fim foi realizado uma auditoria interna que obteve 96% de aprovação.

5. ANÁLISE DE DADOS

Com o desenvolvimento dos passos de manutenção autônoma mencionados no estudo de caso que teve como base no referencial teórico, foi possível evidenciar a evolução do tempo de limpeza e inspeção.

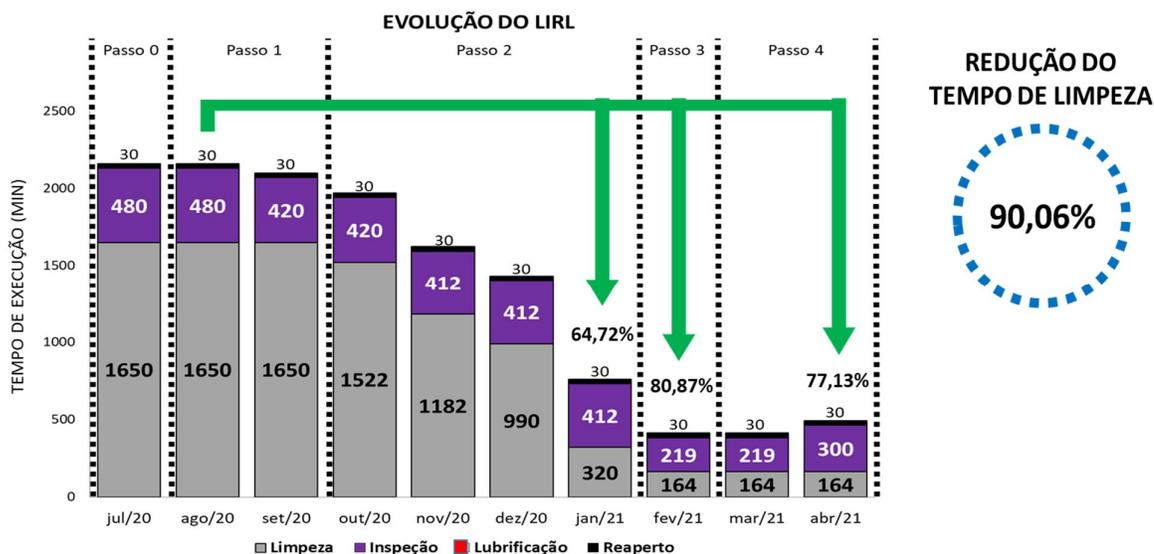


Gráfico 2 – Evolução do LIRL

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O tempo de limpeza obtido no calendário inicial foi otimizado no passo 2, com a eliminação das fontes de sujeira e áreas de difícil acesso, chegando a uma redução de 80,58% em relação ao passo 1, ao fim do passo 3, onde foi combinada as atividades e alterada a frequência de execução, pode-se atingir uma redução de 90,06% em relação ao tempo de limpeza inicial. O tempo de inspeção teve redução de 47,86% até o passo 3, onde foram elaborados auxílios visuais para facilitar e agilizar a inspeção e obteve um pequeno aumento ao fim do passo 4 onde foi inserida a voz de inspeção da altura da cola, aplicada no para-brisa, como forma preventiva de qualidade.

A evolução da eficiência da máquina, que é o objetivo principal do presente artigo, pode ser constatada no decorrer implementação.

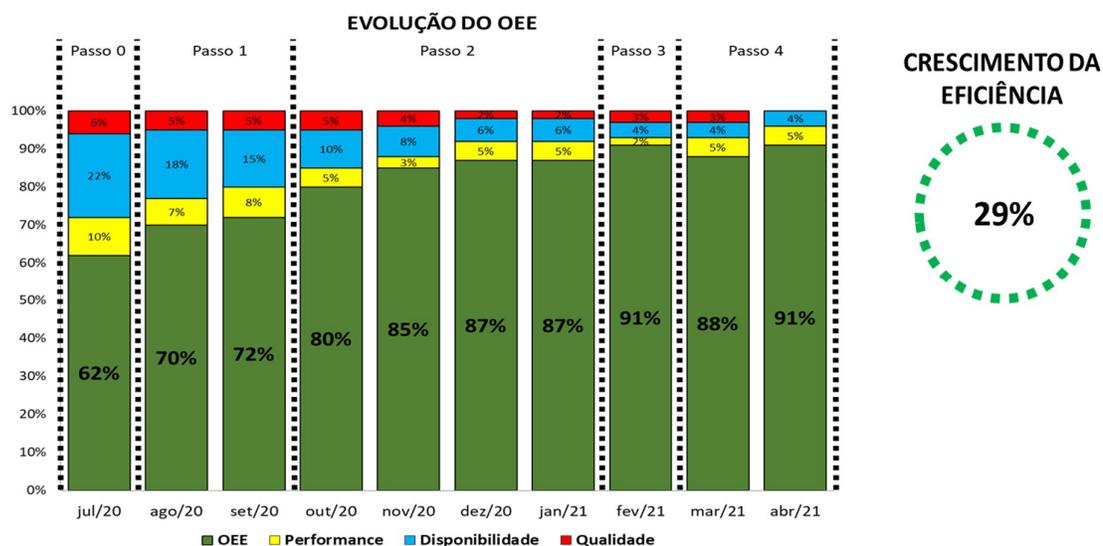


Gráfico 3 – OEE
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

No decorrer dos 10 meses que foram necessários para desenvolver o estudo, a eficiência do equipamento teve um ganho 29% em comparação do primeiro ao último mês, em virtude das reduções das perdas atacadas a cada passo. O principal percentual de ganho foi em disponibilidade, com a evolução dos passos foi possível eliminar as quebras do equipamento por falta de condições básicas, no último mês ainda está presente um pequeno percentual que equivale as atividades relacionadas a CILR.

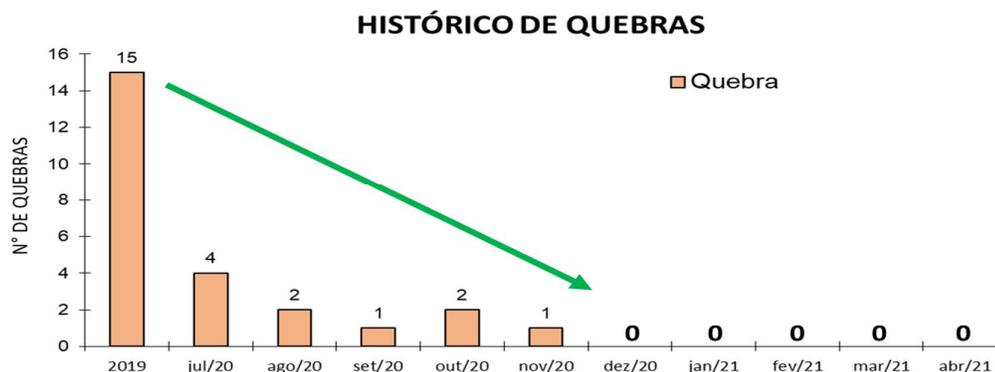


Gráfico 4 – Quebras
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os resultados serviram como motivação para o time que atuou na implantação, com o progresso dos indicadores que foram divulgados a cada mês, acompanhado da restauração

estética da máquina, tornando motivo de orgulho. A máquina se transformou em modelo de aplicação do pilar de manutenção autônoma e incentivou a implantação no restante das máquinas da empresa em estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da necessidade de maior produtividade nas máquinas, para melhorar a eficiência e proporcionar o destaque da empresa no mercado. Foi desenvolvido o estudo de implantação dos 4 passos de manutenção autônoma na célula robótica de colagem de para-brisa em uma montadora de veículos de Sete Lagoas.

Com auxílio do estudo de caso foi possível demonstrar as contribuições da implantação da manutenção autônoma para a eficiência da máquina em estudo, após ser implementado, foi possível constatar que o objetivo foi atendido, pois atingiu um crescimento significativo da eficiência, gerado a partir da redução das perdas de performance, disponibilidade e qualidade.

Os objetivos específicos foram alcançados no decorrer do trabalho, o primeiro foi definir a metodologia WCM, que apesar de ser descrita por diversos autores, os conceitos base ficaram presente em todos estudos, possibilitando definir com bastante propriedade. O segundo objetivo específico consistia em descrever o pilar de manutenção autônoma, que apesar de ser um tema pouco explorado, os artigos vigentes contêm grande acervo de informações. O último objetivo específico era demonstrar a aplicação dos 4 passos de AM, que pode ser alcançado com a implementação dos passos na máquina, proporcionando inúmeros benefícios para a máquina e para a empresa em estudo.

Uma das dificuldades encontradas foram paradas necessárias para implementar os projetos gerados a cada passo, pois poderiam impactar na produção gerando prejuízo para empresa, foi preciso planejar as atividades para depois do expediente, no horário de refeição e nos dias que não havia produção. Outro desafio encontrado foi relatar de maneira objetiva os passos da implementação, em razão do tema ser amplo e ter riqueza de detalhes que eram necessários para compreensão do leitor.

Portanto, após aplicar os 4 passos de manutenção autônoma, foram comprovados benefícios, sugere-se ampliar a evolução para os demais passos, que tem o objetivo de atacar as demais perdas ainda presentes na máquina. Outra sugestão é aplicar a metodologia em outros seguimentos fora da área automobilística.

REFERÊNCIAS

ALVES, FABIO. Gerenciamento de produtividade industrial aplicando o pilar técnico Work Organization do World Class Manufacturing. **Universidade Federal do ABC**, São Paulo, p. 1-5, 2018. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/gerenciamento-de-produtividade-industrial-aplicando-o-pilar-tnico-work-organization-do-world-class-manufacturing-28239>. Acesso em: 1 out. 2020.

BARBOSA, INGO. Implantação do passo um do pilar de manutenção autônoma em uma linha de produção de uma fábrica de biscoitos. **Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, p. 28-30, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/40753>. Acesso em: 20 out. 2020.

BORGES, RICHARDSON *et al.* Estudo Do Smed Por Meio Da Metodologia World Class Manufacturing – WCM. **Seminário em administração-FEA-USP**, São Paulo, p. 2-4, 2014. Disponível em: http://sistema.semead.com.br/17semead/resultado/an_resumo.asp?cod_trabalho=1192. Acesso em: 16 out. 2020.

BUSSO, CHRISTIANNE. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. **Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 2-4, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132012005000068>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132013000200001&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 29 set. 2020.

DIEGO, SANTOS. Estruturação do pilar organização do posto de trabalho (WO), através da Metodologia World Class Manufacturing. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, Curitiba, p. 12-20, 4 abr. 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14930>. Acesso em: 1 out. 2020.

FREITAS, ISABEL; FILHO, LUIS. Diagnóstico da implantação da Metodologia de Gestão Estratégica World Class Manufacturing (WCM) nas indústrias de Pernambuco. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, Pernambuco, v. 3, p. 64-65, 2016. DOI: <https://doi.org/10.25286/rep.v3i1.540>. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/rep/article/view/540>. Acesso em: 13 out. 2020.

JOAQUIM, ANA. Estudo de caso sobre a implementação do pilar de manutenção autônoma da metodologia World Class Manufacturing (WCM) em uma multinacional do setor de bens de consumo. **Escola de Engenharia de São Carlos**, São Paulo, p. 21-41, 2017. Disponível em: http://www.tcc.sc.usp.br/index.php?option=com_jumi&fileid=11&Itemid=172&id=17A84441D551. Acesso em: 19 set. 2020.

KOSASIH, WILSON. Fuzzy assessment simulation for classifying production equipment in practice of total productive maintenance. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, Indonesia, v. 11, p. 5261-5262, 2016. Disponível em: http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2016/jeas_0416_4103.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

LONGHI, TIAGO. Metodologia WCM: redução de perdas por setup em uma linha de usinagem de componentes, com base no pilar melhoria focada. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, Curitiba, p. 11-15, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14973>. Acesso em: 28 out. 2020.

MARCONI, MARINA; LAKATOS, EVA. **Fundamentos De Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: ATLAS S.A, 2013. 95-188 p. ISBN 85-224-3397-6.

MENDES, RAFAEL. Gestão do Conhecimento e Fabricação de Classe Mundial: uma abordagem inicial baseada em uma revisão da literatura. **Perspectivas Em Ciência Da Informação**, Belo Horizonte, v. 22, p. 2, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-5344/3103>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-99362017000200244&lng=en&tlng=en. Acesso em: 21 set. 2020.

OLIVEIRA, ELTON. World Class Manufacturing (WCM): Estudo de caso da implantação do pilar controle da qualidade no processo de cromação de uma empresa do setor automotivo no sul de Minas Gerais. **Revista Exacta**, São Paulo, v. 14, p. 86-88, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.v14n1.5404>. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/5404>. Acesso em: 1 out. 2020.

PAIVA, ACIR. Desenvolvimento de compósito de polímero biodegradável PHBV e fibra de sisal com análise de aplicação em teto de automóvel. **REDEMAT - Rede Temática em Engenharia de Materiais**, Ouro Preto-MG, p. 59-60, 2019. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/12464>. Acesso em: 22 out. 2020.

REIS, CAMILA *et al.* A Manufatura De Classe Mundial Na Manutenção The World Class Manufacture In Maintenance. **Centro Universitário de Belo Horizonte**, Belo Horizonte, p. 2-4, 2017. Disponível em: <https://pmkb.com.br/uploads//artigo-wcm-gestao-da-manutencao.pdf>. Acesso em: 19 out. 2020.

SANTOS, JOSUELTON *et al.* Manutenção Autônoma. **Revista Pesquisa e Ação**, São Paulo, v. 5, n. 4, p. 150-152, 2019. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/issue/view/79>. Acesso em: 22 set. 2020.

SILVA, MARIA. TPM e Manutenção Autônoma: Estudo de caso em uma empresa de pintura no ramo automotivo. **Revista Eletrônica Da Estácio Recife**, Recife, v. 5, n. 2, p. 6-9, 2019. Disponível em: <https://reer.emnuvens.com.br/reer/article/view/319>. Acesso em: 20 out. 2020.

VIANNA, WILLIAM; ENSSLIN, LEONARDO. O uso do design de pesquisa na validação quali-quantitativa em pesquisa operacional. **Revista De La Escuela De Perfeccionamiento En Investigación Operativa**, Santa Catarina, v. 19, n. 32, p. 62-67, 2011. Disponível em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/20362>. Acesso em: 28 out. 2020.

YAMASHINA, H. **Autonomous Maintenance Pillar Overview**. Material interno de divulgação do WCM da empresa em estudo, 2014.

YAMASHINA, H. **World Class Manufacturing**. Material interno de divulgação do WCM da empresa em estudo, 2010.