

ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DO TPM EM MÁQUINA DE CORTE A LASER TRUMPF

Guido de Almeida Junior¹

Osmar Cesar Junior²

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é o estudo da técnica de gestão de manutenção e a implementação de um plano de manutenção baseado no TPM (manutenção produtiva total) para máquinas de corte a laser do fabricante TRUMPF a fim de melhorar sua produtividade e diminuir os custos com manutenção corretiva. Foi verificado o histórico de falhas das máquinas e os manuais das máquinas e foi utilizado a ferramenta FMEA a fim de definir os pontos a serem inspecionados na manutenção autônoma. Após efetivamente implantado a manutenção autônoma nas máquinas de corte a laser foi feito um comparativo dos indicadores de performance das máquinas e visto que foi satisfatório a implantação do TPM aumentando significativamente a disponibilidade de máquina e diminuindo drasticamente os custos com manutenção corretiva nas máquinas de corte a laser do fabricante TRUMPF.

Palavras Chaves: TPM. Corte a Laser TRUMPF.

¹ Graduado em Engenharia Mecânica pela FAE Centro Universitário. *E-mail:* guidojr87@gmail.com.br

² Graduado em Administração de Empresas. Mestre em Engenharia de Produção. Tem Especialização em Administração de Empresas. Professor da FAE Centro Universitário. Leciona a disciplina de Logística e Empreendedorismo. *E-mail:* osmar.junior@fae.edu

INTRODUÇÃO

Com a globalização grandes transformações vêm acontecendo nas indústrias, principalmente no Brasil, que concentra um grande mercado consumista e que infelizmente nos últimos anos está estagnado e até retraiu sua economia, desafiando ainda mais as indústrias a criar formas de garantir o futuro das nossas organizações.

Sabendo disso, que é proposto nesse trabalho um estudo das técnicas da gestão de manutenção e a implementação de um plano de manutenção baseado no TPM (manutenção produtiva total) para uma máquina de corte a laser do fabricante TRUMPF a fim de melhorar sua produtividade e diminuir custos.

Para este fim foram analisados os resultados ao decorrer da implantação do TPM em cinco máquinas de corte a laser TRUMPF de uma fábrica metalúrgica que atua no setor automotivo desde 1975, fornecendo peças e conjunto montados para as principais fabricantes de caminhões, ônibus e máquinas agrícolas do país como a Scania, Volvo do Brasil, Mercedes Benz, CNH Industrial, Caterpillar, John Deere, AGCO etc.

1 TEMA

O corte de chapas de aço de é executado por uma máquina de corte a laser, que executa o trabalho com precisão e qualidade, sendo máquina chave para o processo, porém o custo que se tem com manutenção corretiva e de mão de obra especializada são altos. Sendo assim, se faz necessário a implementação de um sistema eficaz de manutenção, então esta sendo implementado o modelo da TPM, os quais poderão resultar numa melhoria significativa nos resultados obtidos, a empresa possui um quadro de pessoal para atividades de manutenção, mas anteriormente nenhuma técnica de gestão da manutenção é aplicada, sendo o foco das técnicas a manutenção corretiva não planejada.

Espera-se com a implantação das técnicas de gestão da manutenção baseado no TPM mudar o foco para uma manutenção autônoma dos operadores e preventiva da máquina TRUMPF de corte a laser da empresa Magius Metalúrgica Industrial S.A localizada em São José dos Pinhais estado do Paraná.

2 DELIMITAÇÃO

- a) Objeto do Estudo: Máquina de corte a laser do fabricante Trumpf.
- b) Lugar: empresa Magius Metalúrgica Industrial S.A. Estado do Paraná, São José dos Pinhais.
- c) Tempo: Março a Novembro de 2016.

3 PROBLEMA

Baixa disponibilidade de equipamento de máquina de corte a laser, altos custos de manutenção corretiva com terceiros e à falta de técnicas de gestão de manutenção, com foco na manutenção autônoma e preventiva.

4 HIPÓTESE

É possível com a implantação e execução sistêmica das diretrizes da metodologia do TPM no departamento de manutenção industrial, atingir o objetivo de reduzir as falhas, aumentar a disponibilidade e diminuir os custos em cinco máquinas chaves de processo de corte a laser do fabricante Trumpf.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVOS GERAIS

Implantar as diretrizes da metodologia do TPM no departamento de gestão da manutenção industrial, para reduzir as falhas e custos com manutenção corretiva nas máquinas de corte a laser.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a metodologia do TPM, para o departamento de corte a laser;
- Implantar a manutenção autônoma nas máquinas de corte a laser TRUMPF, no qual os operadores serão responsáveis por pequenos reparos, ajustes, troca de filtros, e limpeza;
- Analisar os resultados obtidos e sua eficácia após a implantação da manutenção autônoma no departamento de corte a laser.

6 JUSTIFICATIVA

A falta de execução de um plano de manutenção autônoma nas máquinas de corte a laser diminuiu a produtividade devido ao tempo de máquina parada e gerou altos custos de manutenção corretiva, então para que haja significativa melhora na produção e diminuir os custos de manutenção corretiva foi adotada a implantação de um sistema de gestão da manutenção baseado nas técnicas do TPM. Para tal serão analisados os resultados obtidos ao decorrer da implantação do método consagrado como a TPM – *Total Productive Maintenance*, ou Manutenção Produtiva Total.

7 TPM OU MPT – MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

A manutenção produtiva total tende a ser um plano no qual a empresa vira a dispor de treinamentos para seus funcionários, sendo assim os mesmos estarão hábeis a realizar o processo de melhoria contínua dentro do ambiente da empresa (PEREIRA, 2011).

7.1 ORIGEM DA TPM

Segundo Pereira (2011, p. 28) as fábricas japonesas apenas adotavam o sistema de manutenção corretiva até antes de 1950, quando foi introduzida a manutenção preventiva criada nos Estados Unidos, onde a empresa Toa Nenryo Kogyo foi a primeira na aplicação da PM (*Preventive Maintenance*) começam então a tratar de manutenibilidade e confiabilidade na área da manutenção, com estes conceitos após 1970 surge a metodologia da TPM (Manutenção Produtiva Total), o qual além de funcionários especializados em manutenção também utiliza dos próprios operadores para realizar pequenos concertos, ou seja um sistema onde todos os funcionários tem uma participação na área de manutenção.

Buscando melhorar a qualidade de produtos e serviços, as empresas japonesas necessitavam deixar para trás o conceito de que apenas era necessário concertar após a quebra, para isso começaram a utilizar dos conceitos americanos para manutenção. A empresa Nippon Denso Co, do grupo Toyota foi a primeira a utilizar o conceito da TPM, onde se destacavam os grupos multidisciplinares, sendo até mesmo premiada pelo conceito de “Excelência em manutenção” (PEREIRA, 2011).

7.2 OS PILARES DO TPM

Segundo Pereira (2011, p. 31) os pilares são aqueles sobre os quais se constrói um plano de manutenção produtiva total, estes pilares buscam utilizar de todos os setores da corporação para atingir seus objetivos entre eles Lucratividade, Defeitos Zero ou Falha Zero, Estudos de Confiabilidade, Qualidade, Segurança e Meio Ambiente. Hoje também podemos incluir a TPM em áreas administrativas o Office.

FIGURA 1 – Pilares do TPM



FONTE: Corrêa (2007).

7.2.1 Pilar: Manutenção Autônoma (MA)

A MA é o pilar de início para um plano de TPM, é neste pilar que ocorre o treinamento dos funcionários para que estes comecem a cuidar de pequenas avarias na máquina ou serviço que está realizando sendo que caso não consiga resolver o problema é então que entra a manutenção profissional, desse modo ambas as manutenções (preventivas ou corretivas) trabalham com uma interagindo com a outra. O objetivo principal deste pilar é fazer com que os operadores realizem ações no trabalho que venham a contribuir em melhorias nos resultados na produção e gere um bem estar do funcionário em atuar no seu posto de trabalho. Desta maneira o funcionário devera

a ter um pensamento “Desta máquina cuido eu” em vez do pensamento “Eu produzo você concerta” (PEREIRA, 2011).

Na manutenção autônoma, Pereira (2011, p. 22) lista algumas das funções que um operário autônomo deve realizar sendo elas:

- Operação correta da máquina ou equipamento;
- Aplicação dos 5S ou 8S;
- Registro diário das ocorrências e ações;
- Inspeção autônoma;
- Monitoração com base nos seguintes sentidos humanos: visão, audição, olfato e tato;
- Lubrificação;
- Elaboração de padrões (procedimentos);
- Execução de regulagens simples;
- Execução de reparos simples;
- Execução de testes simples;
- Aplicação de manutenção preventiva simples;
- Preparação simples (*setup*);
- Participação em treinamentos e grupos de trabalho.

FIGURA 2 – Estrutura organizacional dentro da TPM



FONTE: Pereira (2011)

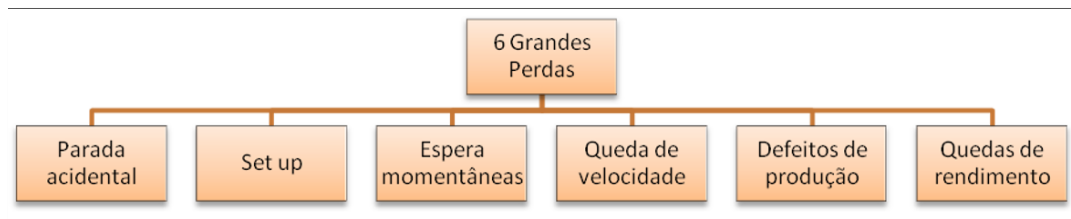
Dispondo de treinamentos para que estes funcionários consigam manusear ferramentas, realizar pequenos reparos e operar os equipamentos de maneira correta. O programa 5S e normas de qualidade e segurança também se encaixam nesse pilar, tornando-o essencial para a implementação do modelo da TPM (PEREIRA, 2011).

7.3 TPM: AS SEIS GRANDES PERDAS

As seis grandes perdas são agrupadas por Pereira (2011, p. 55) de forma que a empresa venha a lidar com todas elas em conjunto, e não apenas a primeira a qual

vem em grande número de empresas sendo a única direcionada a área da manutenção. Então a metodologia da TPM visa abrir a visão da empresa para que não olhem apenas para as quebras sem dar à mínima atenção as outras perdas.

FIGURA 3 – Seis grandes perdas



FONTE: Adaptado de Pereira (2011)

Estas perdas são:

1. Perdas por parada acidental

É a perda que está diretamente relacionada com a área da manutenção, sendo aquela em que ocorre a quebra da máquina e deve ser totalmente parada para que haja o conserto da mesma. Para combater esta perda deve-se utilizar de outros tipos de manutenção não apenas a corretiva, e também aplicar um treinamento para os operadores para realizarem pequenos consertos (PEREIRA, 2011).

2. Perdas por set up

É a perda que está relacionada com o ferramental da máquina que causa uma perda na performance, para combater esta perda devem-se treinar operadores, criar técnicas de troca rápida, quando se está adquirindo o equipamento deve se manter atento se este equipamento possui facilidades nos ajustes de ferramental (PEREIRA, 2011).

3. Perdas por espera momentâneas

Esta perda é menor que as outras, entretanto, se somadas diversas esperas momentâneas ultrapassam e muito as anteriores ocasionando em uma perda de rendimento da máquina. A prevenção desta perda pode ser feita através de algumas ações como análise da logística de materiais, análise de tempo excessivo no uso de instrumentos, identificar as causas e elaborar planos de ações para evitar as ocorrências (PEREIRA, 2011).

4. Perdas por queda de velocidade

Esta perda está relacionada diretamente com a velocidade do trabalho, ou seja, quando as máquinas operam mais lentamente seja por motivos de qualidade ou por alguma limitação técnica. Para combater esta perda podem-se rever os procedimentos operacionais, capacidade de operação, rever ajustes e organizar a chegada de matéria prima até a máquina (PEREIRA, 2011).

5. Perdas por defeitos de produção

É a perda relacionadas as peças as quais tiveram defeitos ou virão a precisar de retrabalhos, também se inclui processos com problemas nesta perda para combater esta perda deve-se analisar o ferramental da máquina, analisar a qualificação do operador e treiná-lo caso necessário, dar autoridade para o operador para a operação caso veja que a produção está apresentando defeitos (PEREIRA, 2011).

6. Perdas por quedas de rendimento

Perda relacionada com o período de estabilização da máquina, ou seja, o período de inicialização do processo de produção, para evitar é necessário à capacitação do operador, analisar os programas de produção (PEREIRA, 2011).

7.4 OBJETIVOS DO FMEA

Seu principal objetivo é a antecipação dos modos de falhas conhecidos ou potenciais de um determinado sistema. Visando criar planos de ações corretivas com intuito de mitigar ou eliminar os efeitos das falhas. A aplicação desta metodologia demanda tempo, dedicação e compromisso, portanto deve-se documentar um FMEA para sistemas de alta importância ou de criticidade alta (PEREIRA, 2011).

Segundo Siqueira (2005, p. 63) para a prática de FMEA envolve se passos detalhados como identificação de alguns aspectos para cada função de um sistema.

- Função: objetivo, com o nível desejado de desempenho;
- Falha Funcional: perda da função ou desvio funcional;
- Modo de Falha: o que pode falhar;
- Causa da Falha: porque ocorre a falha;
- Efeito da Falha: impacto resultante na função principal; e
- Criticidade: Severidade do efeito.

Segundo o mesmo autor, quando adotada a FMEA deve ser criteriosamente atualizada, sendo necessária a aplicação em todo a empresa, em equipamentos novos e, ou, após cada modificação em algum sistema operante, ou seja, todos os sistemas, subsistemas ligados ao processo. Em um modo pontual, cada interrupção da produção por falha, deve disparar um processo de análise

8 METODOLOGIA DE PESQUISA

Fazendo um estudo para priorizar as principais causas das quebras das máquinas TRUMPF, conforme o princípio de Pareto, onde as principais causas são responsáveis por 80 por cento das consequências, foi analisado o histórico de quebras das máquinas de corte a partir de Janeiro de 2016 até Março de 2016 e verificou-se que as duas principais causas das paradas inesperadas eram a falta da execução do plano de manutenção autônoma e falta de manutenção preventiva programada.

Partindo deste estudo foi visto a real necessidade de adotar uma metodologia para a execução deste projeto em princípio aplicou-se uma revisão bibliográfica sobre os principais modelos de manutenção aplicados em grandes empresas, com o foco em dois métodos a TPM (Manutenção Produtiva Total) e a WCM (*World Class Manufacturing* ou manufatura de classe mundial). Posteriormente para a obtenção do plano de manutenção que foi está sendo aplicado na empresa abordou-se dos seguintes tópicos:

- Identificação dos pontos da máquina de corte a laser na qual os operadores seriam responsáveis por checar diariamente, semanalmente e mensalmente, com o uso da ferramenta FMEA.
- Elaboração de manual dos pontos a serem verificados pelos operadores e treinamento dos operadores na nova metodologia do TPM;
- Aplicação da metodologia de manutenção autônoma;

Os tópicos selecionados surgiram a partir da necessidade de melhorar a disponibilidade da máquina na expectativa e obter resultados favoráveis para a empresa. Para tanto, pode-se descrever a metodologia empregada em cada tópico com intuito de elaborar o plano de manutenção baseado em TPM.

- **Identificação dos pontos da máquina de corte a laser na qual os operadores seriam responsáveis por checar** – Através dos manuais e estudo do departamento de manutenção industrial com a utilização da ferramenta FMEA, para verificar os modos de falhas pela falta de manutenção autônoma, foi identificado os pontos da máquina de corte a laser Trumpf, evidenciado os pontos da máquina através de fotos, na qual os operadores seriam responsáveis por checar.
- **Elaboração de manual dos pontos a serem verificados pelos operadores e treinamento dos operadores na nova metodologia do TPM** – Na sequência foi elaborado um manual com foto de cada ponto de como o mesmo deve ser executado e disponibilizado na máquina para consulta do operador e foi feito um treinamento dos operadores na qual o supervisor de manutenção

e o supervisor da área de corte, realizaram um treinamento explicando a responsabilidade da operação, no qual os mesmos preencheriam um *checklist* diário dos pontos verificados.

- **Aplicação da metodologia de manutenção autônoma** – A partir do conhecimento dos operadores na ferramenta de manutenção de 1º nível ou manutenção autônoma, foi disponibilizado um *checklist* no posto de trabalho para os operadores evidenciarem que foi executado a manutenção autônoma e foi disponibilizado em cada máquina os manuais para consulta com fotos de cada ponto a ser verificado e um passo a passo de como executar.

9 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA FMEA (*FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS*)

A partir do conhecimento das falhas e funções da máquina de corte a laser, e com objetivo de identificar os efeitos das falhas oriundas pela falta de manutenções básicas que podem ser executadas pelos operadores, utilizou-se uma planilha pré estabelecida da metodologia FMEA a fim de agrupar os dados de forma coerente com as funções que originam tais falhas. Segue abaixo a tabela 5 com o estudo

TABELA 1 – Registro de FMEA

Continua

REGISTRO DE FMEA - PROCESSO												
NOME DO PROCESSO: Corte a Laser Máquina: TRUMPF Data: 02/05/2016												
PARTICIPANTES: Cesar Belinsky , Carlos Lopes, Guido ,Reginaldo .												
ETAPA DO PROCESSO	ITEM / ETAPA DO PROCESSO FUNÇÃO REQUISITO	MODO DE FALHA POTENCIAL	EFEITO(S) POTENCIAIS DE FALHAS	SEVERIDADE	CAUSA(S) POTENCIAIS DE FALHA	OCORRÊNCIA	CONTROLES DE PROCESSO ATUAIS (D) = Detecção (P) = Prevenção	DETECÇÃO	NPR	AÇÃO RECOMENDADA	RESPONSÁVEL	DATA
1	TROCA DOS BICOS DE CORTE	VARIAR FOCO, CORTE CHAPA DE AÇO COM REBARBAS	INUTILIZR CHAPA DE AÇO	6	BICO DE CORTE DANIFICADO	4	(P) TROCAR BICO DE CORTE	2	48	TROCAR BICO DE CORTE	CARLOS LOPEZ	01/07/16
				6	BICO DE CORTE FORA DE CENTRO	3	(D) INSPECIONAR QUALIDADE DO CORTE	2	36	TROCAR BICO DE CORTE	CARLOS LOPEZ	01/07/16
2	LIMPEZA DO CARRO DE DETRITOS	TRAVAR ESTEIRA DE TRANSPORTE	PARADA DE MÁQUINA	7	FALTA DE LIMPEZA	1	(D) CONTROLAR ACUMULO DE SUJEIRA	2	14	LIMPEZA OPERADOR	CARLOS LOPEZ	01/07/16
3,4	LIMPEZA GRADE DE ASPIRAÇÃO, CHAPA DE SEPARAÇÃO	EFICIÊNCIA DE EXAUSTÃO	FOLGEM PARA O MEIO AMBIENTE ,RISCO SAÚDE OPERADOR	9	EXCESSO DE FOLGEM IMPREGNADA	2	(D) CONTROLAR ACUMULO DE IMPREGNIÇÕES	2	36	LIMPEZA OPERADOR	CARLOS LOPEZ	01/07/16

TABELA 1 – Registro de FMEA

Conclusão

REGISTRO DE FMEA - PROCESSO												
NOME DO PROCESSO: Corte a Laser Maquina: TRUMPF Data: 02/05/2016												
PARTICIPANTES: Cesar Belinsky , Carlos Lopes, Guido ,Reginaldo .												
ETAPA DO PROCESSO	ITEM / ETAPA DO PROCESSO FUNÇÃO REQUISITO	MODO DE FALHA POTENCIAL	EFEITO(S) POTENCIAIS DE FALHAS	SEVERIDADE	CAUSA(S) POTENCIAIS DE FALHA	OCORRÊNCIA	CONTROLES DE PROCESSO ATUAIS (D) = Detecção (P) = Prevenção	DETECÇÃO	NPR	AÇÃO RECOMENDADA	RESPONSÁVEL	DATA
5	LIMPEZA COLETOR DE ESCÓRIAS	TRAVAR ESTEIRA DE TRANSPORTE LONGITUDINAL	PARAR MÁQUINA	8	EXCESSO DE ESCÓRIAS NO COLETOR	2	(P) LIMPAR COLETOR DE ESCÓRIAS	2	32	LIMPEZA OPERADOR	CARLOS LOPEZ	01/07/16
6	LIMPEZA DAS VENTOSAS	EFICIÊNCIA DE VACUO	NÃO PEGA A CHAPA DE AÇO	3	VENTOSA DANIFICADA	2	(D) VERIFICAR VENTOSA	6	36	INSPEÇÃO VISUAL DO OPERADOR	CARLOS LOPEZ	01/07/16
			NÃO PEGA A CHAPA DE AÇO	3	PROBLEMA BOMBA DE VACUO	2	(D) VERIFICAR FUNCIONAMENTO, BOMBA	6	36	INSPEÇÃO DO OPERADOR	CARLOS LOPEZ	01/07/16
			NÃO SEGURA A CHAPA DE ALO	9	ACUMULO DE SUEIRA	2	(D) VERIFICAR VENTOSA	2	36	LIMPEZA DO OPERADOR	CARLOS LOPEZ	01/07/16
			NÃO PEGA A CHAPA DE AÇO	2	FALTA DE PRESSÃO	2	(D) VERIFICAR MANOMETRO E MANGUEIRAS	3	12	INSPEÇÃO DO OPERADOR	CARLOS LOPEZ	01/07/16
7	LIMPEZA GRADE OS PALLETS	QUALIDADE DO CORTE	REBARBA NA CHAPA	6	FALTA DE LIMPEZA	4	(D) CONTROLAR ACUMULO DE SUEIRA	2	48	LIMPEZA DO OPERADOR	CARLOS LOPEZ	01/07/16
		NÃO CORTA A CHAPA DE AÇO	PARADA DA MÁQUINA	7	FALTA DE LIMPEZA	4	(D) CONTROLAR ACUMULO DE SUEIRA	2	56	LIMPEZA DO OPERADOR	CARLOS LOPEZ	01/07/16
9	TROCAR RECIPIENTE ASPIRAÇÃO DE PÓ COMPACTO	FALTA DE EFICIÊNCIA EXAUSTÃO DO PÓ	SUEIRA PÓ INTERNA NA MÁQUINA	6	FALTA DE LIMPEZA	2	(P) VERIFICAR ACUMULO DE PÓ NO RECIPIENTE	2	24	TROCAR RECIPIENTE	CARLOS LOPEZ	01/07/16
10	LIMPEZA DA LENTE	QUEBRAR O ESPELHO	PARADA DE MÁQUINA	8	FALTA DE LIMPEZA	3	(P) LIMPAR A LENTE	4	96	LIMPEZA DA LENTE	CARLOS LOPEZ	01/07/16
11	TROCAR MANTA FILTRANTE	EFICIÊNCIA DO TROCADOR DE CALOR	ELEVAR TEMP. TROCADOR DE CALOR DOS ESPELHOS	4	FALTA DE SUBSTITUIÇÃO	4	(P) TROCAR MANTA FILTRANTE	2	32	TROCAR MANTA FILTRANTE	CARLOS LOPEZ	01/07/16
12	LIMPEZA PLACA DE CALIBRAÇÃO	ERRO DE LEITURA ESPESSURA DA CHAPA	CORTE COM REBARBA	7	FALTA DE LIMPEZA	2	(P) LIMPAR PLACA	2	28	LIMPAR PLACA	CARLOS LOPEZ	01/07/16
13	LIMPEZA DAS SANFONAS X, Y, Z	SUJAR ENCODER DO TRILHO DO GUIA LINEAR	DANIFICAR ENCODER	8	PROTEÇÃO SANFONADA DANIFICADA	4	(D) VERIFICAR PROTEÇÕES	2	64	REPARO / TROCAR PROTEÇÃO	CESAR B.	01/07/16
				8	FALTA DE LIMPEZA	2	(D) VERIFICAR PROTEÇÕES SANFONAS	2	32	LIMPEZA DAS SANFONAS	CARLOS LOPEZ	01/07/16
		FALHA EIXO X, Y, Z	QUEIMAR MOTOR LINEAR	8	FALTA DE LIMPEZA	2	(D) VERIFICAR SUEIRA GUIA LINEAR	5	80	LIMPAR/ INSPECIONAR GUIA	CARLOS LOPEZ	01/07/16
				8	FIM DA VIDA ÚTIL DO MOTOR	2	(P) TROCAR O MOTOR LINEAR	8	128	PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	CESAR B.	01/07/16
		ENCODER NÃO ENCONTRADO	PARADA DE MÁQUINA	8	FALTA DE LIMPEZA	2	(D) VERIFICAR AS PROTEÇÕES SANFONADAS	5	80	LIMPAR/ INSPECIONAR SANFONAS	CARLOS LOPEZ	01/07/16
				8	FIM DA VIDA ÚTIL	2	(P) TROCAR O ENCODER	7	112	PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	CESAR B.	01/07/16

Com as ações recomendadas para o modo de falha foi identificado que os controles de processos atuais não vinham acontecendo e não eram realizadas e então identificamos os principais pontos de inspeção dos operadores e foi elaborado um *checklist* para o registro das inspeção realizadas e um manual de como realizar cada atividade

10 IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE INSPEÇÃO DOS OPERADORES

Conforme as premissas do TPM no pilar onde se deve iniciar pela manutenção autônoma, no qual o operador cuida da máquina, fazendo as manutenções básicas de limpeza e inspeção. E também com a análise da ferramenta FMEA modos de falhas, foi identificado os pontos a serem inspecionados e as manutenções básicas nas quais os operadores devem executar e evidenciar em registros sua inspeção

Com a identificação dos pontos e estudos dos modos de falhas de cada atividade da manutenção autônoma, foi elaborado um *checklist* com as atividades e sua devida periodicidade, Conforme abaixo.

Verificar se o bico de corte encontra-se em boas condições – diária;

- Efetuar a limpeza do carro de detritos – diária;
- Efetuar a limpeza do coletor de escórias – Diária;
- Efetuar a limpeza da grade de aspiração – Semanal;
- Efetuar a limpeza da chapa de separação – Semanal;
- Efetuar a limpeza das ventosas – Semanal;
- Efetuar a limpeza da grade dos paletes – Semanal;
- Efetuar a limpeza da estrutura externa da máquina e Lift – Semanal;
- Limpar recipiente do aspirador de pó compacto e pré separador de faíscas – Semanal;
- Efetuar limpeza da lente, Semanal;
- Troca da manta filtrante – Semanal;
- Limpar a placa de calibração e escovas de limpeza do bocal – Mensal;
- Limpar as sanfonas dos eixos “X, Y e Z “ – Mensal.

11 MANUAL MANUTENÇÃO AUTÔNOMA / POSTO DE TRABALHO

Foi criado um manual de todos os pontos do *checklist* que o operador precisa verificar, com a sequência de trabalho passo a passo, com as fotos do local onde o item se encontra na máquina e de como deve ser realizado a atividade. Para a maior segurança operacional e assertividade da operação. Este manual fica disponível no novo posto de trabalho que foi desenvolvido (Figura 33) que foi instalado em frente das cinco máquinas de corte a laser.

FIGURA 3 – Posto de Trabalho Antigo e novo posto de trabalho com gestão a vista



FONTE: Os Autores (2017)

O novo posto de trabalho contém:

1 – Local para o armazenamento do *checklist* que é o registro das atividades que o operador realiza, definido como manutenção de primeiro nível;

2 – Local para o armazenamento do cronograma de manutenção preventiva programada e o registro do técnico que executou a manutenção;

3 – Local para armazenado de cópias dos relatórios de manutenção executada por especialistas (terceiros) definido com manutenção de terceiro nível;

4 – Local com o manual que foi desenvolvido internamente de todos os pontos de verificação do *checklist* que o operador realiza, disponível para consulta;

5 – Local para o armazenamento dos planos de manutenção preventiva programada para a máquina

6 – Local para armazenamento da cópia do manual de operação e manutenção do fabricante da máquina.

12 TREINAMENTO DOS OPERADORES NA TPM

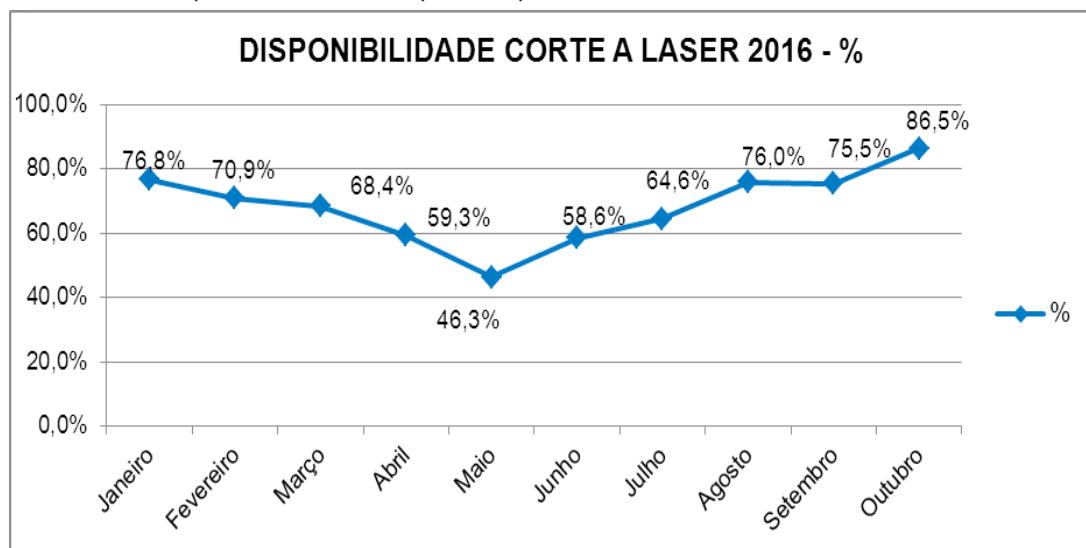
Com a estrutura do posto de trabalho do TPM concluído, o *checklist* definido, os manuais de cada atividade do *checklist* disponíveis para consulta, foi realizado o treinamento de todos os operadores da máquina de corte pelo supervisor da área de corte e o supervisor de manutenção industrial, abordando sobre os conceitos do TPM, os indicadores de desempenho da máquina, os altos custos que tivemos com manutenção corretiva e a importância do operador em cuidar da máquina e fazer todas as verificações e atividades propostas no *checklist* e registrá-las, os operadores também tiveram um treinamento com uma empresa terceira de capacitação profissional. Tudo isso com o intuito de melhorar o comprometimento dos funcionários com os objetivos da empresa, melhorar a satisfação dos operadores em saber da importância que tem para o processo como um todo e conseqüentemente melhorar o desempenho das máquinas e da empresa.

13 ANÁLISE DOS DADOS – RESULTADOS APÓS A IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

13.1 INDICADORES DE PERFORMANCE

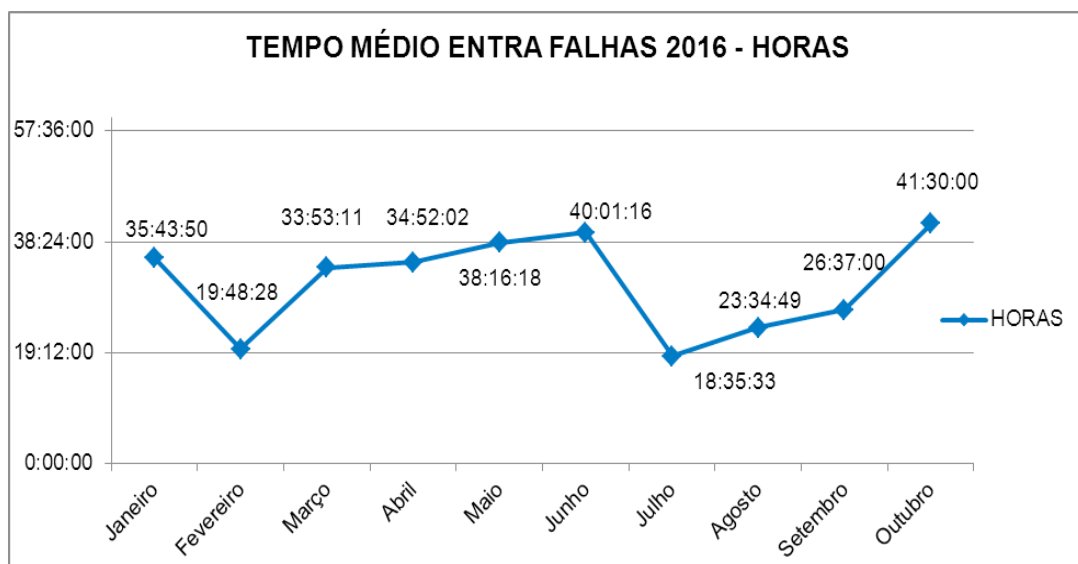
A manutenção autônoma ou manutenção de primeiro nível, começou a ser efetivamente aplicada a partir de primeiro de Julho de 2016, abaixo segue os indicadores de desempenho atingido até o mês de outubro / 2016. A tarja vermelha nos gráficos 1,2 e 3 é o marco do início da manutenção autônoma. Onde podemos visualizar o antes e o depois da implantação do TPM – manutenção autônoma;

GRÁFICO 1 – Disponibilidade de maquina no período de Janeiro a Outubro/ 2016



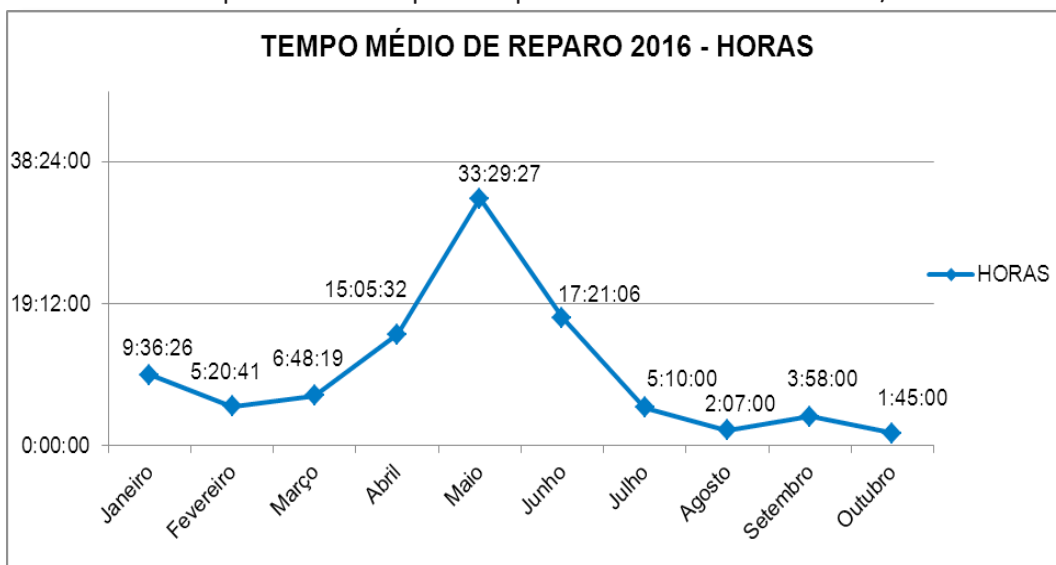
FONTE: Os Autores (2017)

GRÁFICO 2 – Tempo médio entre falhas no período de Janeiro a Outubro/2016



FONTE: Os Autores (2017)

GRÁFICO 3 – Tempo médio de reparo no período de Janeiro a Outubro/ 2016



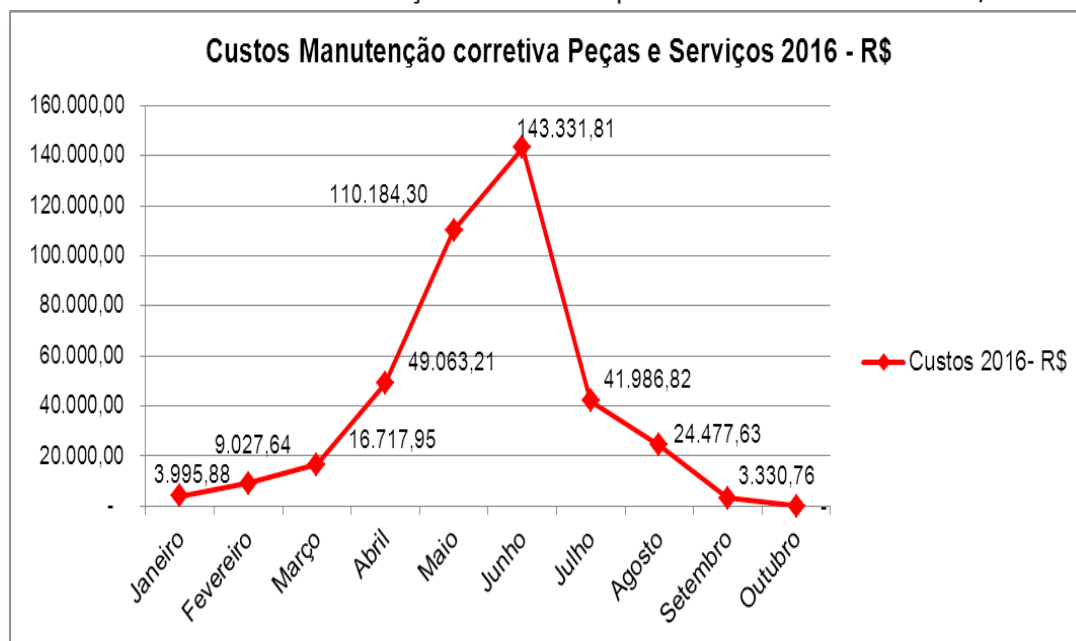
FONTE: Os Autores (2017)

13.2 CUSTOS COM MANUTENÇÃO CORRETIVA

13.2.1 Custos com Manutenção Corretiva antes e Após a Implantação da Manutenção Autônoma

Segue abaixo os custos com mão de obra especializada autorizada do fabricante TRUMPF contratada para reparo da máquina e também somado os custos de peças substituídas em manutenções corretivas. A linha vertical azul no gráfico 4 é o marco de quando começou a execução da manutenção autônoma, afim de comparar melhor os resultados do antes e depois da implantação.

GRÁFICO 4 – Custos de manutenção corretiva no período de Janeiro a Outubro/ 2016.



FONTE: Os Autores (2017)

13.2.2 Considerações dos Custos de Manutenção Corretiva

Neste gráfico de custos de manutenção corretiva com mão de obra especializada e peças substituídas, podemos verificar uma forte tendência de crescimento dos custos no primeiro semestre do ano, em Janeiro de 2016 tivemos um custo baixo comparado ao demais meses, mas muito devido a primeira quinzena do mês as máquinas estarem sem produzir. Em março tivemos um aumento de 46 % nos custos em relação ao mês anterior, em abril um aumento de 143,4 % em relação a março, tendo o pico em maio e junho onde em junho tivemos um aumento acumulado de custos de 1487,7 % em relação a fevereiro, Em abril, maio e junho tivemos muitos gastos com hora/ homem de terceiros em manutenção corretiva e peças que foram substituída com alto custo de aquisição.

A partir de julho, que é quando efetivamente começou a manutenção autônoma (tarja azul do gráfico 4), vemos uma tendência de queda dos custos, com uma forte redução de custos de julho para junho uma redução de 243,37 % neste período, em agosto uma redução de 41,7 % em relação a julho e em setembro uma redução de 734,8 % em relação ao mês anterior, um acumulado de redução de 4303,28 % em relação a junho que foi o mês com maior custo. Outubro então tivemos a situação ideal com custo R\$ 0,00 com manutenção corretiva de terceiros em serviços e peças.

13.2.2 Comparação dos Resultados Antes e Após a Implantação do TPM

Podemos verificar o quanto o setor de corte a laser melhorou sua performance, após a implantação da manutenção autônoma em suas máquinas, tendo as máquinas mais disponíveis para produção, analisando os gráficos 1,2 e 3 de antes e após a implantação da manutenção autônoma, logo no segundo mês após a implantação da manutenção autônoma, foi o melhor índice do ano de 2016 de disponibilidade de máquina (gráfico 1) e mesmo em setembro tendo uma redução no índice, o mesmo foi melhor que em todos os outros meses de janeiro a junho período anterior a implantação da manutenção de primeiro nível e em outubro o melhor desempenho de disponibilidade constatando a tendência de aumento da disponibilidade a partir de julho/2016.

O tempo médio entre falhas, não foi tão evidente a melhora após a implantação da manutenção autônoma, pois tivemos um número maior de falhas com as máquinas mais tempo operando após a implantação da manutenção autônoma a partir de julho, porém com tendência de melhorar e em outubro tivemos o melhor índice de tempo médio entre falhas com tempo de 41 horas e 30 min. Entretanto o tempo médio de reparo diminuiu consideravelmente isto nos mostra que as falhas foram mais fáceis de identificar e a solução mais rápida, pelo gráfico 3 de tempo de médio de reparo podemos visualizar esta significativa diminuição do tempo médio de reparo MTTR, onde já no primeiro mês de aplicação da manutenção autônoma (julho), tivemos o melhor índice de tempo médio de reparo até aquele mês, melhorando mais ainda no mês de agosto, no mês de setembro mesmo aumentando o MTTR seria o melhor índice no período de Janeiro a Junho anterior a implantação da manutenção autônoma e por fim no último mês do gráfico 3, tivemos a melhor performance de tempo médio de reparo do ano vigente com o tempo médio de reparo em 1 hora e 45 min.

CONCLUSÃO

Conforme o objetivo proposto de implantar as diretrizes da metodologia do TPM, no setor de gestão da manutenção industrial, sendo uns dos objetivos específicos implantar a manutenção autônoma que é o primeiro pilar do TPM nas máquinas de corte a laser, e tendo como hipótese com estes objetivos alcançados reduzir as falhas, os custos com manutenção corretiva e aumentar a disponibilidade das máquinas. Então verificou-se que neste artigo que os objetivos foram alcançados de forma satisfatória, tendo resultados expressivos, demonstrados nos gráficos de performance e nos

custos com manutenção corretiva que foram reduzidos. Também buscando através dos objetivos alcançados atingir maior satisfação aos clientes internos e externos e, perpetuar maior comprometimento a estes aspectos em nosso sistema de produção.

Como já evidenciado neste trabalho através da prática destes princípios, verificaram-se melhorias significativas no desempenho operacional, aumentando a disponibilidade da máquina, diminuindo os custos de manutenção corretiva expressivamente portando impactando diretamente nos resultados da empresa. Estas práticas refletiram-se positivamente no ambiente organizacional, pois se verificou um maior comprometimento de todos em função da empresa estar demonstrando que não teve apenas foco exclusivo no produto final, mas também no ambiente e envolvimento de todos para obtenção dos resultados.

Portanto o projeto atendeu as expectativas da empresa e os objetivos propostos do trabalho o projeto continua em andamento sempre buscando a melhoria contínua do processo visando deixar cada vez mais robustos os planos de manutenção autônoma e programada.

Para futuros trabalhos sugere-se expandir a implantação dos conceitos do TPM em outras máquinas como centros de usinagem CNC (Comando numérico computadorizado), Prensas hidráulicas entre outras e também implantar os demais pilares da filosofia do TPM sendo um deles a manutenção planejada.

REFERÊNCIAS

CORREA, H. L.; CORREA, C. A. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2007.

PEREIRA, M. J. **Engenharia de manutenção**: teoria e prática. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção centrada na confiabilidade**: manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.