

## **Implementação da metodologia TPM no processo de produção de placas de ar condicionado numa empresa do Polo Industrial de Manaus**

### **Implementation of the TPM methodology in the production process of air conditioning circuit boards in a company in the Industrial Pole of Manaus**

DOI:10.34117/bjdv8n6-189

Recebimento dos originais: 21/04/2022

Aceitação para publicação: 31/05/2022

#### **Fernando Grijó San Martin**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial e Sistemas da Universidade do Minho

Instituição: Universidade do Minho

Endereço: Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Braga - Portugal

E-mail: fg.smartin@gmail.com

#### **Marcelo Albuquerque de Oliveira**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octávio, 620, CEP: 69080-900, Manaus - AM, Brazil

E-mail: marcelooliveira@ufam.edu.br

#### **Gabriela de Mattos Veroneze**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octávio, 6200, CEP: 69080-900, Manaus - AM, Brazil

E-mail: gveroneze@ufam.edu.br

### **RESUMO**

Esta pesquisa descreve a implementação da metodologia Total Productive Maintenance (TPM) numa linha de produção de placas de ar condicionado, numa empresa situada no Polo Industrial de Manaus (PIM). O principal objetivo do projeto é o de desenvolver de forma eficaz a realização da manutenção autônoma e da manutenção planejada, que são dois dos oito pilares que sustentam a metodologia TPM, de forma a evitar paragens de produção não planejadas. Optou-se por implementar a metodologia TPM nessa linha, pelo fato de não haver uma pessoa dedicada ao controle e gestão da manutenção, sendo que todas as vezes que se faz necessário, geralmente para realizar intervenções de manutenção corretiva, recorre-se a uma pessoa de outro setor. Além disso, antes da implementação da manutenção autônoma e da manutenção planejada não havia qualquer registro de atividades de manutenção realizadas impossibilitando assim uma análise estatística ou por meio de indicadores de manutenção. Para o cumprimento dos objetivos propostos realizou-se formações aos operadores acerca do TPM e manutenção autônoma onde foram criadas as tarefas diárias de limpeza, inspeção e manutenção. Reestruturou-se as atividades de manutenção preventivas em conjunto com o departamento responsável e

foram criadas fichas de registro de anormalidades para cada equipamento de forma a possibilitar análises por meio de indicadores de manutenção. Por último, descreve-se os resultados alcançados com a implementação da metodologia TPM na empresa, ressaltando os fatores positivos e as dificuldades encontradas.

**Palavras-Chave:** tpm, manutenção, manutenção autônoma, manutenção planejada, placas de ar condicionado.

## ABSTRACT

This research describes the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in an air-conditioned printed circuit board (PCB) production line, in an enterprise located in the Industrial Pole of Manaus (PIM). The main objective of the project is to develop effectively the realization of autonomous maintenance and planned maintenance, which are two of the eight pillars supporting the TPM methodology in order to avoid unplanned breakdowns. It was decided to implement the TPM on this line, due to the fact that there is not a person dedicated to the control and management of maintenance, and every time that is necessary, usually in corrective maintenance, a person from another sector is moved to the line to perform the task. In addition, before the implementation of autonomous maintenance and planned maintenance pillars, there was not any record of maintenance activities making it impossible to do a statistical analysis through maintenance indicators. To achieve the proposed objectives, it was realized training courses for operators about the TPM and autonomous maintenance were created for daily cleaning tasks, inspection, and maintenance. Preventive maintenance activities were restructured in conjunction with the responsible department and abnormalities record sheets were created for each machine in order to enable analysis through maintenance indicators. Finally, the results achieved by the implementation of TPM in the company are described, highlighting the positive factors and difficulties encountered.

**Keywords:** tpm, maintenance, autonomous maintenance, planned maintenance, air conditioning pcbs.

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho teve como objetivo a implementação e monitorização da metodologia TPM no processo de produção de placas de ar condicionado, numa empresa do Polo Industrial de Manaus de forma a tornar o processo de manutenção mais eficaz. Pretendeu-se com este trabalho aumentar a eficiência e a disponibilidade dos equipamentos, reduzindo as paragens de produção devido a falhas e avarias constantes.

De forma a cumprir estes objetivos pretendeu-se:

- Implementar um projeto piloto de manutenção autônoma, analisando os equipamentos mais críticos e criando rotinas de inspeção, limpeza, e lubrificação por parte dos colaboradores de forma a reduzir as falhas nos equipamentos.

- Implementar um projeto piloto de manutenção planejada para que, juntamente com a manutenção autônoma, a gestão da manutenção seja mais eficaz.

Segundo Venkatesh (2007), a Manutenção Produtiva Total pode ser considerada como a ciência médica das máquinas, sendo a mesma um programa de manutenção que envolve conceitos recentemente definidos para a manutenção de plantas e equipamentos.

Os quatro principais objetivos do programa TPM são descritos por McKone, Schroeder & Cua (1999). Primeiro, o programa procura que a produção e a manutenção trabalhem em conjunto para estabilizar as condições e evitar a deterioração dos equipamentos. Segundo, através de um desenvolvimento eficaz e a partilha das responsabilidades pelas tarefas diárias críticas de manutenção, manutenção e produção são capazes de melhorar a “saúde” geral do equipamento.

Através da manutenção autônoma, os operadores aprendem a realizar importantes tarefas diárias que os técnicos de manutenção raramente têm tempo para realizar. Após essas atividades serem transmitidas aos operadores, os técnicos de manutenção podem focar-se no desenvolvimento e implementação de outros planos de manutenção pró-ativa. Terceiro, o programa TPM serve para ajudar os operadores a conhecerem os equipamentos que operam, sendo capazes de identificar possíveis problemas e de evitá-los. Quarto, o programa TPM promove o envolvimento dos operadores através da preparação para se tornarem parceiros ativos tanto da manutenção quanto da engenharia para melhorar o desempenho e a confiabilidade do equipamento.

A metodologia TPM, primeiramente desenvolvida no Japão, é uma manutenção preventiva e produtiva baseada no trabalho em equipa e envolve todos os níveis e funções da organização (Sun, 2003). Depois do início no Japão, esta metodologia ficou rapidamente popular nos Estados Unidos da América. Segundo Sun (2003), apesar de envolver todas as áreas da organização, a TPM descreve uma relação sinérgica particular entre produção e manutenção, para a melhoria contínua da qualidade do produto, eficiência operacional, garantia de capacidade e segurança. Enquanto a produção produz o produto, a manutenção produz a capacidade de produção. Portanto, a manutenção afeta a produção aumentando a capacidade de produção e controlando a qualidade e a quantidade de produtos produzidos.

Programas de manutenção têm sido muito utilizados como um meio para controlar os custos de produção. Porém o programa TPM faz mais do que apenas controlar custos, ele pode melhorar as dimensões dos custos, qualidade e entrega. O programa TPM pode

ser um importante contribuinte para a força da organização e tem a capacidade de melhorar a performance da manufatura (McKone, Schroeder & Cua, 2001).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)

#### 2.1.1 Origem e objetivos

O desenvolvimento do TPM teve início com o reconhecimento de um facto único e verdadeiro pela administração: são os operadores de máquinas e processos que conhecem o 'status quo' de uma máquina ou processo impedindo-os de quebrar. Além disso, sem o interesse e a cooperação dos operadores, nenhuma manutenção adequada pode ser estabelecida. Não importa quão bem as empresas estão equipadas com técnicas de fabricação avançadas, são os operadores, e não gerentes ou sistemas, que afetam o desempenho da empresa.

Neste mercado altamente competitivo, o fraco desempenho dos operadores não é mais aceitável. Os operadores com pouca responsabilidade com o seu equipamento são suscetíveis de olhar para ele como uma mera máquina com a qual eles não têm ligação. Em muitos casos, eles não estão cientes de anormalidades.

O pessoal de manutenção, que é responsável por verificar deterioração, é mantido ocupado remediando grandes avarias esporádicas. Idealmente, quem opera um determinado equipamento deve ter a formação necessária para manter o equipamento em perfeito funcionamento, e originalmente, essas duas funções eram realizadas pela mesma pessoa. Gradualmente, no entanto, as funções de manutenção e de produção foram separadas assim que os equipamentos se tornaram mais sofisticados e com o crescimento das empresas.

Durante o período pós-guerra do Japão, de rápido crescimento industrial, a maioria dos equipamentos foi substituído por mais recente, sendo esses equipamentos desconhecidos. Respondendo às exigências de aumento da produção, o departamento de produção passou a concentra-se principalmente na produção e saída de produto acabado, enquanto o departamento de manutenção gradualmente assumiu a responsabilidade por quase todas as funções de manutenção de acordo com o conceito de divisão do trabalho.

Nessas circunstâncias, os operadores e o pessoal de manutenção consideravam uma máquina em condição adequada para uso se fosse de simples manuseio e estivesse operante. A especialização bipolar resultante continuou até o desenvolvimento do TPM (Yamashina, 1995).

Em resposta aos problemas de manutenção e suporte encontrados em ambientes de produção, os japoneses desenvolveram e introduziram o conceito de Manutenção Produtiva Total, inicialmente em 1971. TPM é um sistema de manutenção que cobre toda a vida útil dos equipamentos em todas as divisões incluindo planejamento, fabricação e manutenção. Ela descreve uma relação sinérgica entre todas as funções organizacionais, mas particularmente entre a produção e a manutenção, para a melhoria contínua da qualidade dos produtos, a eficiência operacional, a garantia de capacidade e segurança (Chan et al., 2005).

Segundo Pomorski (2004), a TPM é uma metodologia e filosofia de gestão estratégica de equipamentos focado no objetivo de construir a qualidade do produto através da maximização da eficácia do equipamento. Ela abraça o conceito de melhoria contínua e a total participação de todos os funcionários e de todos os departamentos. De Oliveira Souza e Galhardi (2022) apersentam as principais ferramentas utilizadas no ambito das soluções lean manufacturing com destaque para a utilização da metodologia TPM.

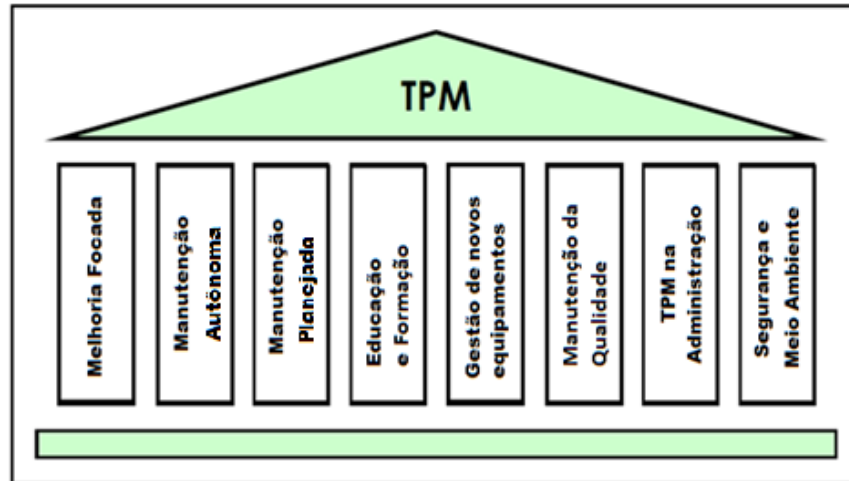
### 2.1.2 Os pilares da TPM

As principais atividades da TPM estão organizadas em pilares. A definição dos pilares adotados no TPM depende muito da estrutura e da filosofia que a empresa utilizará internamente, sendo personalizada de acordo com a cultura empreendedora já existente e com a cultura que se deseja implementar.

Os pilares da TPM devem ser desenvolvidos em equipes coordenados por gestores ou líderes de cada equipe, e esta estrutura deve seguir na hierarquia da empresa. O trabalho de implementação dos pilares da TPM deve ter em atenção as seguintes dimensões: produtividade, qualidade, atendimento ao cliente, segurança e moral (Rodrigues & Hatakeyama, 2006).

Conforme a popularização e o estudo da metodologia TPM, os nomes e a quantidade de pilares que a formam sofrem alterações de autor para autor. Porém a mais utilizada é a sugerida pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) que envolve um plano de implementação de oito pilares. Na figura 1 podemos observar os oito pilares da metodologia TPM segundo o JIPM.

Figura 1: Os pilares da metodologia TPM.



(Fonte: Adaptado de Pomorski, 2004)

No quadro 1 é descrito resumidamente cada pilar da metodologia TPM.

Quadro 1: Resumo dos pilares do TPM.

Pilares do TPM	
1. Melhoria Focada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificação sistemática e eliminação das 16 perdas</li> <li>• Análises estruturadas de FMEA e 5-Porquês</li> <li>• Aumentar a eficiência do sistema</li> <li>• Melhoria da Eficácia Global dos Equipamentos em sistemas de produção</li> </ul>
2. Manutenção Autônoma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimular a ideia de propriedade no operador</li> <li>• Realizar limpeza, lubrificação, apertos, ajustes, inspeção, reajustes nos equipamentos da produção</li> </ul>
3. Manutenção Planejada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejar programas de manutenção eficientes e eficazes ao longo do ciclo de vida do equipamento</li> <li>• Estabelecer pontos de verificação preventivos</li> <li>• Melhorar os tempos médios de reparação e o tempo médio entre falhas</li> </ul>
4. Educação e Treinamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmitir controle de qualidade e habilidades interpessoais</li> <li>• Multi-qualificação dos funcionários</li> <li>• Alinhar os funcionários às metas organizacionais</li> <li>• Atualização e avaliação periódica de competências</li> </ul>
5. Gestão de Novos Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas mínimos e funcionamento no tempo determinado de novos equipamentos</li> <li>• Utilizar o conhecimento relativo aos sistemas existentes para iniciativas de melhoria nos novos sistemas</li> </ul>
6. Manutenção da Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atingir o índice de zero defeitos</li> <li>• Rastreamento e endereçamento de problemas de equipamentos e causas raiz</li> <li>• Definir as condições Máquina, Material, Homem ou <i>Man, Machine, Material (3M)</i></li> </ul>
7. TPM na administração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhorar a sinergia entre as várias funções da empresa</li> <li>• Remover dificuldades processuais</li> <li>• Concentrar no tratamento de questões relacionadas com os custos</li> <li>• Aplicar 5S no escritório e nas áreas de trabalho</li> </ul>

8. Segurança e Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"><li>• Certificar um ambiente de trabalho seguro</li><li>• Proporcionar um ambiente de trabalho adequado</li><li>• Eliminar incidentes, lesões e acidentes</li><li>• Fornecer procedimentos operacionais padrão</li></ul>
------------------------------	--

Fonte: Adaptado de Jain *et al.* (2012).

### 2.1.3 Benefícios esperados com a implementação do TPM

A implementação do TPM, segundo a literatura sobre o tema, gera benefícios onde é implementado. Nesta seção serão citados vários exemplos dos benefícios que a implementação da metodologia TPM oferece.

Segundo Ahuja & Khamba (2008), a implementação do TPM numa organização pode garantir maior produtividade, melhor qualidade, menos avarias, custos mais baixos, entregas confiáveis, ambientes de trabalho motivadores, segurança reforçada e melhoria na moral dos empregados.

Venkatesh (2007), lista os benefícios diretos e indiretos na implementação do TPM, são eles:

Benefícios diretos:

1. Aumento na produtividade e na eficiência fabril em 1,5 ou 2 vezes.
2. Redução das reclamações dos clientes.
3. Redução nos custos de manufatura em 30%.
4. Satisfação das necessidades dos clientes em 100% (Entregando a quantidade correta no tempo correto, na qualidade exigida).
5. Redução no número de acidentes.
6. Maior atenção às medidas de controle de poluição.

Benefícios indiretos:

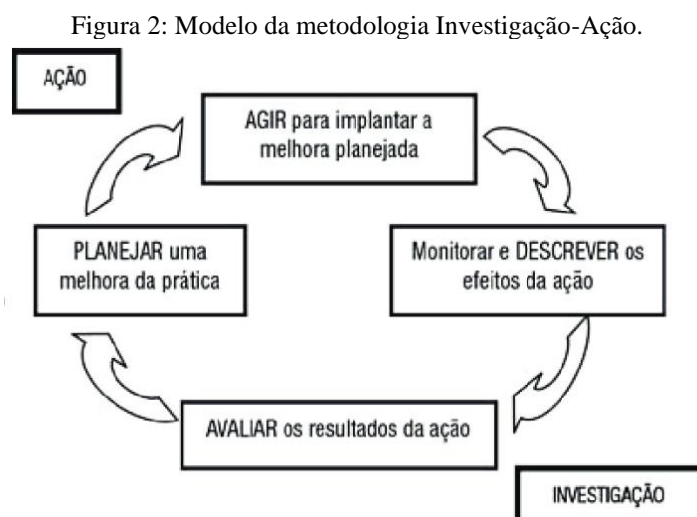
1. Aumento no nível de confiança dos funcionários.
2. Local de trabalho limpo, arrumado e atrativo.
3. Mudança favorável na atitude dos operadores.
4. Alcance das metas através do trabalho em equipe.
5. Implementação de um novo conceito em todas as áreas da organização.
6. Partilha de conhecimento e experiência.
7. Os trabalhadores obtêm um sentimento de propriedade sobre o equipamento que opera.

Empresas que implementaram o TPM experimentaram reduções de problemas em equipamentos na ordem de 80% a 90% e o custo de reparação caiu em cerca de 55%. Os

prazos de entrega do produto foram cortados de 50% a 70%, e as entregas no prazo foram aumentadas entre 50% e 95% (Ncube, 2006).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia aplicada no decorrer do projeto foi a investigação-ação. Como o próprio nome já nos mostra, trata-se de uma metodologia de melhoria continuada onde a ação para a melhoria do processo é baseada numa investigação previamente realizada. A investigação-ação engloba qualquer processo que siga um ciclo de aprimoramento na prática por meio da investigação. O ciclo consiste em planejar, implementar, descrever e avaliar a mudança para melhorar a prática atual (Tripp, 2005). O modelo desta metodologia pode ser observada na figura 2.



(Fonte: Adaptado de Tripp, 2005)

A investigação-ação é a investigação social realizada por uma equipe que inclui um profissional pesquisador e os membros de uma organização, comunidade ou rede visando a melhoria contínua. A Investigação-ação promove ampla participação no processo de investigação e apoia a ação que leva a uma situação mais justa, sustentável, ou satisfatória para as partes interessadas (Greenwood, 2006).

Segundo Stringer (2007), a investigação-ação é levada a cabo de acordo com um conjunto de valores sociais, e sendo assim possui as seguintes características: é democrática, permitindo a participação de todas as pessoas; é equitativa, reconhecendo a igualdade de valor das pessoas; é libertadora, proporcionando a liberdade de condições debilitantes opressiva; é envolvente, permitindo a expressão do potencial humano das pessoas.



## 4 RESULTADO DA PESQUISA

### 4.1 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

A implementação da manutenção autônoma no processo produtivo aconteceu ao primeiro momento de forma satisfatória com a compreensão e o comprometimento dos funcionários sendo o envolvimento da alta gerência fundamental por esses dois aspectos, uma vez que as decisões top-down possuem impacto significativo nas equipes. Como o próprio nome sugere a formação em manutenção autônoma buscou a autonomia dos operadores na realização das atividades preventivas nos equipamentos mostrando-os a importância dos aspectos relativos a esse tipo de manutenção.

Sendo este pilar considerado como o mais importante, a formação realizada forneceu todas as informações necessárias de modo a não deixar dúvidas sobre o trabalho que passaria a ser realizado. Com a formação em TPM e conseqüentemente em manutenção autônoma, os funcionários passaram a entender a metodologia antes desconhecida por eles e a praticar as atividades predefinidas em conjunto com a equipe de engenharia relativas às normas de limpeza, inspeção e manutenção, de forma eficiente. O fato de se sentirem envolvidos no processo como um todo, pois um dos conceitos do TPM refere-se à total participação de todos os funcionários e de todos os departamentos e não apenas de operar a máquina, motivou-os para a realização das tarefas.

### 4.2 FORMAÇÃO ACERCA DOS EQUIPAMENTOS ICT E FPT

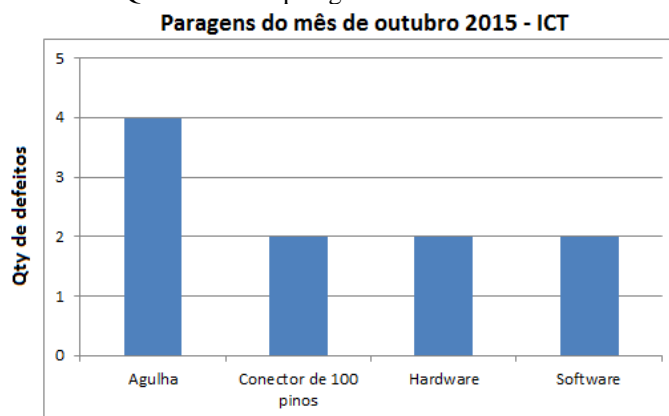
A formação específica acerca dos equipamentos de teste ICT e FPT foi um complemento à manutenção autônoma de forma a criar operadores especializados no equipamento com o objetivo de proteger o seu próprio equipamento. O fato dos operadores já serem experientes facilitou a formação pois algumas atividades já eram realizadas por eles por já conhecerem algumas falhas simples e suas soluções. Outras falhas um pouco mais complexas, porém possíveis de serem solucionadas pelo pessoal de produção, de acordo com a engenharia de circuito, foram exemplificadas na formação acerca dos equipamentos, principalmente na formação prática onde foram feitas simulações dos problemas mais comuns.

Além das simulações, os quadros elaborados pela equipe de engenharia que relacionam os problemas mais comuns e possíveis soluções nos equipamentos de teste foram de grande ajuda, segundo a opinião dos operadores. O acompanhamento inicial do pessoal de engenharia contribuiu para tornar os operadores mais confiantes e motivados para a realização da manutenção autônoma. Nas formações foi enfatizado os direitos e

deveres dos funcionários na implementação da manutenção autônoma, sendo considerado como deveres o correto preenchimento dos checklists no início dos turnos, a realização das atividades autônomas e o preenchimento da folha de verificação diária dessas atividades ao fim dos turnos e o preenchimento da ficha de anormalidades quando essas existirem. E os direitos entendem-se como sendo o acesso às instruções de trabalho atualizadas, formações periódicas e a manutenção de seus equipamentos conforme o cronograma de intervenções de manutenção planejada de forma a garantir a maximização da eficácia do equipamento.

Após as formações aos operadores foram analisadas as fichas de anormalidades dos equipamentos referentes ao mês de outubro onde foram verificadas a quantidade de defeitos apresentados e o tempo de paragem de cada equipamento. No gráfico 1 pode ser observado a quantidade de defeitos apresentados pelo ICT para o mês de outubro.

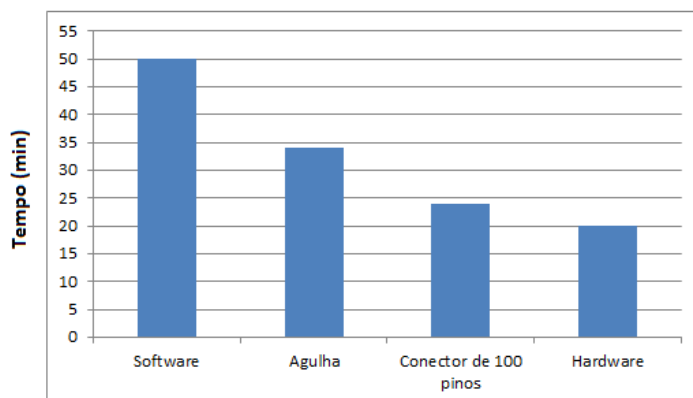
Gráfico 1: Quantidade de paragens do ICT em outubro de 2015.



(Fonte: Ficha de anormalidades do equipamento).

No gráfico 2 pode ser observado o tempo que o equipamento ICT ficou inoperante conforme o tipo de defeito apresentado para o mês de outubro.

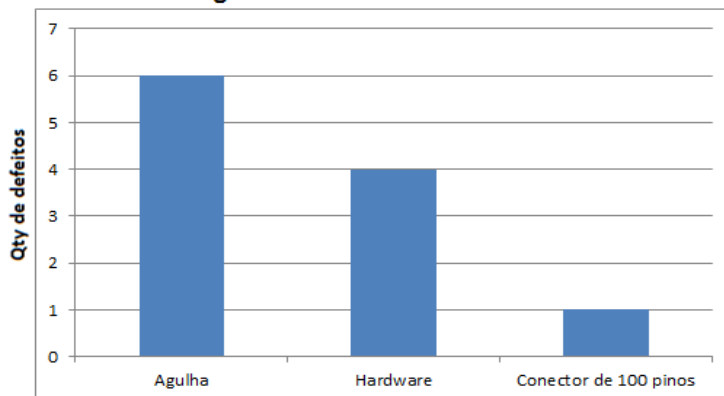
Gráfico 2: Tempo inativo do ICT em outubro de 2015.

**Tempo de inatividade do mês de outubro 2015 - ICT**

(Fonte: Ficha de anormalidades do equipamento).

No gráfico 3 pode ser observado a quantidade de defeitos apresentados pelos equipamentos FPT 1 e FPT 2 para o mês de outubro.

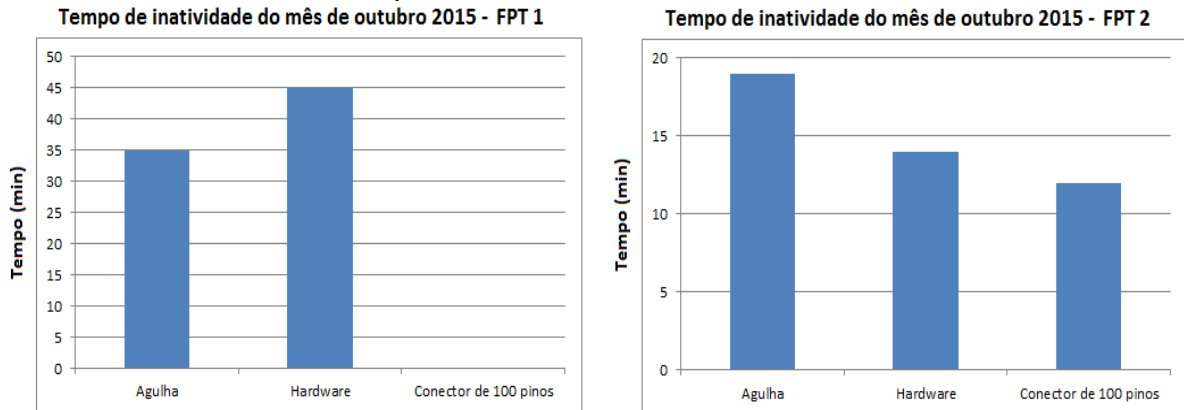
Gráfico 3: Quantidade de paragens dos FPTs em outubro de 2015.

**Paragens do mês de outubro 2015 - FPTs**

(Fonte: Ficha de anormalidades do equipamento).

No gráfico 4 pode ser observado o tempo que os equipamentos FPT 1 e FPT 2 ficaram inoperantes conforme o tipo de defeito apresentado para o mês de outubro.

Gráfico 4: Tempo de inatividade dos FPTs em outubro de 2015.



Fonte: (Ficha de anormalidades do equipamento).

### 4.3 MANUTENÇÃO PLANEJADA

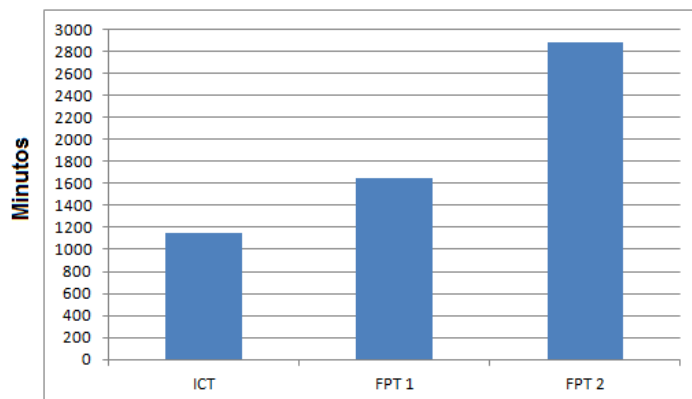
A implementação da manutenção planejada nos equipamentos de teste da linha de produção visou possibilitar uma maior confiabilidade dos equipamentos do processo produtivo. Sendo assim, realizou-se uma reestruturação na gestão da manutenção preventiva, tanto através do encurtamento no intervalo das intervenções de manutenção, como nas atividades necessárias para manter os equipamentos no seu estado ideal de operação. Além disso, aumentar a disponibilidade das máquinas e procurar alcançar o custo de manutenção ideal, reduzir o estoque de peças de reposição e melhorar a confiabilidade e facilidade de manutenção das máquinas são outros objetivos adquiridos ao implementar de forma satisfatória a manutenção planejada.

Com a manutenção planejada deixa-se de realizar um trabalho quase que em sua totalidade reativo para um proativo e o pessoal de manutenção passa a ajudar a formar os operadores para melhor manter os equipamentos fazendo-os executar as condições básicas de manutenibilidade, bem como esforçar-se na identificação precoce de indícios de anormalidades nos equipamentos durante a produção e correta operação, eliminando-os. Fazendo isto, o pessoal de engenharia responsável pela manutenção dos equipamentos obtêm mais tempo para realizar as atividades de manutenção planejada uma vez que esse tipo de manutenção requer pessoal treinado e completamente dedicados a esta atividade. Esta afirmação pôde ser confirmada ao se analisar que as intervenções de manutenção estavam sendo realizadas conforme o plano de manutenção preventiva trimestral.

Pode então dizer-se que esta formação contribuiu para instruir os envolvidos a seguir à risca um processo de planejamento disciplinado de forma a fornecer dados para a avaliação da gestão da manutenção por meio de indicadores de manutenção como os

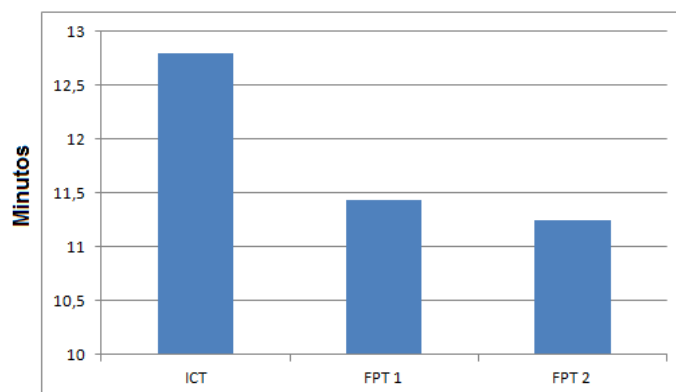
popularmente conhecidos Mean Time Between Failures (MTBF) e o Mean Time To Repair (MTTR).

Gráfico 5: MTBF em outubro de 2015.  
**MTBF - Outubro 2015**



(Fonte: Ficha de anormalidades do equipamento).

Gráfico 6: MTTR em outubro de 2015  
**MTTR - Outubro 2015**



(Fonte: Ficha de anormalidades do equipamento).

Nos gráficos apresentados de MTBF e MTTR temos o tempo médio entre as falhas e o tempo médio de cada parada, respectivamente. Portanto, através da análise dos gráficos a empresa sabe que, a cada período de tempo (em minutos), o sistema deverá ficar indisponível proporcionalmente à este período de tempo. Como por exemplo no ICT, a cada aproximadamente 1150 minutos o equipamento ficará indisponível por aproximadamente 12,8 minutos. Ter ciência das limitações do processo é o primeiro passo para eliminá-las.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução de um programa de manutenção eficaz tende a sofrer resistências principalmente quando há a necessidade de mudança cultural aliada a quebra de

paradigmas. A implementação do TPM na linha de produção de placas de ar condicionado está no seu início e para o seu sucesso o empenho de todos é fundamental, assim como a necessidade de formação intensiva para que o que foi ensinado não caia em esquecimento. Através de formações desenvolve-se a ideia de posse dos operadores pelas suas máquinas ocasionando a realização de tarefas de manutenção preventivas automáticas.

O desenvolvimento do projeto surgiu da necessidade de se obter uma melhor gestão dos equipamentos de teste aumentando a disponibilidade e a eficiência dos mesmos e diminuindo o número de falhas e avarias. Apesar da ideia de implementação da metodologia partir da alta gerência (*top-down*), para que as metas e projeções sejam atingidas necessita-se da participação *bottom-up*.

Com a análise crítica da situação inicial realizada, analisou-se o funcionamento do departamento de engenharia e como era realizada a gestão da manutenção, também foram identificados vários problemas, tanto ao nível de registros, como relacionados com os próprios equipamentos que posteriormente foram alvo de melhorias.

Um dos principais problemas identificados foi a falta de registros impossibilitando assim análises por indicadores de manutenção. Além disso, verificou-se falta de formações aos operadores e deficiências nos documentos de suporte como nos *checklists* que não possuíam padronização, nem englobavam os dois turnos de produção e nas instruções de trabalho que estavam desatualizadas ou até eram inexistentes nos postos de trabalho de alguns equipamentos.

De forma a resolver estes problemas realizou-se intervenções de manutenção pontuais nos equipamentos tanto os evidenciados pelos operadores, como os sinalizados pelo pessoal de engenharia. Para o problema de falta de registro de intervenções de manutenção nos equipamentos, foi criada uma ficha para preenchimento de anormalidades para que desse modo se consiga registros fiáveis de todas as intervenções de manutenção realizadas. Os *checklists* e as instruções de trabalho passaram por atualizações e foram disponibilizados nos postos de trabalho adequados. Foram ministradas formações aos operadores para que adquirissem todas as informações necessárias para o cumprimento das atividades que passariam a ser realizadas. Com a formação em manutenção autônoma foram criadas as normas de limpeza, inspeção e manutenção diárias que passaram a ser realizadas pelos operadores dos equipamentos de teste. A implementação do pilar de manutenção planejada buscou diminuir a quantidade de falhas reativas de forma a garantir a fluidez do processo produtivo por meio da reestruturação do cronograma de atividades preventivas existente.

O desenvolvimento da implementação da manutenção autônoma e da reestruturação da manutenção planejada, assim como as intervenções de manutenção pontuais nos equipamentos fizeram com que se percebesse uma redução no número de falhas nos equipamentos. Melhorias percebidas não somente pelo pessoal de produção, mas também pelo pessoal de engenharia que recebeu menos solicitações de suporte do setor PBA.

O processo de implementação do TPM, torna-se, portanto, uma importante ferramenta que tem seu foco voltado para o sistema produtivo. Seus objetivos indicam que uma eficiente gestão dos processos promove a queda significativa do número de quebras dos equipamentos e conseqüentemente o aumento na produtividade.

Com base nesse trabalho, para elaboração de trabalhos futuros pode-se:

- Implementar um programa de formação contínua em TPM aos funcionários para que as atividades de 5S e manutenção autônoma continuem a serem realizadas.
- Implementar um programa de registro digital de dados de manutenção, para que os registros de intervenções de manutenção realizadas sejam introduzidos digitalmente diretamente.
- Expandir a implementação do TPM às demais linhas da fábrica, começando pela *main line*, onde é realizada a montagem final do produto.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pelo apoio, em especial ao professor Dr. Marcelo Albuquerque de Oliveira.

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio a este trabalho no âmbito do Projeto POSGRAD (Resolução nº. 008/2021-POSGRAD).

## REFERÊNCIAS

- AHUJA, I. P. S., & KHAMBA, J. S. **Total productive maintenance: literature review and directions.** International Journal of Quality & Reliability Management, 25(7), 709-756, 2008.
- CHAN, F. T. S., LAU, H. C. W., IP, R. W. L., CHAN, H. K., & KONG, S. **Implementation of total productive maintenance: A case study.** International Journal of Production Economics, 95(1), 71-94, 2005.
- DE OLIVEIRA SOUZA, Rosângela; GALHARDI, Antônio César. O Lean Manufacturing na otimização de processos produtivos Lean Manufacturing in productive process optimization. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 17203-17216, 2022.
- GREENWOOD, D. J., & LEVIN, M. **Introduction to action research: Social research for social change.** SAGE publications, 2006.
- JAIN, A., BHATTI, R., DEEP, H. S., & SHARMA, S. K. **Implementation of TPM for Enhancing OEE of Small Scale Industry.** International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research, 1, 2012.
- MCKONE, K. E., SCHROEDER, R. G., & CUA, K. O. **Total productive maintenance: a contextual view.** Journal of Operations Management, 17(2), 123-144, 1999.
- MCKONE, K. E., SCHROEDER, R. G., & CUA, K. O. **The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance.** Journal of operations management, 19(1), 39-58, 2001.
- NCUBE, M. **The Impact of Total Productive Maintenance (TPM) on manufacturing performance at the Colt section of DaimlerChrysler in the Eastern Cape** (Doctoral dissertation, Nelson Mandela Metropolitan University), 2006.
- POMORSKI, T. R. **Total productive maintenance (TPM) concepts and literature review.** Brooks Automation, Inc., 2004.
- RODRIGUES, M., & HATAKEYAMA, K. **Analysis of the fall of TPM in companies.** Journal of Materials Processing Technology, 179(1), 276-279, 2006.
- STRINGER, E. T. **Action research.** Sage, 2007.
- SUN, H., YAM, R., & WAI-KEUNG, N. **The implementation and evaluation of Total Productive Maintenance (TPM)—an action case study in a Hong Kong manufacturing company.** The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 22(3-4), 224-228, 2003.
- TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica.** Educação e pesquisa, 31(3), 443-466, 2005.
- VENKATESH, J. **An introduction to total productive maintenance (TPM).** The plant maintenance resource center, 3-20, 2007.
- YAMASHINA, H. **Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, 1(1), 27-38, 1995.