



ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA TPM EM UMA CÉLULA ROBÓTICA

Arlei Matias Cesario¹

Anderson Daleffe²

Gilson De March³

Eduardo Possamai Tinelli⁴

Resumo: Este trabalho enfoca a Manutenção Produtiva Total, TPM, e sua implementação em uma célula robótica. Atualmente a gestão da manutenção tem se tornado um pilar estratégico para as empresas, sendo que a correta manutenção tem gerado um diferencial competitivo, onde a aplicação de ferramentas como TPM ganha destaque neste processo. A escassez de trabalhos acadêmicos na área do TPM com ênfase em manutenção preditiva na literatura atual, foi uma das razões que levou o autor a escrever este trabalho. A manutenção pode ser realizada de várias formas, o que norteia a forma de manutenção é a criticidade do equipamento para o processo, custos de peças de reposição e nível de complexidade do equipamento. Neste caso, uma célula robotizada que apresenta alto índice de falhas no sistema. Atualmente uma célula robotizada da indústria do setor metal mecânico está com índice de disponibilidade abaixo da meta em seus sistemas de solda, dispositivo e movimentação. Além de alto índice de ações de manutenção corretivas e gastos com peças de reposição. Após a aplicação dos métodos do TPM obteve-se um aumento da produtividade da estação robotizada e diminuição das paradas e falhas do equipamento.

Palavras-chave: Célula robotizada; Diferencial competitivo; Manutenção.

1 INTRODUÇÃO

Com a pretensão pelo crescimento constante das empresas e com a situação de competitividade, as indústrias vêm buscando recursos para melhorar suas metodologias de trabalho, obtendo benefícios em seu processo e buscando a eficiência. Todas essas medidas servem ainda para tornar seus processos produtivos mais harmônicos e competentes, objetivando atender com rapidez e eficiência a necessidades do cliente.

¹ Graduando em Manutenção Industrial. E-mail: arleicesario@gmail.com

² Prof. Dr. Mestrado Profissional Eng. Metalúrgica. UNISATC - E-mail: anderson.daleffe@satc.edu.br

³ Mestrando do Mestrado Profissional Eng. Metalúrgica. E-mail: gilson.march@satc.edu.br

⁴ Mestrando do Mestrado Profissional Eng. Metalúrgica. E-mail: eduardo.tinelli@satc.edu.br

Antes da implantação da metodologia TPM, os equipamentos, máquinas e todas as tecnologias envolvidas no processo produtivo de uma empresa estavam sob responsabilidade do setor de manutenção, para que os mesmos pudessem ser reparados quando necessário e garantir assim sua devida manutenção. Porém, hoje em dia, quando uma empresa decide implantar o TPM, a manutenção produtiva deixa de ser convencional apenas baseada no setor de manutenção, para se transformar em Manutenção Produtiva Total (KUME, 2011).

Uma vez ocorrida esta transformação, todos os colaboradores da empresa, sejam eles do setor de manutenção ou do setor de produção, participam de maneira ativa para o melhor aproveitamento e manutenção mais eficiente das máquinas e equipamentos da empresa.

O TPM está voltado para os resultados positivos dentro da empresa. O segmento industrial que tenha interesse em alcançar a máxima eficácia do sistema de produção tem de potencializar o ciclo total da vida útil dos equipamentos aproveitando todos os recursos que dispõem, tendo sempre em vista a perda zero. O TPM ainda pode melhorar de forma drástica os resultados das empresas e estimula a geração de postos de trabalho produtivos, seguros e agradáveis, otimiza as relações entre as pessoas e os equipamentos em que trabalham (CAMPOS, 2010).

Também consta no TPM o conceito de perda zero no processo, defeito zero nos produtos, falha zero e quebra zero das máquinas. Dessa forma, através da maximização da eficiência das máquinas, representa às empresas desenvolvimento e otimização da indústria. Uma das características do TPM é a participação dos operadores de produção estar ligados diretamente com as atividades de manutenção dos equipamentos, onde eles fazem as verificações diárias, lubrificação, pequenos reparos, troca de ferramentas, limpeza etc. Em forma de um só objetivo atingir metas como: redução das paradas do equipamento, aumento da eficiência operacional e aumento da qualidade.

O objetivo de estudo deste trabalho é a implementação do sistema TPM em uma célula robotizada, para contribuir com o crescimento e desenvolvimento das grandes indústrias, em que há perdas significativas nos processos produtivos. Trazendo a possibilidade de se obter mais lucros, maior vida útil e eficiência das máquinas e equipamentos.



2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TPM

Atualmente, sabe-se que para sobreviverem as empresas, dependem da produção de bens ou serviços com competência e eficiência para se manterem no competitivo mercado atual. Dessa maneira, é de responsabilidade da empresa desenvolver recursos para o fornecimento das condições necessárias, para que assim se possa alcançar os objetivos estratégicos, tais como: obtenção de vantagens competitivas, melhoria da produtividade, conscientização dos colaboradores, atualização de *know-how* (saber fazer), etc.

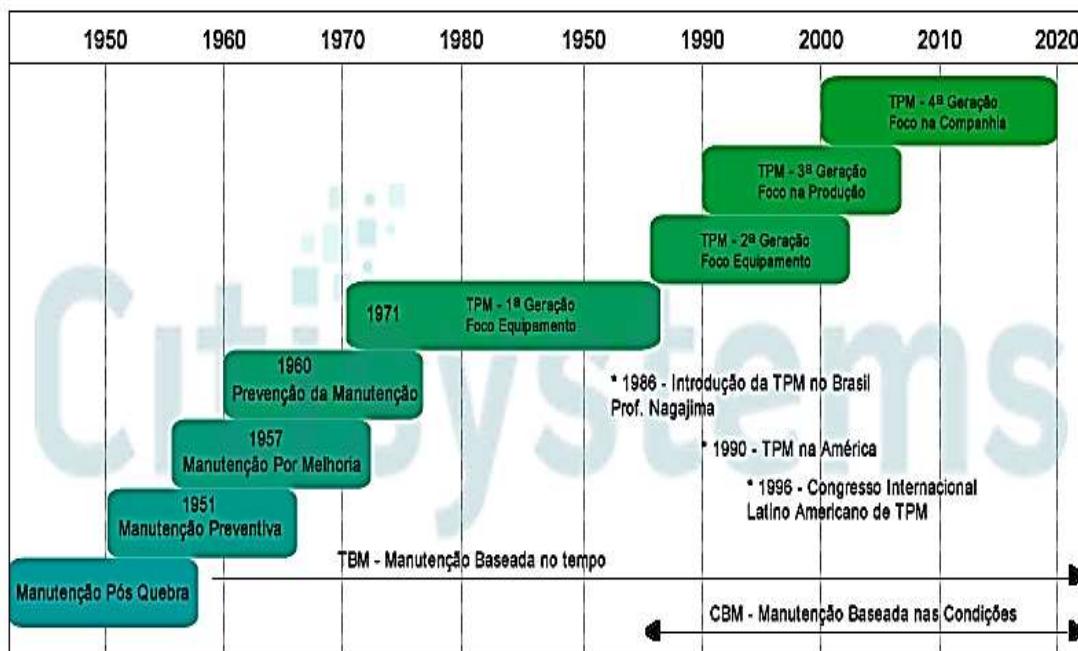
O TPM busca a conquista da Quebra Zero / Falha Zero das máquinas e equipamentos, além do Defeito Zero nos produtos. Uma máquina sempre disponível e em perfeitas condições operacionais, permite elevados rendimentos operacionais, redução dos custos de produção e redução de estoques. A melhoria da performance de trabalho é indiscutível (HORST, 2012).

A sigla TPM, Total Productive Maintenance, tem o sentido de eficiência global ou ciclo de vida útil do sistema de produção. Seu objetivo é a constituição de uma estrutura empresarial que visa a máxima eficiência do sistema de produção. Conta com a participação de todos, desde a alta administração até os operários de primeira linha, envolvendo todos os departamentos, começando pelo departamento de produção e se estendendo aos setores de desenvolvimento, vendas, administração, etc. (NAKAJIMA. 2012, p. 58).

Conforme Gelatti e Ortis (2012), pode-se afirmar que a metodologia TPM ganha, no presente, um enfoque estratégico na gestão industrial, sendo um dos alicerces para a obtenção de vantagens competitivas na produção. Com o crescimento e evolução do pensamento enxuto, se faz necessária a criação de um canal para ganhos em toda a cadeia produtiva e ainda, a necessidade de uma grande flexibilidade de produção. No atual cenário de competição acirrada entre as empresas, o TPM é um programa que hoje promove os ganhos tão almejados.

A filosofia TPM é voltada para a otimização dos ativos, diminuição dos custos tanto de produção como de retrabalho, aumento da disponibilidade operacional, aumento da capacidade produtiva e principalmente a promoção da confiabilidade de toda a organização. A Fig. 1, mostra a evolução do TPM.

Figura 1: Evolução do Sistema TPM



Fonte: www.citisystems.com.br/o-que-e-tpm/. Acessado em 28 mar 2021.

Neste contexto, 'Preventiva' significa a busca do limite máximo da eficiência do sistema de produção, atingindo acidente zero, defeito zero prevenindo a quebra/falha zero. 'Manutenção', no sentido amplo, considera-se o ciclo total de vida útil do sistema de produção e define a manutenção que tem o enfoque no sistema de produção de processo único, na fábrica e no sistema administrativo de produção. (WERKEMA, 2015).

Para Yoshicazem (2012), a evolução da Manutenção Preventiva se deu em quatro etapas, que foram: a Manutenção Corretiva; a Manutenção Preventiva; a Manutenção do Sistema de Produção e o TPM. Este conceito de PM que surgiu nos Estados Unidos e se aprimorou no Japão, evoluiu de maneira gradativa. A partir do ano de 1951 (o que antecedia este ano era a manutenção pós quebra) se desenvolveu a *Preventive Maintenance* (manutenção preventiva), que foi definida como um acompanhamento das condições físicas das máquinas e equipamentos.

O TPM constitui a "Manutenção conduzida com a participação de todos". A palavra "todos" parece induzir aos elementos de alta e média direção um sentimento de que se trata de um trabalho a ser conduzido pelos operadores de forma voluntária, ou seja, algo que não lhes diz respeito. (WERKEMA, 2015).

As características da filosofia TPM levam a melhoria de toda a estrutura empresarial por meio da melhoria da qualidade não só do equipamento, mas também de todo o pessoal envolvido. Suas principais características são a orientação para o zero visando a eliminação não só das perdas, mas também dos acidentes. Desta maneira pode-se aumentar a produtividade, deixando assim o equipamento com um maior período de tempo disponível, portanto funcionando com o menor tempo de interrupções possível e ainda procurando reduzir ao máximo os fatores de improdutividade em toda a empresa (KUME, 2011).

A implantação da TPM também valia para os setores administrativos fortalecendo as funções do próprio departamento e apoio, adotando uma cultura padrão para melhor fluxo de informações e ações no auxílio da produção (SILVA, ALVES E MERLO, 2018).

2.2 CÉLULA ROBÓTICA

A Fig.2 mostra uma célula robotizada, ela é composta de um sistema configurado e independente que pode atuar sobre uma série de processos de produção, a célula robótica é constituída por um ou mais robôs de forma a não precisar da operação ou supervisão humana. Trata-se de uma operação eficaz, podendo trazer aumento de produtividade, baixo custo de retrabalho e maior ampliação no mercado.

Figura 2: Célula Robotizada



Fonte: <https://www.dfrobotica.com/celula-de-manipulacao-robotizada>. Acesso em 17 de maio 2021.

O sistema é desenvolvido com a finalidade de ser aplicado de acordo com a especificação estipulada pelo cliente, a célula robotizada permite desempenhar

produções em massa com agilidade e qualidade. Certas tarefas nas quais as mãos humanas não podem efetuar e geralmente apresentam algum tipo de não conformidade.

São sistemas construídos para trabalhos com especificações requeridas pelo cliente, permitindo a execução de tarefas em que as limitações habituais se transformam em frequentes desafios. A célula robotizada é perfeita para aplicações em trabalhos que geralmente apresentam dificuldades de execução. A célula robotizada é especialmente projetada e desenvolvida em uma grande variedade de modelos, formas e configurações, o que é definido basicamente em função de cada aplicação e que indica desde a utilização de um robô de simples articulação até modelos mais complexos. (CAMPOS, 2010, p. 145).

Pode-se definir um robô de várias formas, reprogramável, multifuncional e com controle de posição, este dispositivo apresenta um ou mais graus de liberdade, sendo capaz de manipular objetos por meio de movimentos programados, visando desempenhar diversas funções (PEREIRA E OLIVEIRA, 2021).

Diante de diversas outras soluções de automação industrial, a célula robotizada pode vir a integrar em vários processos produtivos direcionados aos mais variados produtos, que podem ser destinados a diferentes operações.

Os avanços tecnológicos e a ampla aceitação das células robotizadas nas indústrias, os custos para manter e integrar uma célula robotizada têm reduzido, ou seja, a ampliação do processo produtivo por célula robotizada encontra-se barato em relação ao custo benefício. Um sistema que usa uma célula robotizada industrial fornece uma padronização completa na operação executada com excelência e precisão. Antes de adquirir uma célula robotizada, o cliente deve saber exatamente suas necessidades para que atenda exatamente a sua demanda (YOSHICAZEM, 2012).

Devido aos avanços tecnológicos, a utilização da força de trabalho robotizado tem apresentado uma exponencial redução de custos e aplicação de trabalho cujo objetivo consiste essencialmente na manutenção da célula robotizada.

A credibilidade e precisão que a célula robótica oferece é o grande diferencial. Assim, uma célula robotizada a nível industrial pode oferecer um serviço de inspeção automatizada em materiais das mais diversas naturezas e formatos. Esse serviço de inspeção irá apresentar uma padronização nos resultados devido a excelente precisão garantida pelo equipamento.

O sistema é criado, desenvolvido de maneira que possa vir a fabricar componentes diversos. Ao optar pela célula robotizada para inovar no processo

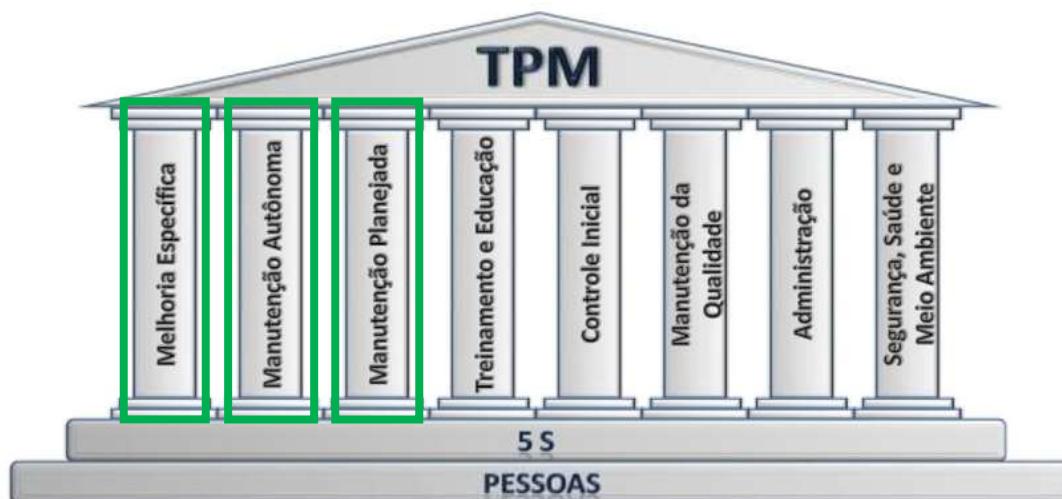
produtivo, o cliente deve as suas necessidades específicas para que assim consiga adquirir um equipamento que possa vir a atender inteira sua demanda.

2.3 IMPLEMENTAÇÃO DO TPM

Cada empresa está em diferentes níveis de desenvolvimento, necessitando por isso de diferentes modos de implementar TPM. É necessário ajustar os planos de implementação às necessidades e condições particulares de cada empresa.

O objetivo da implementação do TPM é reduzir as perdas e aumentar o potencial produtivo dos ativos da empresa com zero defeito, zero retrabalho e zero rejeito. Conforme a Fig.3, neste trabalho será abordado o processo de implantação dos 3 pilares do TPM na célula robotizada analisada, sendo eles a melhoria específica, manutenção autônoma e manutenção planejada, porém outros pilares serão afetados indiretamente devido a aplicação das melhorias específicas, assim trazendo resultados positivos.

Figura 3: Pilares do TPM



fonte:<https://estudosmecanicos.blogspot.com/2017/01/os-oito-pilares-da-tpm.html>.

Acesso em 17 de maio 2021.

Para mensurar o sucesso da implantação do TPM, é importante mensurarmos os principais indicadores de produtividade que estão relacionados a máquina. Como disponibilidade, performance, qualidade e o próprio *OEE* (*Overall Equipment Effectiveness* – Eficiência Global do Equipamento).



Na disponibilidade comparamos o tempo que o equipamento está disponível em relação ao seu tempo de funcionamento. Através dessa análise é importante enfatizar as paradas não programadas que ocorreram naquele equipamento.

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo disponivel para produção}}{\text{Tempo disponivel para produção} + \text{Paradas não programadas}}$$

Já na performance se identifica a velocidade do processo produtivo, utilizando o tempo que é ideal para produzir uma unidade de produto pelo tempo que realmente a máquina está necessitando para produzir essa peça.

$$Performance = \frac{\text{Tempo ideal}}{\text{Tempo real}}$$

E por fim, no indicador de qualidade é mensurado o índice de qualidade das peças produzidas e os principais fatores que potencializaram as não conformidades nas peças fabricadas.

$$Qualidade = \frac{\text{Peças conformes} - \text{Peças não conformes}}{\text{Peças conformes}}$$

Definindo a porcentagem dos três pilares conseguimos então definir o *OEE* da máquina:

$$OEE = \text{Disponibilidade} * \text{Performance} * \text{Qualidade}$$

Com esses indicadores definidos, mensalmente o setor que possui a metodologia TPM implantada deve mensurar e acompanhar a evolução de seus resultados. Garantindo que os principais problemas encontrados estejam sendo corrigidos para aumentar a eficiência global do equipamento.

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Este trabalho refere-se a um estudo de caso, onde coletou-se diariamente os dados da produção e uma célula robotizada e assim gerou-se resultados através de gráficos utilizados para auxiliar no gerenciamento da ferramenta TPM.

O estudo de caso é o método mais adequado pois consiste no estudo aprofundado e possui um conjunto de elementos referentes à sua classificação, planejamento, coleta e análise dos dados, que precisam ser detalhados para que seja possível o completo entendimento de como os resultados foram obtidos.

A análise e sugestão no plano de manutenção em uma célula robotizada compreendem o estudo dos indicadores atuais, técnicas de manutenção atual, além dos modos de falha, criticidade e severidade.

O processo de implementação deste método seguiu algumas etapas, a fim de se obter um resultado favorável no mínimo de tempo possível.

1 – Alinhamento com a alta gestão.

A etapa inicial é o alinhamento com a alta gestão da empresa, explicando o estudo realizado e os métodos e técnicas que serão utilizadas para repassar o conhecimento a produção. Além disso, a alta gestão é fundamental para dar continuidade e possibilitar a evolução do projeto, pois o TPM é um modelo de gestão de ativos, e sua condução necessita estar sempre alinhada com a estratégia da organização.

A aplicação do TPM nos maquinários possibilita a coleta de vários indicadores. É importante também alinhar com a alta gestão quais desses indicadores serão priorizados e os recursos que serão destinados para isso.

2 – Conscientização da coordenação de produção e supervisão.

Após o alinhamento e obtendo uma aprovação da alta gestão, iniciaiza o processo de conscientização e entendimento sobre este tema com a média gestão. A conscientização ocorre através de reuniões com o coordenador e supervisor da área envolvida.

Neste trabalho foi realizado um treinamento para o conhecimento da Manutenção Produtiva Total e sua aplicação nas máquinas, demonstrando os



benefícios e ganhos que a produção teria ao aplicar e seguir corretamente este método. Complementarmente, nesse alinhamento de expectativas deixou-se claro quais seriam as atribuições e responsabilidades que o coordenador e o supervisor teriam nesse projeto.

3 – Revisão das manutenções preventivas da máquina.

Para a formação do checklist que deve ser preenchido pelos operadores da máquina, foi realizado em conjunto ao setor de manutenção da empresa um mapeamento das principais manutenções preventivas que já eram realizados na célula robótica, como também as ações que ainda não se tinha conhecimento, mas deveria ser adicionado ao preenchimento. Este documento criado conteve todas as manutenções definidas com a sua devida periodicidade, dividindo em ações realizadas diariamente, semanalmente e mensalmente de acordo com o grau de necessidade de cada ação a ser realizada.

Importante destacar que no checklist os responsáveis pela manutenção não precisam ser somente os operadores e isto deve ser informado em um local deste documento para os profissionais realizarem o controle correto. Outro ponto é o status a máquina deve estar em funcionamento ou desligada, vale ressaltar que o uso de imagens ilustrativas dos equipamentos a serem utilizados para a preventiva estejam descritos ao lado de cada manutenção.

Deste modo montou-se o documento mensal que servirá de base para os operadores manterem o controle das manutenções preventivas que devem ser realizadas durante aquele mês. No Anexo 1 encontra-se o modelo de checklist de Manutenção Autônoma criado para a célula robotizada.

4 – Implantação e treinamento sobre a Manutenção Autônoma.

Finalizado os documentos que foram utilizados, iniciou-se o movimento de implantação deste método na célula robótica. Desta vez marcando um treinamento para os profissionais que operavam esta célula robótica repassando o conhecimento o método TPM e explicando a importância da aplicação deste sistema. Compreendendo corretamente este assunto, foi apresentado o checklist de manutenções preventivas e o diário de bordo que passaria a ser utilizando pelos mesmos diariamente, mostrando corretamente o preenchimento destes documentos,



afim de não gerar dúvidas aos profissionais e ter o risco de obter falsos dados com o checklist e diário de bordo.

5 – Início do primeiro ciclo (3 meses de acompanhamento).

Iniciado a implementação e repassado a produção como seria realizado, nos primeiros meses foi acompanhado semanalmente junto aos operadores, como estava sendo realizado o preenchimento do checklist e do diário de bordo, afim de retirar todas as dúvidas que surgiram conforme o processo de implementação estava acontecendo.

6 – Implantação e treinamento sobre Melhoria Focalizada.

Pós-implantação do pilar de manutenção autônoma foi realizado a implantação do primeiro pilar do TPM a manutenção focalizada. Para isso, implantou-se o checklist conforme o Anexo 2.

Através do preenchimento do diário de bordo, é possível gerar dados sobre o processo produtivo que está sendo analisado. Esses dados podem ser utilizados para calcular o *OEE* (*Overall Equipment Effectiveness*) da máquina e a relação geral de paradas, produtividade da máquina e a qualidade do equipamento. Com esses dados foi possível verificar as principais paradas que acontecem durante o dia a dia no processo. Tendo essas informações criou-se um plano de ação visando combater as principais paradas que aconteciam. Para isso em conjunto com a engenharia de processo, manutenção e produção realizou-se um treinamento sobre este pilar para a conexão dos dados que a produção estava fornecendo e como proceder e criar melhorias para atacar principalmente os problemas que aconteciam na célula robótica.

7 – Início do segundo ciclo (4 meses – setembro a dezembro).

O segundo ciclo da implantação começa após os três primeiros meses, onde foi acompanhado de perto o método rodando, com os dados gerados durante esses primeiros meses. Verificou-se a evolução do processo e que os profissionais estavam aplicando corretamente as manutenções preventivas da máquina. Também foi necessário instruir os profissionais que operam a máquina a preencherem corretamente o diário de bordo. Validando estes critérios foi repassado a coordenação que o acompanhamento passaria a ser quinzenal e ao final de cada mês verificaria-



se os dados preenchidos e os cálculos realizados, para que pudessem ser repassados para a alta gestão.

8 – Levantamento das principais oportunidades de melhorias.

Utilizando os dados gerados com o preenchimento do checklist de manutenção autônoma e o diário de bordo, analisou-se os dados e conseguiu-se levantar os principais fatores que deixavam a produção parada. Com isso, foi possível identificar as paradas que ocorreram, o tempo de duração, frequência dessas paradas, entre outras informações.

9 – Execução das melhorias levantadas.

Com o preenchimento dos documentos e as melhorias levantadas de acordo com as principais paradas, criou-se um plano de ação para cada melhoria levantada, o plano de ação tem intuito da resolução das propostas de melhorias que devem ser executadas na máquina. Priorizou-se as principais paradas como etapas prioritárias a serem concluídas onde a equipe de processo em conjunto com a manutenção definiu os responsáveis e as ações tomadas para a correta execução destas melhorias levantadas.

10 – Acompanhamento quinzenal com a equipe de manutenção, supervisão, Engenharia de Processos e a produção.

Diante do método aplicado o acompanhamento passou a ser quinzenal, onde por meio do preenchimento dos documentos se dava continuidade nas melhorias a serem realizadas. Além disso, os indicadores de qualidade, performance e disponibilidade da máquina continuaram sendo controlados através dos cálculos do índice de eficiência global da máquina, sendo repassado mensalmente esses indicadores para a alta gestão da empresa.

Abaixo, segue o fluxograma.1 de implementação do sistema TPM:

Fluxograma.1: Fluxograma de implementação do sistema TPM.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando os dados fornecidos pelo preenchimento do diário de bordo, mensalmente foi realizado o cálculo de *OEE* (*Overall Equipment Efficiency*) desta máquina. Este cálculo nos mostra a efetividade global de um equipamento onde que através dos dados de produção, horas trabalhadas e horas de paradas, dividimos em três pilares de avaliação chamados de Disponibilidade, Performance e Qualidade, obtendo assim a porcentagem de cada um destes critérios. O gráfico.1 abaixo apresenta os resultados obtidos na análise dos indicadores no primeiro mês de mensuração.

Gráfico 1: Indicadores mensurados no primeiro mês de implantação



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Percebeu-se que um dos fatores que mais estava impactando na eficiência do equipamento era a disponibilidade, pois a máquina estava funcionando apenas 60% de seu tempo disponível para uso. Com isso, analisou-se os principais motivos de paradas de máquina (em minutos), conforme apresentado na Tabela abaixo.

Tabela 1: Paradas de máquina no primeiro mês

| PARADAS SETEMBRO - 2020 | | | |
|-------------------------|----------------------------|------------|--------------|
| Tipologia | Descrição | Frequência | Tempo (Min.) |
| 163 | Programando | 18 | 1185 |
| 192 | Setup | 175 | 1096 |
| 10 | Abastecimento | 70 | 957 |
| 120 | Limpeza no setor | 14 | 580 |
| 40 | Desabastecimento | 28 | 493 |
| 160 | Ponte rolante indisponível | 19 | 478 |
| 181 | Retrabalho | 8 | 357 |
| 61 | Falta energia | 7 | 243 |
| 161 | Ponte rolante quebrada | 3 | 170 |
| 60 | Falta consumíveis | 10 | 147 |
| 180 | Refeição | 3 | 142 |
| 182 | Reunião | 3 | 120 |
| 130 | Manutenção mecânica | 5 | 112 |
| 131 | Manutenção preventiva | 2 | 41 |
| 11 | Absenteísmo | 2 | 14 |
| 190 | Sem matéria-prima | 0 | 0 |
| 132 | Manutenção elétrica | 0 | 0 |
| 62 | Falta de ar na rede | 0 | 0 |

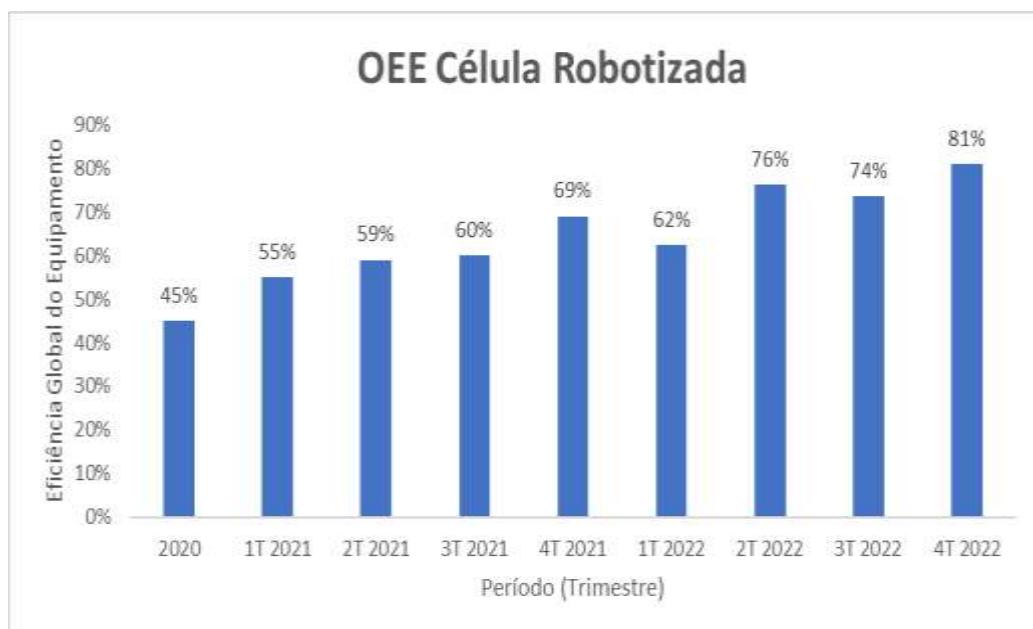
| | | | |
|-----|---------------------------|---|---|
| 50 | Empilhadeira indisponível | 0 | 0 |
| 200 | Treinamento | 0 | 0 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com os dados levantados foi possível propor melhorias junto as diversas áreas de apoio da empresa, para diminuir os tempos de paradas apresentados acima. Aplicando este método de avaliação, mensalmente os resultados do equipamento eram reavaliados, validando as melhorias feitas no último mês e definindo novas oportunidades de melhorias para serem exploradas.

Com os dados do diário de bordo calculou-se o *OEE* da máquina. Dessa forma verificou-se a evolução do equipamento ao longo dos meses de implantação da metodologia. Abaixo o gráfico.2, demonstra a eficiência de cada mês desde sua implantação, iniciando no último trimestre de 2020 e seguindo até o último trimestre de 2022.

Gráfico 2: Evolução do *OEE* do equipamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

No processo se vê uma grande evolução após 2 anos de implantação do projeto, saindo de uma eficiência de 45% nos primeiros meses de aplicação e alcançando uma eficiência de 81% ao final de 2022. Mostrando uma curva crescente desde sua aplicação, apenas com algumas instabilidades principalmente em meses de início de ano onde ocorre maiores paradas na produção e acaba mostrando uma eficiência um pouco menor.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho abordou as principais etapas da implantação do TPM em uma célula robotizada, assim como os principais resultados obtidos no equipamento. A metodologia de implantação se mostrou eficaz, sendo que com apenas 3 meses foi possível implantar os pilares manutenção autônoma, melhoria focalizada e manutenção planejada, alcançando assim os objetivos do estudo.

Após monitorar, ao longo da implantação, as principais paradas do equipamento, foi possível realizar ações de melhoria na disponibilidade da máquina. Como consequência desse trabalho, o OEE do equipamento aumentou em 36% em apenas dois anos de acompanhamento. O que resultou na redução de um dos turnos de trabalho da célula robotizada

Além da eficiência global do equipamento, obteve-se como ganho a maior participação e engajamento dos profissionais da máquina, pois o TPM tem como foco o envolvimento de todos da equipe, promovendo um ambiente mais colaborativo e eficaz.

Como próximos passos está previsto a implantação dos outros pilares do TPM na estação robotizada, garantindo maior aderência a essa ferramenta. Entende-se também a necessidade de estender esse projeto para outras máquinas e equipamentos da organização, visando aumentar a eficiência e conquistar um diferencial competitivo no mercado.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Vicente. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2010.

KUME, Hitashi. **Métodos Estatísticos Para Melhoria da Qualidade**. 4 Ed. São Paulo: Editora Gente, 2011.

HORST, Maurice. **Método de Diagnóstico para Apoio a Implantação da Cadeia De Ajuda em Empresas de Manufatura com Processos de Transformação Automáticos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012



NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM Total Productive Maintenance**. São Paulo: Impresso pela IMC International, 2012.

YOSHICAZEM, Okano. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAN. 2012.

WERKEMA, Maria C. **As Ferramentas de Qualidade no Gerenciamento de Processos**. 2 Ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2015.

GELATTI, Isaías C. Beber, ORTIS, Ricardo A. Baradel. **OEE – Eficiência Global dos Equipamentos Utilização do Método para Análise da Real Produtividade de Equipamentos**. Panambi: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2012.

SILVA, Ramiro Rodrigues, ALVES, Mylena R.A. MERLO, Gabriele L. **A Importância da Aplicação e Implantação da Tpm em Processo Industrial**. Paraná: Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, 2018.

PEREIRA, João P. Fernandes, OLIVEIRA, Luis C. P. Lopes. **Reengenharia de uma Célula Robotizada**. Porto, Instituto Superior de Engenharia do Porto ISEP, 2021.

ABSTRACT

This work focuses on Total Productive Maintenance, TPM, and its implementation in a robotic cell. Currently, maintenance management has become a strategic pillar for companies, and the correct maintenance has generated a competitive differential, where the application of tools such as TPM is highlighted in this process. The scarcity of academic works in the TPM area with an emphasis on predictive maintenance in the current literature, was one of the reasons that led the author to write this work. Maintenance can be carried out in several ways, what guides the form of maintenance is the criticality of the equipment for the process, the cost of spare parts and the level of complexity of the equipment. In this case, a robotic cell that has a high failure rate in the system. Currently, a robotic cell in the metalworking industry has an availability index below the target in its welding, device and handling systems. In addition to a high rate of corrective maintenance actions and expenses with spare parts. The maintenance methodology carried out today does not guarantee the availability of the equipment that constitutes the robotic cell.

Keywords: Robotic cell; Competitive differential; Maintenance.



ANEXO 1 – CEHCKLIST DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

| CHECK-LIST MPT (MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - MANUTENÇÃO AUTÔNOMA ROBÔ DE VIGAS) | | | | | | | | | | | |
|---|--|------------------|-----------------|---------------------------------|--|------------------|-----------------|---------------------------------|---|------------------|----------|
| Setor / Fabricação | | | | Supervisor de Produção Turno 1: | | | | Supervisor de Produção Turno 2: | | | |
| Coordenador de Produção: | | Máquina Nº: Robô | | Máquina Nº: Robô | | Máquina Nº: Robô | | Máquina Nº: Robô | | Máquina Nº: Robô | |
| Item | Descrição / Ação | MÁQUINA | QUEM | Item | Descrição / Ação | MÁQUINA | QUEM | Item | Descrição / Ação | MÁQUINA | QUEM |
| 1 | Verificar roldana superior e inferior | Desligada | Operador | 2 | Verificar trilho do deslocamento do robô | Ligada | Operador | 3 | Verificar conexões de aterramento | Desligada | Operador |
| 4 | Verificar conexões das palanxas elétricas | Desligada | Operador | 5 | Limpesa externa das palanxas elétricas | Desligada | Operador | 6 | Verificação visual do estado geral da tocha | Desligada | Operador |
| 7 | Identificação de possíveis danos e/ou falhas no sistema de gás, alimentação e/ou ignição | Desligada | Operador | 8 | Verificar limpeza da mesa | Desligada | Operador | 9 | Limpesa do piso | Desligada | Operador |
| 10 | Verificar limpeza das rotas e biombo | Desligada | Operador | 11 | Limpesa das rotas e biombo | Desligada | Operador | | | | |
| | | Visual | Visual | | | Visual | Visual | | | | |
| | | Operador | Operador | | | Operador | Operador | | | | |
| | | Manual | Manual | | | Manual | Manual | | | | |
| | | Estopa e produto | vassoura e pano | | | Estopa e produto | vassoura e pano | | | | |
| 25 | 5 | 15 | 5 | 25 | 5 | 15 | 5 | 25 | 5 | 15 | 5 |
| 8 | D | D | M | 8 | D | D | M | 8 | D | D | M |
| 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |

INSTRUÇÃO DE USO

Estado de Atenção



Caso alguma dessas situações sejam identificadas na máquina, equipamento, comunique seu supervisor imediatamente para as devidas providências.

AUDITORIA ESCALONADA

RE-400.2
Rev.: 00
Data: 03/02/2022

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

- 01 - Este documento deverá estar sempre afiado ao equipamento.
- 02 - Seu preenchimento é obrigatório pelo operador no inicio de cada turno.
- 03 - Se o item analisado estiver em ordem coloque um "OK" no campo referente ao dia e turno de trabalho.
- 04 - Qualquer irregularidade observada no equipamento deverá ser comunicado imediatamente a seu superior.
- 05 - Em caso de alguma irregularidade detectada, coloque um "1" no campo referente ao dia e turno de trabalho.
- 06 - Ao final de cada mês este formulário deverá ser entregue ao seu superior que encaminhará a Manutenção.
- 07 - Conservo este formulário, não rasure, supre ou danifique.

“ LEMBRE-SE, A UTILIZAÇÃO CORRETA DESTE FORMULÁRIO E DO EQUIPAMENTO, A NOSSA SEGURANÇA DEPENDE DA VERIFICAÇÃO CORRETA DO EQUIPAMENTO ”



ANEXO 2 – DIÁRIO DE BORDO

| DIÁRIO DE BORDO | | | | | | | | | |
|--|----|-----------|------------------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------|---------------------------|--|
| Dados | | | | | | | | Equipamento: Robô de vias | Inicio do turno: _____ Fim de Turno: _____ |
| Código | PV | Tipologia | Solicitação de serviço | Data programada | Data realizada | Horário de inicio | Horário fim | Quantidade de peças boas | Quantidade de peças não conforme |
| 10 | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | |
| 61 | | | | | | | | | |
| 62 | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | |
| 131 | | | | | | | | | |
| 132 | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | | |
| 161 | | | | | | | | | |
| 163 | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | | |
| 181 | | | | | | | | | |
| 182 | | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | | |
| 192 | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | |
| Utilização do campo observação | | | | | | | | | |
| Especificar o produto testado | | | | | | | | | |
| E especificar o tipo de reunião/reinforcemento | | | | | | | | | |
| Registrar anomalias | | | | | | | | | |
| Especificificar qual documentação faltante | | | | | | | | | |
| E especificar qual o problema | | | | | | | | | |
| E especificar qual matéria-prima faltante | | | | | | | | | |
| E especificar qual tipo de manutenção | | | | | | | | | |
| E especificar qual ferramenta | | | | | | | | | |
| E especificar qual parâmetro de processo | | | | | | | | | |
| E especificar qual componente | | | | | | | | | |
| E especificar qual operação | | | | | | | | | |
| E especificar qual consumível está em falta | | | | | | | | | |
| E especificar o produto | | | | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).