

PROPOSTA DE MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) EM UMA MÁQUINA IMPRESSORA DE PASTA DE SOLDA EM UM PROCESSO SMT: ESTUDO DE CASO



Iracyanne Retto Uhlmann (UFSC)

iracyanne.uhlmann@gmail.com

Carlos Americo de Souza Silva (ITEGAM)

camericoss@hotmail.com

Djonathan Luiz de Oliveira (UFSC)

djow.contato@gmail.com

Enzo Morosini Frazzon (UFSC)

enzo.frazzon@gmail.com

Linhas de produção paradas representam perda de capacidade, perda de eficiência, desperdício. Manutenções corretivas são manutenções não programadas para correção de um processo que deveria estar funcionando. O objetivo deste artigo é apresentar uma proposta de aplicação da ferramenta Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance - TPM) para redução nos tempos de parada de manutenção corretiva de uma máquina impressora de pasta de solda em um processo de Surface Mount Technology (SMT). A pesquisa foi aplicada em uma empresa multinacional do Polo Industrial de Manaus (PIM). A metodologia de estudo de caso foi usada, orientada pela ferramenta Define, Measure, Analyze, Improve, Control (DMAIC), os

parâmetros de medição foram construídos pela coleta de dados de tempos de parada da máquina printer para realização de manutenções corretivas no processo produtivo estudado. Ao final do estudo, o resultado foi alcançado: média de tempo gasto com manutenção corretiva da máquina impressora de pasta de solda foi reduzida de 84,23 para 19,27 minutos.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total, Total Productive Maintenance, TPM, Impressora de solda, Printer, Lean Manufacturing.

1. Introdução

Uma frase popular afirma que “tempo é dinheiro”, nas indústrias tempo parado de máquina é tempo que não se ganha dinheiro. As empresas buscam as alternativas possíveis para manter seus processos funcionando com a capacidade máxima de utilização (UHLMANN; LEITE; SOUZA, 2015). Desta forma, o *Lean Manufacturing* é utilizado como estratégia de negócios por diversas empresas ocidentais, em busca de efetividade em suas operações.

Muitas organizações têm definido a implementação do *Lean Six Sigma* como uma das suas diretrizes. “O *Lean Six Sigma* surgiu da união de duas abordagens de gestão conhecidas como *Lean Production*, desenvolvida com base no *Toyota Production System (TPS)*, e o *Six Sigma* desenvolvido pela empresa Motorola” (JUNIOR; CALARGE, 2013).

Total Productive Maintenance (TPM) é uma das ferramentas empregadas na filosofia *lean manufacturing*. No intuito de alcançar um desempenho de classe mundial, mais empresas estão alterando suas estratégias de manutenção, aplicando entre outras, a ferramenta TPM (SWANSON, 2001).

Nesse contexto, este artigo aborda um estudo de caso sobre a aplicação do TPM em uma máquina impressora de pasta de solda (*printer*) em um processo de *Surface Mount Technolgy (SMT)*, estando inserido na Gestão da Produção, na subárea Gestão da Manutenção, buscando responder a questão: qual o impacto da aplicação do TPM em uma máquina impressora de pasta solda? Logo, o objetivo é apresentar uma proposta de aplicação do TPM em uma *printer* para redução nos tempos de parada para manutenção corretiva.

Para direcionar este estudo foi usada a metodologia *Define, Measure, Analyze, Improve and Control (DMAIC)*, amplamente utilizada no desenvolvimento de projetos *Six Sigma*. Após a definição do problema, mediu-se a situação, analisaram-se as possíveis causas, tomaram-se ações de melhoria para eliminação destas e, finalmente, estabeleceram-se parâmetros para controlar a situação de forma que a condição anterior à melhoria não retornasse.

Esta pesquisa se justifica necessária por abordar um tema atual de relevância para indústria com muitas oportunidades de aplicação em diferentes equipamentos e processos. A proposta

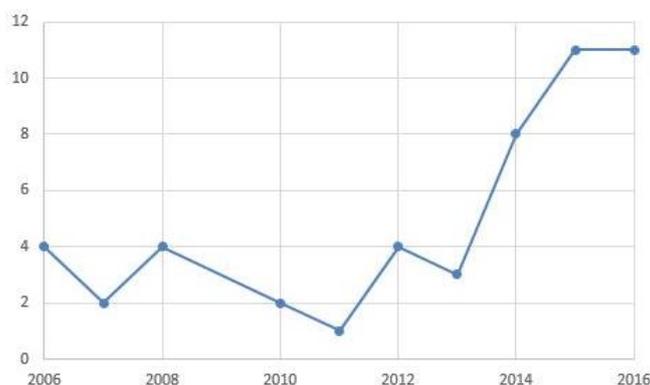
apresentada foi reconhecida pelos colaboradores e gestores, podendo ser aplicada em outras organizações industriais, contribuindo para multiplicação do conhecimento, melhorando o desempenho da máquina, ganhos financeiros e satisfação moral do time.

2. Referencial teórico

2.1. Estado da arte

O Gráfico 1 mostra o avanço no número de publicações presentes na literatura envolvendo o tema estudado. Nota-se um forte aumento nos títulos lançados, tendo um crescimento relevante desde 2011, atingindo o pico em 2015, mantendo a quantia de 11 *papers* em 2016.

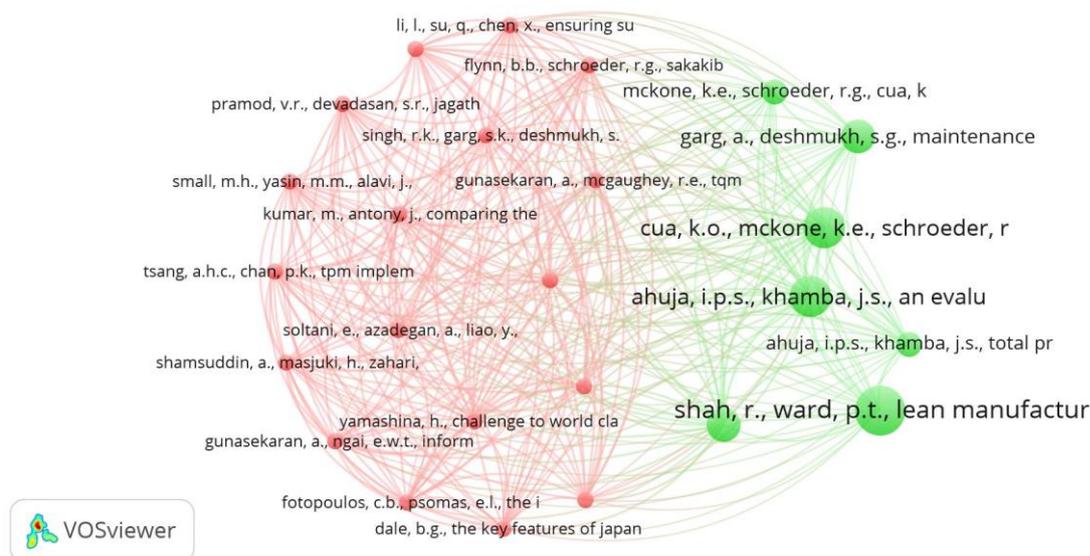
Gráfico 1 - Publicações ao longo dos anos



Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 1 são ilustrados os artigos com maior nível de cocitação.

Figura 1 – Cocitação de documentos



Fonte: Elaborado pelos autores

É possível identificar a presença de dois *clusters*, o verde e o vermelho:

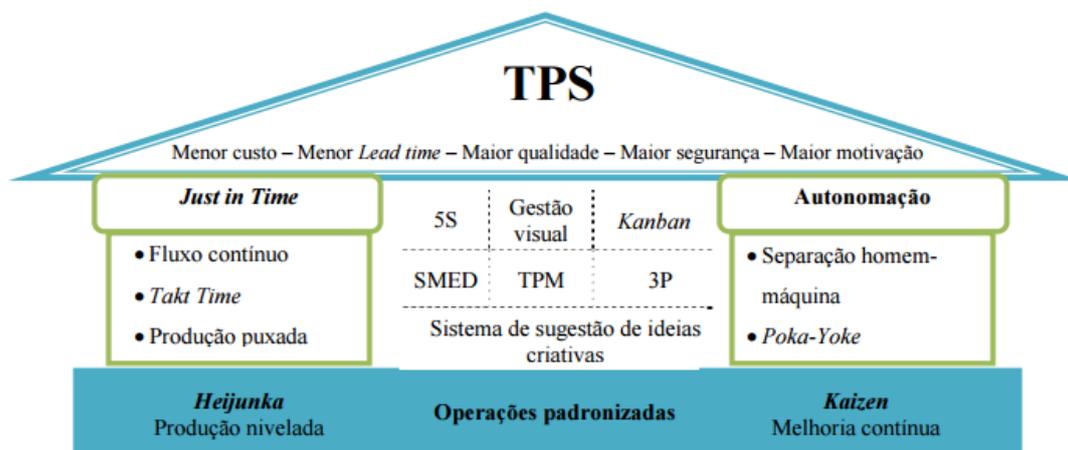
- Analisando o *cluster* Verde, os artigos mais relevantes são os apresentados por Ahuja e Khamba (2007), Cua, Mckone e Schroeder (2001), Garg e Deshmukh (2006), Singh *et al.* (2013) e Shah e Ward (2003). As principais contribuições do *cluster* são na utilização do TPM e no desempenho dos processos produtivos;
- Analisando o *cluster* Vermelho, artigos tais como os trabalhos de Kumar e Antony (2008), Gunasekaran e Mcgaughey (2003), Fotopoulos e Psomas, (2009) e Flynn, Schroeder e Sakakibara (1994) recebem destaque. A principal marca deste grupo é a pesquisa sobre *Total Quality Management* (TQM), estudam metodologias e contribuições na gestão da qualidade.

2.2. Lean manufacturing

Originário da *Toyota Motor Corporation*, o *Lean* é considerado como uma alternativa radical para o método tradicional de produção em massa e um conjunto de princípios para maximizar eficiência operacional, qualidade, velocidade e custo (HOLWEG, 2007).

A fim de ilustrar melhor os fundamentos do *Lean*, algumas ferramentas foram organizadas em um esquema chamado "A casa do TPS", ilustrado na Figura 2, na qual nota-se que o TPM é um dos cômodos, contribuindo diretamente para o funcionamento adequado do *Lean Manufacturing*.

Figura 2 - Modelo simplificado para o TPS



Fonte: Gonçalves (2009)

2.3. Total productive maintenance (TPM)

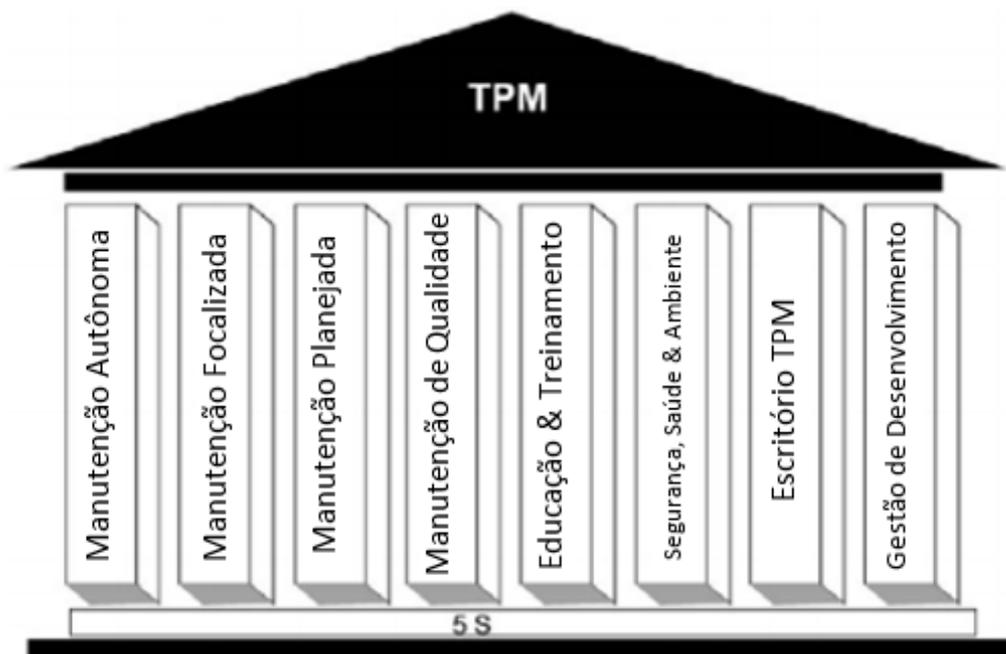
TPM é um conceito ou filosofia japonesa, o qual tem sido desenvolvido nas metodologias e conceitos da manutenção produtiva. Foi introduzido pioneiramente por *M/s Nippon Denso Co. Ltd.*, um fornecedor da *M/s Toyota Motor Company*, (ambas japonesas), em 1971 (BHADURY, 2000).

Ele é um sistema de manutenção e reparo de produção no qual todos os colaboradores de todas as equipes participam. Esse sistema é constituído geralmente por manutenção de equipamentos, manutenção preventiva, melhoria de manutenção e manutenção posterior (LI; LIU, 2010). De acordo com Nhlabathi e Kholopane (2013), TPM aborda o conceito de que a

produtividade pode ser melhorada se os trabalhadores realizam inspeções diárias, lubrificação, troca de peças, reparação, resolução de problemas, *checks* de acuracidade, etc., em seu próprio equipamento. A finalidade é alcançar a meta de "manter seu próprio equipamento em boas condições por si mesmo". Ele direciona as manutenções planejada e autônoma. O objetivo de qualquer programa de TPM é melhorar a produtividade e a qualidade com a moral do funcionário aumentada e a satisfação no trabalho.

Ahuja e Khamba (2008), resumiram os oito pilares do TPM como mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Pilares do TPM



Fonte: Ahuja e Khamba (2008)

Um resumo das definições de Singh *et al.* (2013) sobre alguns pilares é apresentado a seguir:

- Manutenção Autônoma: se os operadores cuidarem de pequenas tarefas de manutenção isso liberará os funcionários especializados em manutenção para se concentrarem em atividades de maior valor agregado e reparos técnicos;
- Manutenção Planejada: Tem a finalidade de ter máquinas e equipamentos sem problemas, sem qualquer quebra e produzindo produtos com nível de qualidade total;

- Manutenção de Qualidade: É voltada para a satisfação do cliente através da entrega de produtos de mais alta qualidade. Por meio de foco em melhorias para eliminação de defeitos depois da identificação dos parâmetros das máquinas que afetam a qualidade do produto;
- Educação & Treinamento: A melhoria contínua só é possível através da melhoria contínua de conhecimentos e habilidades das pessoas em todos os diferentes níveis;
- Segurança, Saúde & Ambiente: Criar um ambiente de trabalho seguro que não seja danificado pelo processo ou procedimentos. A importância extrema da segurança é do gerente da planta, o departamento de segurança cuida das funções relacionadas com a segurança;
- Escritório TPM: Usados para melhorar a produtividade e a eficiência das funções administrativas, incluindo análise de processos e procedimentos que podem ser automatizados.

2.4. Aplicadora ou impressora de pasta de solda (*printer DEK*)

Silva e Santos (2010) definiram a impressora de pasta de solda como:

Responsável por depositar pasta de solda sobre as áreas de soldagem dos componentes na placa de circuito impresso (PCI). Possui comando automático para alimentação da próxima máquina com execução da operação principal, assim como, solicita abastecimento para a máquina anterior. Está equipada com leituras automáticas de posicionamento, para garantir a aplicação da pasta de solda de forma correta e sensores de monitoramento de presença e contagem de produtos, com programação de limite de quantidade. Possui inspeção de presença e forma da aplicação da pasta, conforme padrão de qualidade programado, e limpeza automática, em intervalos regulares, da área de aplicação. Dotada de isolamento das partes móveis para o operador, travamento das portas quando em operação e sensores de abertura de portas com bloqueio automático de execução da operação do equipamento. Também, recurso de controle automático de luzes internas e controle automático de acionamento do transportador via reconhecimento de presença ou não da PCI. A intervenção do operador é necessária para o *start* do processo, completar o depósito de pasta de solda (em intervalos regulares) ou atender a anormalidades sinalizadas via *andon*.

2.5. Estudos correlatos

Chang-Chung e Ping-Chen (2001) estudaram várias empresas ganhadoras do prêmio TPM Japão, apresentando três casos, atestando uma forte relação de causa-efeito entre TPM e vantagens competitivas, porque pode mudar a mentalidade dos colaboradores, atualizar as capacidades dos funcionários e guiar para excelência em produtividade.

Swanson (2001) relata um estudo da relação entre as estratégias de manutenção e o desempenho, baseado em pesquisas com gerentes de planta e de manutenção, mostrando uma forte e positiva relação entre estratégias de manutenção proativa e agressiva com o desempenho dos resultados.

Chan *et al.* (2005) estudaram a efetividade e implementação do programa TPM em uma indústria de manufatura eletrônica, tendo atingidos os benefícios tangíveis e intangíveis para os equipamentos e funcionários. A produtividade aumentou cerca de 83%. Equipamento parado reduziu de 517 para 89 vezes.

Jain, Bhatti e Singh contam com duas obras importantes, publicadas em 2014 e 2015. A primeira é uma revisão de literatura com as práticas adotadas, como resultado, entendeu-se que as pequenas e médias empresas devem mudar suas estratégias de manutenção seguindo a competição global, incluindo o TPM. A segunda publicação teve como objetivo a introdução da manutenção móvel como um novo conceito de TPM, sendo uma implementação prática nas empresas de pequena e média escalas na Índia, aprimorando *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e, conseqüentemente, melhorando a competitividade no mercado globalizado.

3. Procedimentos metodológicos

3.1. Bibliometria

O objetivo dessa etapa foi de entender o estado da literatura do tema estudado. Foi utilizada a base de dados *Scopus*, devido a sua abrangência de títulos e periódicos influentes no mundo acadêmico. Os parâmetros de pesquisa são mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Parâmetros da pesquisa

Palavras-chave	<i>Total Productive Maintenance, Lean</i>
Áreas	<i>Engineering, Business, Management and Accounting e Decision Sciences</i>
Tipo	Artigos

Fonte: Elaborado pelos autores

Obteve-se 60 artigos, resultando em duas análises:

- Publicações ao longo dos anos: compreensão sobre o nível de publicações e o seu avanço no decorrer do tempo;
- Análise de Cocitações: através de figuras formadas pelo *software VOSviewer* (ECK; WALTMAN, 2010), identificou-se *clusters* de pesquisas.

“Os estudos de análise de cocitação são baseados na coocorrência de citação de dois autores ou documentos na produção científica e evidenciam a estrutura de conhecimento de uma determinada área, segundo a percepção da comunidade citante.”(GRÁCIO; OLIVEIRA, 2013). Desta forma, analisar a cocitação de autores identifica a relação entre artigos, bem como áreas de estudo em destaque.

Através dessa análise selecionaram-se artigos valiosos no mundo acadêmico, os quais, em conjunto com outros encontrados fora desta metodologia, formaram o referencial teórico para aplicação da ferramenta TPM.

3.2. Objeto de estudo

Esta pesquisa foi aplicada na filial de uma empresa multinacional, fabricante de produtos eletroeletrônicos no setor de serviços de manufatura, situada no Polo Industrial de Manaus, a

qual disponibiliza para seus clientes um completo leque de serviços, incluindo elaboração de projetos, gerenciamento de materiais, fabricação, execução de testes, montagem de sistemas e pronto atendimento de seus pedidos, oferecendo, para cada um, soluções sob medida.

Escolheu-se o processo de SMT da unidade de negócio que produz placas de *set top box*, mais especificamente a máquina *printer* (DEK) da linha com maior volume de produção. Esta máquina era responsável pelos maiores tempos de parada para manutenção corretiva.

3.3. Definição do time

“Cultura” foi destacada como o principal obstáculo para o sucesso da implementação do TPM; outras são: a carência de conscientização sobre as vantagens do programa, pouca habilidade dos colaboradores e alto custo (ASPINWALL; ELGHARIB, 2013).

Além das técnicas, ferramentas e processos *lean manufacturing*, se o objetivo é alcançar o mesmo nível de eficiência operacional, tem que se concentrar na cultura corporativa, treinamento de funcionários, e estilo de gerenciamento participativo dedicado baseado na confiança em consideração dos colaboradores. (AUDENINO, 2012). Seria impossível desenvolver um projeto como este sem o envolvimento de pessoas, gente é o principal recurso para aplicação de qualquer uma das ferramentas *lean* (UHLMANN, 2015).

Este evento foi liderado pela Engenharia de Manufatura em conjunto com a Manutenção, tendo a participação dos demais departamentos relacionados ao assunto. O time definiu atividades de manutenção autônoma e os operadores de SMT foram treinados. No intuito de padronizar e garantir que as melhorias se sustentem ao longo do tempo, a Instrução para Manutenção Autônoma, ilustrada no Apêndice A, foi criada.

3.4. Estudo de caso orientado pelo DMAIC

Muitos dos conceitos inovadores e das teorias no gerenciamento de operações, desde produção *lean* até estratégia de manufatura, têm sido desenvolvidos por meio de pesquisa de

caso em campo, enriquecendo não somente a teoria, mas também os próprios pesquisadores (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

De acordo com Yin (2001): "O estudo de caso é a estratégia escolhida ao se examinarem acontecimentos contemporâneos, mas quando não se podem manipular comportamentos relevantes, [...] acrescenta duas fontes de evidências [...]: observação direta dos acontecimentos que estão sendo estudados e entrevistas das pessoas neles envolvidas".

A abordagem DMAIC do *Six Sigma* é uma ferramenta que funciona como um filtro para passar de um problema complexo com variáveis não controladas para uma situação onde a qualidade é controlada. Este método segue cinco passos necessários para obter resultados confiáveis: Definir, Medir, Analisar, Melhorar ou Inovar e Controlar ou Checar (YOUSSOUF; RACHID; ION, 2014). O Quadro 2 mostra o resumo:

Quadro 2 - Visão Geral do DMAIC

D	Definir os objetivos da atividade de melhoria e incorporá-los em um Termo de Abertura do Projeto. Obter patrocínio e reunir a equipe.
M	Medir o sistema existente. Estabelecer indicadores válidos e confiáveis para ajudar a monitorar o progresso em direção aos objetivos definidos na etapa anterior.
A	Analisar o sistema para identificar formas de eliminar a lacuna entre o desempenho atual do sistema ou processo e o objetivo desejado.
I	Melhorar o sistema. Seja criativo para encontrar novas maneiras de fazer com que as coisas fiquem melhores, mais baratas ou mais rápidas.
C	Controlar o novo sistema. Institucionalize o sistema melhorado através da modificação dos sistemas de recompensa e incentivo, procedimentos, instruções de operação e outros sistemas de gerenciamento.

Fonte: Adaptado de Pyzdek e Keller (2014)

Esse trabalho foi construído pela observação direta dos acontecimentos e entrevistas com os envolvidos, além da coleta de dados. Usamos o método do estudo de caso com dados quantitativos, orientado pelo uso da ferramenta DMAIC.

4. Estudo de caso

4.1. Definir

Por meio do acompanhamento da métrica de *downtime* (parada de linha) e dos comentários apresentados nas reuniões diárias de produção. O time foi desafiado a reduzir a média dos tempos gastos com manutenções corretivas na DEK de 84 minutos para 20 minutos, com a capacitação dos colaboradores de linha para execução da manutenção autônoma diária.

4.2. Medir

O Quadro 3 mostra os parâmetros usados nesse estudo:

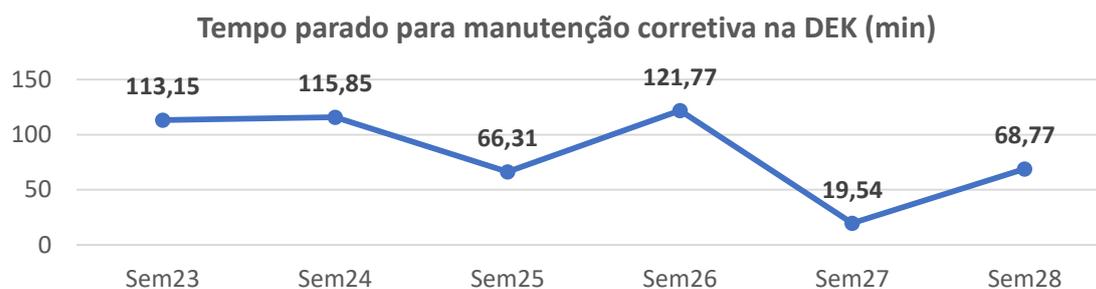
Quadro 3 - Análise do sistema de medição & Base de desempenho

Parâmetros de Qualidade	Reduzir o tempo gasto em manutenções corretivas na DEK	
Coleta de Dados	Sistema de Apontamento de Produção	
Análise de Dados	Parâmetros	Parada de linha para manutenção corretiva na DEK (min) = Tempo em minutos de máquina parada para realização de manutenção corretiva na DEK.
	Meta	Tempo de manutenção corretiva na DEK ≤ 20 min
	Riscos Identificados	Desperdício: tempo de espera.

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa

O Gráfico 2 ilustra o tempo gasto com manutenção corretiva realizada na DEK entre as semanas 23 e 28.

Gráfico 2 - Tempo de manutenção corretiva na DEK (fase medir)



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa

Com base nos dados do Gráfico 2 e seguindo as orientações de Samohyl (2009), temos:

$$\text{Máximo} = 121,77 \text{ minutos}$$

$$\text{Média} = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

$$\text{Média} = 84,23 \text{ minutos}$$

$$\text{Mediana} = 90,96 \text{ minutos}$$

$$\text{Mínimo} = 19,54 \text{ minutos}$$

$$\text{Amplitude total} = \text{máximo} - \text{mínimo} \quad (2)$$

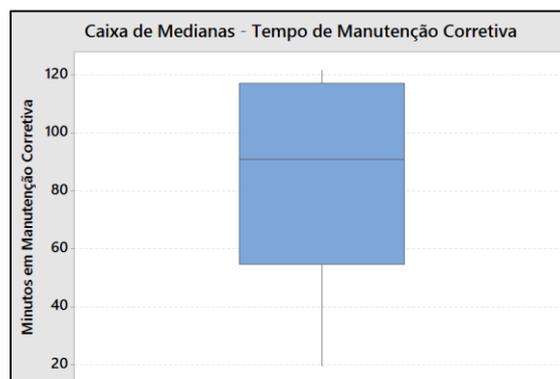
$$\text{Amplitude total} = 102,23 \text{ minutos}$$

$$\text{Desvio padrão} = S_x = \sqrt{S_x^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

$$\text{Desvio padrão} = 39,98 \text{ minutos}$$

Com a ajuda do *software Minitab*, os dados do Gráfico 2 foram usados na caixa de medianas (*boxplot*), mostrado na Figura 4, em que notamos largos quartis, tanto o inferior, quanto o superior.

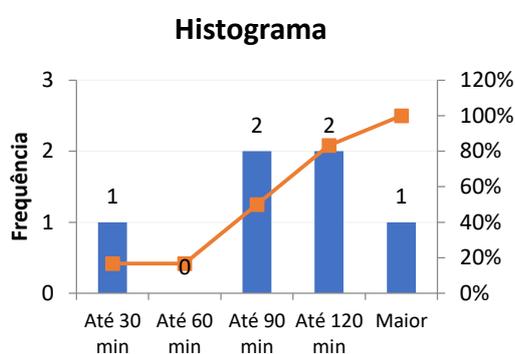
Figura 4 - Caixa de medianas de tempo de manutenção corretiva (min) (fase medir)



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa

No Gráfico 3 podemos ver os dados do Gráfico 2 em histograma, mostrando visualmente que a maioria dos tempos de manutenção corretiva concentrou-se entre 60 e 120 minutos.

Gráfico 3 - Histograma de tempo de manutenção corretiva na DEK (min) (fase medir)

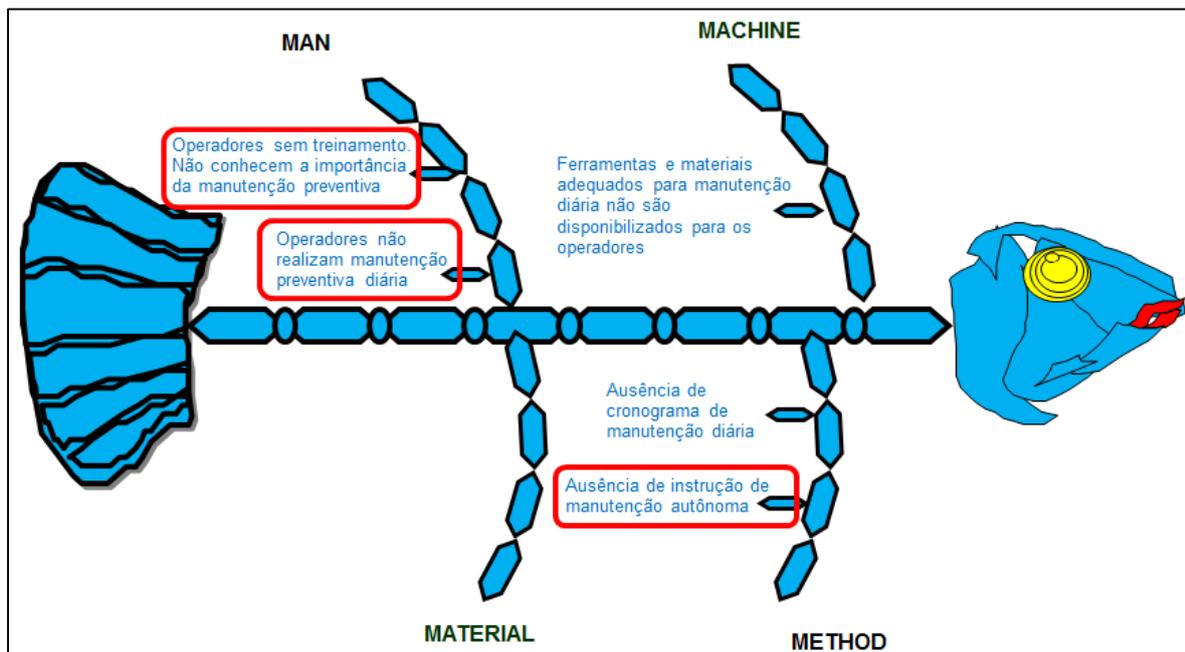


Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa.

4.3. Analisar

Para determinar as causas raízes potenciais para o tempo gasto com manutenção corretiva, usou-se o diagrama de *Ishikawa*, o qual determinou três causas principais, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Diagrama de *ishikawa*



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa

O time analisou a contribuição de cada causa. O Quadro 4 ilustra o resumo dessa etapa.

Quadro 4 - Resumo da análise

Causa raiz	Contribuição da causa para o problema	Como esta causa foi validada
Operadores não realizam manutenção preventiva diária	Tempo de parada de máquina para realização de manutenção corretiva.	Sistema de Apontamento de Produção
Operadores sem treinamento. Não conhecem a importância da manutenção preventiva	Falta de habilidade em solucionar problemas simples. Necessidade de acionar equipe de manutenção para qualquer dificuldade.	Sistema de Apontamento de Produção
Ausência de instrução de manutenção autônoma	Operadores não tem um guia para manutenções preventivas.	Sistema de Controle de Documentos

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa

4.4. Melhorar

Para cada causa listada foram realizadas ações de melhorias, conforme mostrado no Quadro 5.

Quadro 5 - Resumo das melhorias

Causa Raiz	Solução	Piloto / Simulação de Resultados
Operadores não realizam manutenção preventiva diária	Cronograma de manutenção diária.	Execução de manutenção preventiva em todos os dias trabalhados.
Operadores sem treinamento. Não conhecem a importância da manutenção preventiva	Evento <i>kaizen</i> : TPM Visão geral TPM Manutenção Autônoma Indicadores de desempenho <i>Gemba</i> : <i>Kaizens</i> com foco em TPM <i>Gemba</i> : Verificar aplicação dos requerimentos <i>Gemba</i> : Praticar o plano piloto	Time treinado
Ausência de instrução de manutenção autônoma	Criação da instrução de manutenção preventiva autônoma, mostrada Apêndice A.	Manutenção preventiva é executada de acordo com instrução

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa

4.5. Controlar

Acompanharam-se os resultados durante treze semanas, a partir da semana 29. Nota-se visualmente no Gráfico 4 que houve considerável redução no tempo gasto com manutenção corretiva na DEK.

Gráfico 4 - Tempo de manutenção corretiva na DEK (fase controlar)



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa.

Com base nos dados do Gráfico 4 e seguindo as orientações de Samohyl (2009), temos:

Máximo = 88,54 minutos

Média = 19,27 minutos

Mediana = 8 minutos

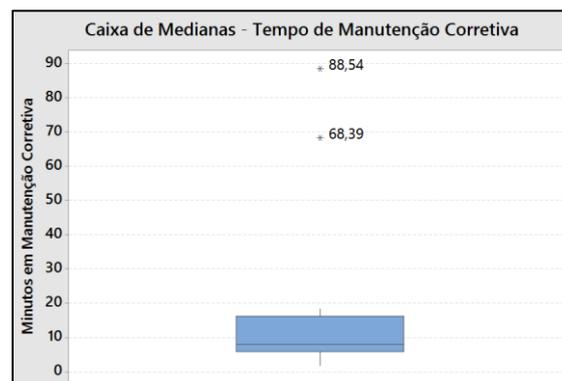
Mínimo = 1,85 minutos

Amplitude total = 86,69 minutos

Desviopadrão = 28,17 minutos

Também nesta etapa, com a ajuda do *software Minitab*, plotamos os dados do Gráfico 4 para termos a caixa de medianas (*boxplot*), mostrada na Figura 6. Aqui evidenciamos pontos (asteriscos) fora da caixa, os quais ocorreram logo no início dessa fase, com a prática da manutenção autônoma os valores medidos ficaram mais regulares. Também, Ainda que sejam assimétricos, percebe-se quartis mais estreitos, o que evidencia a estabilidade do processo.

Figura 6 - Caixa de medianas de tempo de manutenção corretiva (min) (fase controlar)

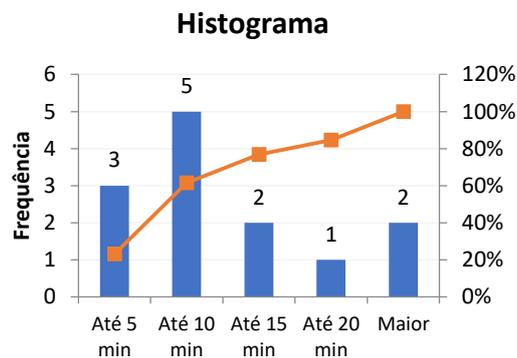


Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa

No Gráfico 5 podemos ver os dados do Gráfico 4 em histograma, mostrando visualmente que a maioria dos tempos de manutenção corretiva não ultrapassou 15 minutos. É importante

ênfatisar que o tempo mínimo antes da implementa o de melhorias era de 19,54 minutos, maior do que a maioria dos tempos registrados nessa fase.

Gráfico 5 - Histograma de tempo de manuten o corretiva na DEK (min) (fase controlar)



Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa

5. Discussões sobre estudos correlatos

Este artigo destaca-se dos demais por apresentar de forma prática o uso do TPM em uma máquina impressora de pasta de solda, a qual não possui operador dedicado e tinha sua manuten o executada exclusivamente por técnicos especializados. Com o evento TPM, os operadores de SMT foram orientados a realizar manuten es diárias simples, as quais contribuiram para melhoria do desempenho da máquina.

As pesquisas de Chang-Chung e Ping-Chen (2001), Swanson (2001) e Chan *et al.* (2005), trataram sobre a análise de projetos de melhoria do desempenho de empresas que implementaram o TPM, as vantagens competitivas e suas complexidades. No estudo aqui apresentado, confirmou-se a melhoria do desempenho no indicador de *down time*, além dos ganhos financeiros e satisfa o moral dos funcionários.

Os estudos de Jain, Bhatti e Singh (2014 e 2015), trabalharam na revisão literária dos conceitos, nas dificuldades de implementa o e até em uma nova proposta de atualiza o da

casa TPM, diferente desta pesquisa, a qual apresenta uma aplicação prática de conceitos já definidos.

6. Considerações finais

Os resultados obtidos nesse estudo demonstram que o objetivo da aplicação da TPM em uma máquina impressora de pasta de solda em um processo de SMT contribuiu para redução nos tempos de parada para manutenção corretiva. A cultura *lean* e conceitos TPM foram disseminados, o time entende a importância da manutenção autônoma e sabe como executá-la. A média de tempo gasto com manutenção corretiva da DEK foi reduzida de 84,23 para 19,27 minutos, sendo o ganho financeiro anual de \$ 33.928. Este efeito foi mantido pela criação da instrução de manutenção preventiva diária na DEK, evitando que a condição anterior a melhoria volte.

Foi nessa ocasião que o conceito TPM foi aplicado pela primeira vez na fábrica estudada, onde, devido ao sucesso do projeto, foi rapidamente disseminado entre os colaboradores por todas as linhas instaladas. Essa divulgação contribuiu para multiplicação do estudo, sendo relevante para aplicação em diversas outras organizações industriais.

Como recomendações para trabalhos futuros, ficam as seguintes sugestões:

- Aplicação dessa metodologia para outros tipos de processos: máquinas *Through Hole Technology* (THT), equipamentos de teste e demais tipos de indústrias (metalurgia, injeção plástica e outros);
- Adotar diferentes metodologias, além do DMAIC aqui utilizado.

Referências

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. An evaluation of TPM implementation initiatives in an Indian manufacturing enterprise. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, 2007. v. 13, n. 4, p. 338–352.

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. Total productive maintenance: literature review and directions. **International**

Journal of Quality & Reliability Management, 2008. v. 25, n. 7, p. 709–756.

ASPINWALL, E.; ELGHARIB, M. TPM implementation in large and medium size organisations. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2013. v. 24, n. 5, p. 688–710.

AUDENINO, A. Kaizen and Lean management autonomy and self-orientation, potentiality and reality... **Communications, Computing and Control Applications (CCCA), IEEE Conference publications**, 2012. p. 1–6.

BHADURY, B. Management of productivity through TPM. **Productivity**, 2000. v. 41, n. 2, p. 240–251.

CHAN, F. T. S. *et al.* Implementation of total productive maintenance: A case study. **International Journal of Production Economics**, 2005. v. 95, n. 1, p. 71–94.

CHANG-CHUNG, L.; PING-CHEN, T. Cases studies on Total Productive Management and Competitive Advantages. **The Asian Journal on Quality**, 2001. v. 2, n. 1, p. 106–116.

CUA, K. O.; MCKONE, K. E.; SCHROEDER, R. G. Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. **Journal of Operations Management**, 2001. v. 19, n. 6, p. 675–694.

ECK, N. J. Van; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, 2010. v. 84, n. 2, p. 523–538.

FLYNN, B. B.; SCHROEDER, R. G.; SAKAKIBARA, S. A framework for quality management research and an associated measurement instrument. **Journal of Operations Management**, 1994. v. 11, n. 4, p. 339–366.

FOTOPOULOS, C. B.; PSOMAS, E. L. The impact of “soft” and “hard” TQM elements on quality management results. **International Journal of Quality & Reliability Management**, 2009. v. 26, n. 2, p. 150–163.

GARG, A.; DESHMUKH, S. G. Maintenance management: literature review and directions. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, 2006. v. 12, n. 3, p. 205–238.

GONÇALVES, W. K. F. **Utilização de Técnicas Lean e Just in Time na Gestão de Empreendimentos e Obras**. IFT, 2009.

GRÁCIO, M. C. C.; OLIVEIRA, E. F. T. De. Estudos De Análise De Cocitação De Autores: Uma Abordagem Teórico-Methodológica Para a Compreensão De Um Domínio. Florianópolis: XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (ENANCIB 2013), 2013. p. 1–20.

GUNASEKARAN, A.; MCGAUGHEY, R. E. TQM in supply chain management. **The TQM Magazine**, 2003. v. 15, n. 6, p. 361–363.

HOLWEG, M. The genealogy of Lean Production. **journal of Operations Management**, 2007. v. 5, n. 6, p. 420–437.

JAIN, A.; BHATTI, R. S.; SINGH, H. OEE enhancement in SMEs through mobile maintenance: a TPM concept. **International Journal of Quality & Reliability Management**, 2015. v. 32, n. 5, p. 503–516.

JAIN, A.; BHATTI, R.; SINGH, H. Total productive maintenance (TPM) implementation practice: A literature review and directions. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2014. v. 5, n. 3, p. 293–323.

JUNIOR, M. L.; CALARGE, F. A. A Abordagem Do Lean Six Sigma No Desenvolvimento De Fornecedores : Uma Análise No Setor de Eletrodomésticos. **XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2013.

KUMAR, M.; ANTONY, J. Comparing the quality management practices in UK SMEs. **Industrial Management & Data Systems**, 2008. v. 108, n. 9, p. 1153–1166.

LI, Y. B.; LIU, S. X. Application of TPM in site continuous improvement. **Proceedings of the International Conference on E-Business and E-Government, ICEE 2010**, 2010. p. 2661–2663.

NHLABATHI, G. S.; KHOLOPANE, P. Using manufacturing kaizen to improve a manufacturing process. **2013 Proceedings of PICMET '13: Technology Management for Emerging Technologies**, 2013. p. 1680–1687.

PYZDEK, T.; KELLER, P. A. **The Six Sigma handbook**. .: McGraw-Hill Education, 2014.

SAMOHYL, R. W. **Controle Estatístico da Qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. **Journal of**

Operations Management, 2003. v. 21, n. 2, p. 129–149.

SILVA, M. G. Da; SANTOS, A. R. Dos. Conceitos E Práticas Da Automação Em Uma Empresa Eletrônica Brasileira : Um Estudo de Caso. **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2010.

SINGH, R. *et al.* Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. **Procedia Engineering**, 2013. v. 51, n. NUICONE 2012, p. 592–599.

SWANSON, L. Linking maintenance strategies to performance. **Int. J. Production Economics**, 2001. v. 70, p. 237–244.

UHLMANN, I. R. **Aplicação De Ferramentas do Lean Manufacturing em um Processo de SMT**. Universidade Federal do Pará, 2015.

UHLMANN, I. R.; LEITE, J. C.; SOUZA, J. A. Da S. Aplicação de SMED em um processo SMT: **Sodebras**, 2015. v. 10, n. 119, p. 69–74.

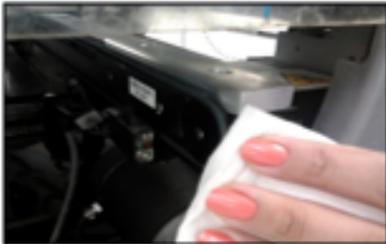
VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Management ProductionManagement**, 2002. v. 22, n. 2, p. 195–219.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e método**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YOUSSEUF, A.; RACHID, C.; ION, V. Contribution to the Optimization of Strategy of Maintenance by Lean Six Sigma. **Physics Procedia**, 2014. v. 55, p. 512–518.



Apêndice A - Instrução para Manutenção Autônoma DEK

Equipamento: Máquina Impressora de Pasta de Solda (<i>Printer</i>)					
Ferramentas: espátula, pano de limpeza, álcool.					
Nº	Local	Condição Padrão	Descrição detalhada da atividade	Tempo	Ilustração
1	DEK (interno)	Isento de poeiras ou resíduos	Remover qualquer resíduo da área superior da mesa da DEK.	47"	
2	DEK (externo)	Isento de poeiras ou resíduos	Remover qualquer resíduo da superfície externa da máquina e limpe.	4'	
3	DEK (interno)	Isento de poeiras ou resíduos	Inspeção os trilhos de rolamentos: a. <i>Conveyors</i> b. Trilho do dispensador de pasta c. Limpeza dos covers do <i>squeeges head</i> .	01'03"	
4	DEK (interno)	Isento de poeiras ou resíduos	Limpar os sensores de entrada e saída.	21"	
5	DEK (interno)	Isento de poeiras ou resíduos	Limpeza da lâmina do <i>board clamp</i>	41"	



Fonte: Elaborado pelos participantes do evento TPM