



FACULDADE HORIZONTINA

JOÃO HENRIQUE PINHEIRO DOS SANTOS REMONTI

**IMPLEMENTAÇÃO DOS TRÊS PRIMEIROS PASSOS DA
MANUTENÇÃO AUTÔNOMA DA TPM EM UMA MÁQUINA DE CORTE
A LASER**

HORIZONTINA

2016

FACULDADE HORIZONTINA
Curso de Engenharia Mecânica

João Henrique Pinheiro Dos Santos Remonti

**IMPLEMENTAÇÃO DOS TRÊS PRIMEIROS PASSOS DA
MANUTENÇÃO AUTÔNOMA DA TPM EM UMA MÁQUINA DE CORTE
A LASER**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Mecânica, pelo Curso de Engenharia de Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: João Batista Soares Coelho Mestre.

Horizontina
2016



**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Implementação dos três primeiros passos da manutenção autônoma da TPM
em uma máquina de corte a laser”**

Elaborada por:

João Henrique Pinheiro Dos Santos Remonti

**Aprovado em: 08/11/2016
Pela Comissão Examinadora**

**Mestre. João Batista Soares Coelho
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Mestre. Rafael Luciano Dalcin
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Especialista. Jackson Luis Bartz
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2016**

DEDICATÓRIA

Aos familiares, Gerci Pinheiro Dos Santos, Lana Canhete e Maria da Silva, que apoiaram e acreditaram no sucesso do trabalho desenvolvido.

AGREDECIMENTOS

É difícil expressar o quanto sou grato aos colegas de classe, professores, amigos e familiares por sempre estar dispostos a contribuir com um pouco de conhecimento e ideias onde enriqueceu o trabalho como um todo.

Agradeço também aos colegas de trabalho que foram primordiais para o desenvolvimento deste projeto.

“Cada sonho que você deixa pra trás, é um pedaço de seu futuro que deixa de existir.”

Steve Jobs

RESUMO

Expressões como redução de custos, produtividade e qualidade são inerentes ao processo produtivo no meio fabril. Devido à grande concorrência no mercado buscam-se soluções através de melhorias dentro dos seus processos, produtos e equipamentos melhorando assim as condições de trabalho para os colaboradores como também havendo um retorno para a empresa contratante. Decorrendo desta visão, as corporações buscam filosofias que as ajudem na busca de resultados satisfatórios, como redução de quebras, aumento da eficiência, disponibilidade e maximização da vida útil de seus equipamentos. São inúmeras as metodologias de trabalho para gerenciar os processos na busca desses resultados, esse trabalho destaca a *Total Productive Maintenance*, conhecida como manutenção produtiva total a TPM. Esta filosofia auxilia na busca de resultados efetivos como a integração de pessoas, processos e máquinas, modo que desenvolve seus colaboradores a mapear suas perdas como também aplicar melhorias em seus processos com o objetivo de aumentar a eficiência global de seus equipamentos e números de quebras. O projeto tem como objetivo implementar os três primeiros passos do pilar da manutenção autônoma da TPM em uma máquina de corte a laser onde buscará soluções para prevenir as quebras, ter uma operação adequada trazendo o equipamento para o estado ideal e estabelecer um gerenciamento autônomo. Importante salientar que o objetivo também é usar o equipamento como meio de ensinar as pessoas novas formas de pensar e trabalhar. O trabalho atingiu resultados positivos uma vez que contribuiu para o aumento da produtividade e redução de quebras no processo pesquisado. No decorrer da aplicação dos passos as pessoas envolvidas obtiveram conhecimento técnico relacionado a manutenções básicas do equipamento piloto diferenciado devido à necessidade gerenciar seus equipamentos, com isso, pode-se afirmar o início de uma nova cultura organizacional relativa à tratativa com máquina, equipamentos, assim como a valorização de pessoas.

Palavras-chave: TPM. Manutenção Autônoma. Laser.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Máquina laser.....	15
Figura 2 – Os oito pilares da TPM.....	19
Figura 3 – Estrutura de perdas da OEE.	29
Figura 4 – Layout do setor de corte a laser.....	33
Figura 5 – Cronograma de atividades de preparação	35
Figura 6 – Etiquetas azul e vermelha	37
Figura 7 – Cronograma das atividades do 1º Passo MA.....	38
Figura 8 – Evento abertura.....	39
Figura 9 – Treinamento 1ºPasso MA	39
Figura 10 - Abrindo equipamento.....	40
Figura 11 - Limpando equipamento.....	40
Figura 12 - Identificando anomalias	41
Figura 13 - Etiquetagem de anomalias.....	41
Figura 14 – Gráfico de etiquetas abertas e fechadas dia ‘D’.....	42
Figura 15 – Quadro PQCDSM.....	43
Figura 16 – Foto da reunião MA e MP	43
Figura 17 – Cadernos de controle etiquetas.....	44
Figura 18 – Etiquetas armazenadas no caderno.....	44
Figura 19 – Cronograma do 2º Passo da MA.....	46
Figura 20 – Gráfico de FDS mais impactantes em tempos.	46
Figura 21 – Layout das FDS na máquina LCNC30	47
Figura 22 – Gráfico de LDA mais impactantes em tempos	48
Figura 23 – Layout dos LDA na máquina LCNC30	48
Figura 24 – Cronograma de atividades do 3º Passo da MA.....	49
Figura 25 – Treinamento da MP para operadores da MA	50
Figura 26 – Calendário de atividades da manutenção autônoma (MA).....	50
Figura 27 – Rota das atividades diárias da MA	51
Figura 28 – Gráfico de resolução de etiquetas 1º passo MA.....	52
Figura 29 – Gráfico OEE 1º passo MA.....	53
Figura 30 – Gráfico de quantidades de ideias implantadas do 1º passo MA.....	54
Figura 31 – Gráfico quantidades de quebras no 1º passo MA	55

Figura 32 – Gráfico de resolução de etiquetas 2º passo MA.....	56
Figura 33 – Gráfico OEE 2º passo MA.....	56
Figura 34 – Foto de atividade 1 antes.....	57
Figura 36 – Foto de atividade 2 antes.....	57
Figura 38 – Foto de atividade 3 antes.....	58
Figura 40 – Foto melhoria gestão visual 1.....	58
Figura 42 – Gráfico redução tempo FDS.....	59
Figura 43 – Gráfico redução tempo LDA.....	59
Figura 44 – Gráfico quantidades de quebras 2º passo MA.....	60
Figura 45 – Gráfico de resolução etiquetas 3º passo MA.....	61
Figura 46 – Gráfico OEE 3º passo MA.....	61
Figura 47 – Gráfico quantidades de quebras 3º passo MA.....	62
Figura 48 – Check list inspeção MA.....	63
Figura 50 – Gestão visual de inspeção.....	63

LISTA DE SIGLAS

FA: Fique atento

FDS: Fontes de sujeiras

LDA: Locais de difícil acesso

MP: Manutenção profissional

MA: Manutenção autônoma

OEE: Eficiência global de equipamento

TFC: Trabalho final de curso

TPM: Manutenção produtiva total

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	12
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.4 JUSTIFICATIVA	12
1.5 OBJETIVO GERAL	13
1.6 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 MÁQUINA DE CORTE A LASER	14
2.2 MANUTENÇÃO	15
2.2.1 Manutenção corretiva	16
2.2.2 Manutenção preventiva.....	16
2.2.3 Manutenção preditiva.....	17
2.3 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL – TPM	17
2.3.1 Pilares da filosofia TPM	19
2.3.2 Pilar da manutenção autônoma	19
2.3.3 Pilar da manutenção profissional	20
2.3.4 Pilar de melhorias específicas	21
2.3.5 Pilar educação e treinamento.....	22
2.3.6 Manutenção da qualidade.....	23
2.3.7 Controle inicial	24
2.3.8 TPM administrativo	24
2.3.9 Pilar segurança, saúde e meio ambiente	25
2.4. TÉCNICAS PARA MEDIR E ATACAR PERDAS – TPM	26
2.4.1 Eficiência global do equipamento (OEE)	28
2.4.2 Tipos de perdas mapeadas na OEE	28
2.4.3 Calculo OEE	29
3 METODOLOGIA	32
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS APLICADAS.....	32
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
4.1 DESCRISÃO DA ÁREA DE CORTE A LASER	33
4.2 DESCRISÃO DO PROCESSO NA ÁREA DE CORTE LASER	33
4.3 IMPLEMENTAÇÃO DA FILOSOFIA TPM NA ÁREA DE CORTE LASER	34
4.3.1 Definição do time manutenção autônoma (MA)	36
4.3.2 Definição e fluxo de etiquetas de manutenção.....	36
4.3.3 Definição de reunião entre manutenção autônoma (MA) e manutenção preventiva (MP).....	37
4.4 INÍCIO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DA MA DA FILOSOFIA TPM	38
4.4.1 Primeiro passo da MA: Limpeza inicial.	38
4.4.1.1 Dia da grande limpeza (O dia “D”)	40
4.4.1.2 Quadro TPM (MA)	42
4.4.1.3 Reunião entre MA e MP.....	43
4.4.1.4 Fique atento (FA)	45

4.4.2 Segundo passo da MA: Eliminação de fontes de sujeiras (FDS) e locais de difícil acesso (LDA)	45
4.4.2.1 Capacitação de operadores no conceito FDS e LDA	46
4.4.2.2 Medição e mapeamento das FDS.....	46
4.4.2.3 Medição e mapeamento dos LDA	47
4.4.2.4 Tratativa de perdas e melhorias.....	49
4.4.3 Terceiro passo da MA: Elaboração de padrões de limpeza, inspeção e lubrificação	49
4.5 RESULTADO E DISCUSSÕES.....	51
4.5.1 Resultados obtidos no 1° passo da MA da TPM.....	51
4.5.1.1 Resolução de etiquetas no 1° passo da MA da TPM.....	52
4.5.1.2 Resultados obtidos no índice OEE no 1° passo da MA	52
4.5.1.3 Quantidade de ideias implantadas no 1° passo da MA da TPM	53
4.5.1.4 Resultados obtidos em números de quebras no 1° passo da MA	54
4.5.2 Resultados obtidos no 2° passo da MA da TPM.....	55
4.5.2.1 Resolução de etiquetas no 2° passo da MA da TPM.....	55
4.5.2.2 Resultados Obtidos no índice OEE no 2° passo da MA.....	56
4.5.2.3 Quantidade de ideias implantadas no 2° passo da MA da TPM	57
4.5.2.4 Resultados obtidos em números de quebras no 2° passo da MA	60
4.5.3 Resultados obtidos no 3° passo da MA da TPM.....	60
4.5.3.1 Resolução de etiquetas no 3° passo da MA da TPM.....	60
4.5.3.2 Resultados obtidos no índice OEE no 3° passo da MA	61
4.5.3.3 Resultados obtidos em números de quebras no 3° passo da MA	62
5 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
APÊNDICES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
APÊNDICE A – GRÁFICO COM MAIORES PARADAS DE MÁQUINAS LASERS	69
APÊNDICE B – EXEMPLO DE UM FIQUE ATENTO (FA).....	70

1 INTRODUÇÃO

A busca pela eliminação de atividades onde não agregam valor ao produto se torna pontos-chaves para as empresas nos dias de hoje. Reduzir o número de quebras em equipamentos, aumentar a disponibilidade, melhorar a eficiência, aumentar os índices de qualidade e segurança são objetivos constantes dentro do planejamento estratégico das corporações e, neste ponto de vista, as mesmas buscam novas metodologias para aplicação dentro de seus processos visando à melhoria contínua dentro de cada área.

A pressão do negócio na busca pela integração de pessoas, processos e equipamentos faz parte das grandes corporações na busca de diferencial competitivo, no entanto, é comum a utilização de metodologias já conhecidas e consolidadas em muitas empresas que por sua vez obtiveram sucesso em sua aplicação. A *Total Productive Maintenance*, conhecida como TPM é uma filosofia que várias empresas pequenas, médias e grandes aplicaram com êxito em todas as partes do mundo. Esta metodologia auxilia na integração de pessoas, processos e equipamentos, facilitando o entendimento de um contexto geral no meio produtivo, fomentando a criatividade dos colaboradores nas soluções de seus problemas assim como a melhoria contínua no processo produtivo.

A filosofia do TPM tem como objetivo a busca pela máxima eficiência do sistema de produção, eliminando todas as perdas mapeadas dentro do processo e maximizando a vida útil dos equipamentos. Outra contribuição do TPM está relacionada ao desenvolvimento de pessoas em todos os níveis hierárquicos que trabalham direta ou indiretamente com a metodologia.

O sucesso do TPM está, também, relacionado à eficiente integração dos processos e a correta medição dos seus resultados. Com o TPM, podemos ter um banco de dados confiável que favoreça a identificação da causa raiz das perdas de produção e a definição de ações corretivas robustas para o aumento da eficiência operacional.

A baixa eficiência, altos números de quebras de equipamentos e a deficiência na integração dos processos, máquina e pessoas sugere que a empresa busque alternativas para solucionar seus problemas fabris e se torne mais competitiva.

1.1 TEMA

Implementação da filosofia TPM (Manutenção Produtiva Total).

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este Trabalho Final de Curso (TFC) foi realizado na área de corte estamparia em uma empresa metalúrgica do noroeste do estado Rio Grande do Sul, no transcorrer do primeiro semestre do ano de 2016. Os postos de trabalho estão estruturados através de máquinas de corte a laser. A metodologia TPM será aplicada em uma máquina de corte a laser e o desenvolvimento do mesmo será em apenas nos primeiros três passos do pilar da manutenção autônoma.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa pode ser caracterizado pela pergunta: A aplicação dos três primeiros passos da manutenção autônoma (MA) da TPM pode melhorar a eficiência operacional de máquinas de corte a laser?

1.4 JUSTIFICATIVA

Justifica-se a implementação dos primeiros três passos da manutenção autônoma da TPM pelo alto número de quebra da máquina, baixa eficiência global do equipamento e a não entrega da produção planejada para o equipamento estudado.

Além dos problemas já evidenciados existe a necessidade em capacitar a mão de obra para ter clareza do processo que está inserido, facilitando a identificação dos problemas mais impactantes na área de atuação.

Este projeto contribui tanto para o ambiente interno como para o ambiente externo, pois ambos buscam a melhora de seus sistemas de trabalho, e os mesmos estão alinhados com suas estratégias de competitividade e mercado uma vez que o pilar da manutenção autônoma da TPM procura prevenir a deterioração dos equipamentos através da operação adequada e inspeções diárias destes.

Para o Engenheiro os ganhos são imensuráveis. Participar ativamente de um processo de implantação da TPM dentro de uma empresa significa agregar conhecimento técnico em conjunto com teórico, vivenciar as dificuldades do piso de fábrica e contribuir para o desenvolvimento do projeto como um todo, além de presenciar a melhora contínua de suas áreas atuantes.

1.5 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste projeto é implementar os primeiros três passos do pilar da manutenção autônoma da filosofia TPM em uma máquina de corte laser utilizada para corte de chapas metálicas em um processo industrial metal-mecânico.

1.6 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Alinhados ao objetivo geral, os objetivos específicos deste projeto são implementar os seguintes passos:

- 1° PASSO: Limpeza e Inspeção: Esse primeiro passo consiste em restaurar e buscar o estado ideal do equipamento onde serão evidenciadas todas as possíveis anomalias que possam acarretar uma parada de máquina. Como indicador terá como meta a resolução de maior ou igual a 80% das ordens de manutenção abertas para o equipamento estudado.
- 2° PASSO: Eliminação das Fontes de Sujeiras (FDS) e Locais de Difícil Acesso (LDA): No segundo passo tem como objetivo mapear todas as fontes de sujeiras e locais de difícil acesso abrindo como oportunidade melhorias neste processo. Como indicador deste segundo passo será reduzir em 50% o tempo de limpeza e 50% o tempo de inspeção dos pontos a serem checados pelo operador.
- 3° PASSO: Padrões Provisórios de Limpeza, Inspeção e Lubrificação: No terceiro passo tem como objetivo retirar atividades da manutenção planejada (MP) e adicionar nas atividades do operador, conseqüentemente começa a gerar padrões provisórios como calendário da manutenção diária, gestão visual e lições ponto a ponto, também tem como objetivo aumentar em 9% o índice de OEE na máquina piloto.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo abordam-se questões bibliográficas apresentando os fundamentos literários do tema a ser estudado e aplicado. Apresenta-se assuntos relacionados ao processo de corte a laser, tipos de manutenções, TPM e indicadores de processos.

2.1 MÁQUINA DE CORTE A LASER

Segundo Bystronic (2007), o processo de corte a laser é realizado através da separação térmica de peças de uma determinada chapa de aço carbono. O raio laser é gerado dentro de um conjunto chamado ressonador. Depois de formado, o laser é direcionado para o cabeçote de corte da máquina. O feixe de raio laser chega ao cabeçote através de espelhos ou cabos de fibra óptica. O cabeçote do equipamento tem a finalidade de focar o feixe de laser através de uma lente fazendo com que o diâmetro de feixe de luz seja muito pequeno e de grande potência. O raio laser depois de focado é direcionado para as chapas de aço onde são fundidas, deste modo, realizando a operação de corte do material desejado. Pode-se utilizar dois tipos de fontes de raio laser: “laser CO₂” e “fibra óptica”.

De acordo com Weiss (2012), a máquina de corte a laser é muito utilizada nos dias atuais. Esse tipo de processo pode ser bastante flexível, pois o mesmo pode ser utilizado para efetuar cortes em chapas planas, substituindo processos de furação comumente realizados por usinagem ou estampagem, além de poder ser usado para o corte de tubos e perfis. O corte a laser se destaca também por sua flexibilidade de corte nos mais diversos materiais, principalmente em aço carbono, aço inoxidável e alumínio.

Segundo Trumpf (2010), este processo chamado de corte a laser se desenvolveu de tal maneira que já existem mais de 30.000 sistemas de lasers operando no mundo inteiro.

A fabricante Trumpf cita como exemplo a máquina de corte a laser representada na Figura 1 onde a mesma é responsável por o processo de corte de chapas metálicas e também é responsável pela grande expansão da utilização deste processo. Este equipamento trabalha de forma totalmente automática, tanto o

processo mecânico onde carrega, transporta e coordena o corte, como também para a sua formação do laser.

Figura 1 – Máquina laser.



Fonte: Trumpf, 2016.

O significado da palavra “laser”, em sua definição original do inglês *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, o qual, em português, significa ampliação da luz pela emissão estimulada da radiação (TRUMPF, 2010). Para a geração do laser a máquina utiliza três tipos de gases, CO₂, N₂ e He. Os três gases são misturados e excitados por uma descarga elétrica. Esta mistura é responsável pela qualidade do feixe de raio laser e pela alta potência gerada. Neste tipo de processo o raio laser é conduzido por um conjunto de espelhos ou cabos de fibra óptica até chegar ao material a ser cortado.

2.2 MANUTENÇÃO

Manutenção pode ser definida como uma série de ações para restabelecer o bem de equipamentos, são medidas que buscam prevenir interrupções não planejadas em meio a sua função (Pereira, 2009). Também, são medidas que buscam a conservação e cuidados técnicos para com seus equipamentos, aliando assim ações técnicas e administrativas, para que máquinas ou ativos operem sem interrupções indesejadas.

Para Takahashi e Yoshikazu (1993), o equipamento é o principal meio de produção em uma fábrica. Assim, o autor defende a importância do gerenciamento

orientado para o equipamento, pois manter a manutenção em dia significa reduzir custos que os clientes não estão dispostos a pagar.

Tavarez (1999), destaca a importância ao aspecto organizacional das empresas na área da manutenção, pois integram um conjunto de ações que interagem em todos os níveis, ou seja, a manutenção é analisada e aplicada tanto em nível gerencial como também ao nível operacional e isso garante o sucesso nos resultados almejados.

Por fim, Pinto e Xavier (1998), descrevem que a evolução da manutenção acelerou após a década de 70. Até então, grandes quantidades de quebras e conseqüentemente a diminuição de capacidade produtiva trazia junto um alto custo operacional. A tendência era estudar a fundo os tipos de manutenções corretivas, preditivas e corretivas sob uma perspectiva diferente até então, essa nova fase iria trazer mudanças drásticas de cultura para aplicação de um conjunto de ações técnicas e gerenciais. Os autores, também, reforçam a importância de olhar a manutenção em uma perspectiva estratégica. Nos dias de hoje não há espaços para erros ou improvisos, por esse motivo a flexibilidade, a cultura pela mudança e trabalhos em equipes são essenciais para a sobrevivência das organizações. Essa nova postura administrativa é devida a globalização e a alta concorrência que obriga haver um olhar mais profundo na relação à manutenção de ativos.

2.2.1 Manutenção corretiva

Manutenção corretiva pode ser conceituada como ações tomadas em um equipamento quando este já se encontra com defeito (PINTO; XAVIER, 1998). Sendo assim, o objetivo da manutenção corretiva é restaurar o equipamento e deixar o mesmo em condições ideais para o seu funcionamento.

2.2.2 Manutenção preventiva

Segundo Pereira (2009), a manutenção preventiva teve origem em uma fábrica aeronáutica por volta de 1930. Os motivos que a levaram a essa nova perspectiva de manutenção foi à necessidade de aumentar a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

Manutenção preventiva pode ser conceituada como um conjunto de ações pré-definidas em determinados intervalos de tempo (Pereira, 2009). Seu objetivo é avaliar o equipamento quanto à presença de anomalias que possam acarretar a quebra do mesmo. Sendo assim, a manutenção preventiva deve seguir um plano para reduzir a probabilidade de falhas e garantir o bom funcionamento das máquinas sem interrupções não planejadas.

2.2.3 Manutenção preditiva

Segundo Pinto e Xavier (1998), a manutenção preditiva pode ser vista como a primeira grande quebra de paradigma na área de manutenção. Esse método baseia-se no estudo e medições das condições do equipamento com o objetivo de prevenir falhas fazendo assim inspeções sem que haja interrupções no mesmo. A manutenção preditiva associa suas inspeções com o equipamento em funcionamento sem afetar sua disponibilidade. No momento em que algum componente da máquina está em um grau elevado de fadiga ou degradação, define-se pela intervenção e troca da peça danificada.

Manutenção preditiva pode ser conceituada como técnicas supervisionadas através de análises utilizando amostragens para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e a manutenção corretiva (PEREIRA, 2009). Como uma das principais vantagens desse tipo de manutenção destaca-se uma coleta rica em informações sobre o equipamento.

2.3 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL – TPM

Fullmann (1992) relata que a Manutenção Produtiva Total, também conhecida como TPM, é o melhoramento da empresa através de melhorias voltadas para pessoas e fábrica. Em outras palavras, uma mudança forte na cultura de toda empresa. O autor define a TPM como:

- T = Total, esta palavra traz o entendimento que todas as áreas, setores e pessoas são envolvidos ou participam dia a dia das ações mantenedoras da TPM.
- P = Produtiva, esta palavra significa que a TPM busca a eficiência perfeita de todos os equipamentos com qualidade e segurança.

- M = Manutenção, esta parte tem como objetivo sistematizar técnicas de preventivas, preditivas em equipamentos aumentando assim a vida útil de seus maquinários.

Para Ribeiro (2014), “*Total Productive Maintenance*” (ou Manutenção Produtiva Total) tem como objetivo chegar a zero quebra, zero falha e zero problema de qualidade. Segundo o autor, a TPM tem sua origem nos Estados Unidos na década de 50, mas essa metodologia se tornou conhecida no Japão em 1971, pois os japoneses incorporaram nesta filosofia técnicas de manutenção preventiva, manutenção do sistema de produção e a prevenção à manutenção.

Segundo Pereira (2009), durante muito tempo as empresas trabalharam com um sistema de manutenção corretiva acumulando, deste modo, prejuízos, retrabalhos e uma grande perda de esforço humano. Viu-se, então, a necessidade de mudar a forma de trabalhar com os equipamentos para que as empresas obtivessem melhores resultados na produtividade e qualidade. Assim, as empresas iniciaram a jornada rumo a prevenção de falhas em equipamentos, essa nova filosofia de tratar os equipamentos industriais foi batizada de TPM.

Pereira (2009), relata que a empresa Nippon Denso Co, uma empresa do grupo Toyota, foi a pioneira na aplicação da filosofia de trabalho preconizada pelo TPM. Foi através do TPM e evidências dos resultados alcançados que a empresa conquistou vários prêmios de excelência em manufatura.

Os autores Pinto e Xavier (1998), correlacionam a importância de implantar a TPM como desenvolvimento operacional de manutenções e engenheiros. A metodologia permite o desenvolvimento e crescimento técnico no piso de fábrica, pois existe uma troca de conhecimento entre operadores e manutentores, além de aumentar a capacidade dos colaboradores que trabalham diretamente com o equipamento a evidenciar possíveis anomalias onde possa haver uma parada não planejada e, dessa forma, buscam evitar alguma quebra inesperada.

Para Takahashi e Yoshikazu (1993), TPM é uma filosofia que abrange todas as pessoas e setores dentro de uma empresa, pois todos têm a responsabilidade de investigar e melhorar os componentes do equipamento, fornecer um produto com qualidade, melhorar a eficiência de seus equipamentos e fazer com que desperte o interesse de operadores para que cuidem de suas máquinas como se fossem seus.

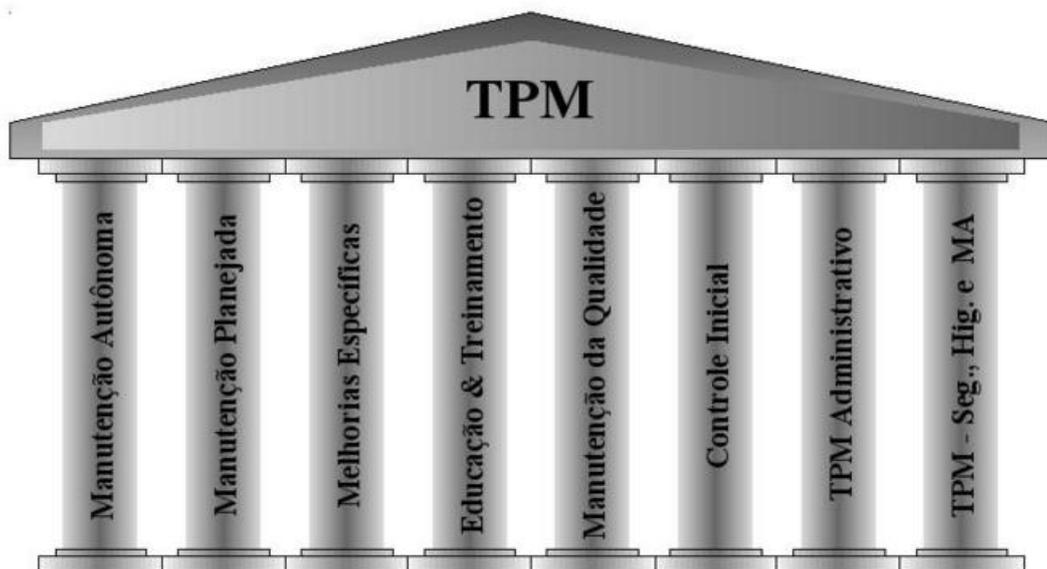
Takahashi e Yoshikazu (1993), também descrevem que a TPM pode ser vista como um conjunto de atividades que buscam mapear todas suas perdas dentro

de seus processos aplicando métodos efetivos que possam contribuir com melhorias homem, máquina e empresa garantindo, assim, um aumento de eficiência e vida útil de seus ativos.

2.3.1 Pilares da filosofia TPM

Segundo Pinto e Xavier (1998), a TPM é formada por oito pilares conforme a Figura 2. Esses pilares geram a estabilização e garantem uma sistemática para eliminação de perdas em todas as áreas fabris, além de serem os pilares que garantem a capacitação dos colaboradores para as soluções dos problemas. O autor ainda reforça que a estrutura do TPM está totalmente engajada com os objetivos estratégicos das empresas.

Figura 2 – Os oito pilares da TPM.



Fonte: www.ebah.com.br, 2016.

2.3.2 Pilar da manutenção autônoma

O pilar da manutenção autônoma tem como objetivo desenvolver os operadores de máquinas para zelar por seus equipamentos como se fossem de sua propriedade, ou seja, “*estimular o sentimento de propriedade da minha máquina cuidado eu*” (RIBEIRO, 2014). Os operadores são treinados neste pilar para restaurar

as condições básicas do equipamento, os mesmos têm propriedade e conhecimento sendo capaz de identificar possíveis anomalias antes mesmo de acontecer a quebra.

Ainda Ribeiro (2014), salienta que a implementação do pilar da manutenção autônoma é realizada por sete passos nos quais são:

- **Passo 1** - Limpeza Inicial.
- **Passo 2** - Combate as Fontes de Sujeiras e Locais de Difícil Acesso.
- **Passo 3** - Elaboração dos Padrões de Limpeza e de Lubrificação.
- **Passo 4** - Inspeção Geral.
- **Passo 5** - Inspeção Autônoma.
- **Passo 6** - Sistematização.
- **Passo 7** - Controle Autônomo.

O mesmo autor reforça a importância dos sete passos para a implementação do pilar da manutenção autônoma da TPM, esse método permitirá detectar anomalias em um modo mais técnico, ou seja, o operador terá controle pleno da sua máquina sendo conhecedor do que fazer caso encontrar alguma anomalia e como evita-la.

Segundo Pinto e Xavier (1998), o pilar da manutenção autônoma é um autogerenciamento e controle geral do equipamento. O operador tem liberdade para realizar manutenções como lubrificações, inspeções e limpezas necessárias visando o aumento de produtividade e disponibilidade.

Para os autores Fogliatto e Ribeiro (2009), a manutenção autônoma é de grande importância no que se refere à mudança de cultura da manutenção de equipamentos. À medida que os colaboradores passam a realizar suas tarefas rotineiras de pequenos reparos, lubrificações e inspeções a manutenção profissional se concentra em atividades mais complexas que contemplam manutenções preventivas. Nesta fase de implementação da TPM a mudança de cultura é notável e pode haver muita resistência, mas no decorrer do trabalho as mudanças irão prevalecer.

2.3.3 Pilar da manutenção profissional

Conforme Fogliatto e Ribeiro (2009), o pilar da manutenção planejada é

voltado para área da manutenção, sendo esta área mais técnica e focada em atividades como manutenções preventivas e preditivas. Neste pilar tem-se uma visão mais ampla do negócio. Devido à complexibilidade de gestão, a manutenção planejada define padrões e classificação de equipamentos através da importância de cada um deles dentro da manufatura, a mesma faz toda a gestão de reposição de peças, custos e medições avaliando o comportamento de cada equipamento.

De acordo com Ribeiro (2014), quando se fala do pilar da manutenção profissional da TPM muitos acreditam que todas as atividades da manutenção serão direcionadas para a área da manutenção onde há técnicos preparados para realizar reparos de pequena complexidade até grande complexidade. O autor desmistifica esta crença. Segundo o autor, os técnicos de manutenção acabam trabalhando em conjunto com os operadores, treinando e acompanhando o crescimento técnico operacional passando, deste modo, muitas atividades que exigem uma menor especialização para os operadores, e para técnicos ficam as atividades de maior nível de conhecimento.

Ribeiro (2014), relata que para consolidar o pilar da manutenção profissional tem seis passos para seguir, nos quais são:

- **Passo 1** - Avaliação do Equipamento e Reconhecimento da Situação Atual.
- **Passo 2** - Estabelecimento de uma Organização de Melhorias, Restaurando as Deteriorações.
- **Passo 3** - Estabelecimento de um Sistema de Controle de Informação.
- **Passo 4** - Estabelecimento de um Sistema de Manutenção Preventiva baseada no Tempo.
- **Passo 5** - Estabelecimento de um Sistema de Manutenção Preventiva baseada nas Condições (inspeções preditivas).
- **Passo 6** - Mensuração dos Resultados da Manutenção.

2.3.4 Pilar de melhorias específicas

Ribeiro (2014) destaca a importância e objetivo do pilar de melhorias específicas na filosofia da TPM. Segundo o autor, o pilar de melhorias específicas tem um papel fundamental dentro da área de produção uma vez que todas as perdas no processo passam a serem mapeadas, com isto torna-se papel da liderança em conjunto com os operadores sugerirem melhorias que possam atacar

as perdas de forma eficiente. Normalmente o primeiro passo é mapear, logo após identificar anomalias mais impactantes e priorizar os mesmos e por fim aplicar conceitos básicos de melhorias.

Ribeiro (2014), define 10 passos para implantar o pilar de melhorias específicas:

- **Passo 1** – Seleção Equipamento ou Linha Piloto.
- **Passo 2** – Organizar Equipe.
- **Passo 3** – Detecção de Perdas Atuais.
- **Passo 4** – Definição de Metas e Prazos.
- **Passo 5** – Desdobramento do Plano Melhoria.
- **Passo 6** – Identificação do Fenômeno Análise de Melhoria.
- **Passo 7** - Implementação Melhoria.
- **Passo 8** – Confirmação Efeitos.
- **Passo 9** - Evitar Recorrência.
- **Passo 10** – Replicação Horizontal.

Segundo Ribeiro (2014), para obtenção de resultados positivos na implantação do pilar de melhorias específicas dependerá da disciplina na aplicação da metodologia que por sua vez faz com que se consiga ter uma estruturação organizacional dentro da área fabril e assim atendendo suas métricas.

Tavarez (1999), aborda pontos importantes inseridos dentro do pilar da melhoria específica, o autor relata que este pilar procura estabelecer melhores condições operacionais em suas máquinas, busca também a redução das seis grandes perdas como a implementação de metas fazendo assim que o processo como um todo seja mapeado, medido, analisado e realizar melhorias contundentes e, por fim, estender para outros equipamentos.

2.3.5 Pilar educação e treinamento

Pereira (2009), destaca que a capacitação de todos os colaboradores é ponto chave para o desenvolvimento da organização, portanto, dentro de um projeto TPM a área de Recursos Humanos tem a responsabilidade de mapear cada habilidade do quadro de funcionários e planejar “como”, “quando” e “o que” será feito para desenvolver tecnicamente sua mão de obra.

Conforme Fogliatto e Ribeiro (2009), o pilar de educação e treinamento é onde se planeja o desenvolvimento técnico da mão de obra tanto operacional como administrativa. Essa iniciativa garante a sustentabilidade de todo o conjunto do trabalho, pois conforme as pessoas se desenvolvem mais contribuem com a empresa.

Como em todos os pilares até aqui foram necessários um método de implementação, assim Ribeiro (2014) apresenta os passos para implementação deste pilar:

- **Passo 1** – Políticas e Diretrizes.
- **Passo 2** – Programa de Desenvolvimento.
- **Passo 3** – Treinamento em Habilidades de Operadores e Manutentores.
- **Passo 4** – Plano de Desenvolvimento de Habilidades.
- **Passo 5** – Programa de Auto Desenvolvimento.
- **Passo 6** – Avaliação e Planejamento Futuro.

2.3.6 Manutenção da qualidade

Segundo Tavares (1999), esse pilar leva em consideração a preocupação de avaliar a estrutura operacional e a qualidade do produto fornecida pela empresa, além disto, é importante salientar que se devem definir parâmetros, ou indicadores, onde possam acompanhar o comportamento de seus equipamentos. Ainda o mesmo autor reforça o método de rodar este pilar seguindo 10 passos:

- **Passo 1** – Determinar a Situação Atual.
- **Passo 2** – Exame do Processo que gerou Defeitos.
- **Passo 3** – Examinar e Analisar as Condições dos 4M.
- **Passo 4** – Estudar as Contra Medidas e Restaurar os Funcionamentos.
- **Passo 5** – Analisar as condições dos Produtos não Defeituosos.
- **Passo 6** – Kaizen de Defeitos das Condições 4M.
- **Passo 7** – Estabelecer as Condições 4M.
- **Passo 8** – Melhorar a Intensificação do Método de Comprovação.
- **Passo 9** – Decidir os Valores Padrão de Comprovação.
- **Passo 10** – Revisar as Normas.

Para finalizar, Ribeiro (2014), descreve que o pilar da manutenção da qualidade busca trazer padrões de processos no meio fabril como único objetivo de garantir a qualidade exigida pelo cliente. São inúmeros os processos implantados para controles de produção e esta etapa pode ser vista como a base para ter embasamento documental com a prática.

2.3.7 Controle inicial

Segundo Pereira (2009), esta etapa pode ser vista como um conjunto de atividades que visam à realização de estudos e atividades relacionadas com a manutenção e compra de ativos. Esses estudos contemplam cuidados como a facilidade de acesso em todas as partes da máquina para uma possível intervenção da manutenção, bem como qualidade de componentes, proteções prontas de fábrica contra resíduos e uma combinação de gerenciamento aplicada a engenharia para que o equipamento a ser comprado atenda todas as necessidades produtivas como segurança, qualidade e manutenção.

Tavarez (1999), aborda pontos mais estratégicos relacionados à etapa de controle inicial. O autor descreve a necessidade de haver uma área de engenharia de manutenção, a qual deve ser responsável por avaliar todos os pontos relacionados a produção, segurança, qualidade, produtividade, manutenção e a estrutura necessária para a instalação do equipamento. Para o autor, a compra de um novo equipamento deve ser de responsabilidade desta área. Se há peças de reposição a pronta entrega, qual o custo total envolvido de forma a ter todos os dados necessários para definir pela compra ou não de um determinado equipamento também deve ser de responsabilidade dessa área denominada pelo autor como engenharia de manutenção.

2.3.8 TPM administrativo

O sétimo pilar é a TPM Administrativa Ribeiro (2014), descreve algumas observações relativas a cuidados que as empresas devam ter na implantação desse pilar. Segundo o autor, inúmeras fabricas acabam pecando nesta etapa devido às pessoas responsáveis por gerenciar a implementação da TPM se preocupam em aumentar somente a produtividade na manufatura e acabam esquecendo que o

sucesso ocorre quando todo o conjunto da obra ganha produtividade, ou seja, para o autor não basta se preocupar somente com a manufatura do produto mas, com todas as áreas, inclusive os setores administrativos pois em muitos casos o administrativo é uma área de apoio à manufatura.

Contribuindo com assunto Takahashi e Yoshikazu (1993), é pontual ao comentar sobre este pilar. Segundo os autores o conceito deste pilar é inerente ao objetivo da filosofia TPM onde todas as áreas devem ser envolvidas para implementação e manutenção da TPM.

Finalizando, Takahashi e Yoshikazu (1993), descrevem que áreas administrativas também devem avaliar e atacar suas perdas, pois cada espaço ocupado no computador, cada procedimento, devem ser analisadas se são realmente são necessários, desta forma os autores sugerem 5 passos para a implantação desse pilar:

- **Passo 1** - Ações para Melhorar o Ambiente Físico.
- **Passo 2** - Mapeamento da Situação Atual dos Processos.
- **Passo 3** - Desenvolvimento de Melhorias de Processos.
- **Passo 4** - Implementação e Padronização.
- **Passo 5** - Gerenciamento Autônomo.

2.3.9 Pilar segurança, saúde e meio ambiente

Segundo Tavares (1999), esse pilar da TPM está sendo cada vez mais visado. Toda empresa tem uma área de segurança do trabalho onde o principal objetivo é garantir que todos os processos sigam procedimentos e leis cujo objetivo final é garantir a segurança de todos com o menor impacto possível ao meio ambiente.

Ribeiro (2014), vai mais a fundo neste assunto. Segundo o autor, as atividades como a eliminação de fontes de sujeiras, eliminação de locais de difíceis acessos ajudam a contribuir com a segurança e o meio ambiente, ou seja, este pilar esta entre lado com todos os pilares porque de certa forma pilares como o da melhoria especifica valoriza ações ou melhorias focadas em ergonomia, meio ambiente e segurança.

Para Ribeiro (2014), todos os pilares estão, de certa forma, auxiliando um ao outro, pois todas as ações irão eliminar algum desperdício e com ela trará mais conhecimento, habilidade, segurança e produtividade nunca esquecendo os cuidados com o meio ambiente.

Finalizando com seu parecer Ribeiro (2014) compartilha os 5 passos para implementar de forma produtiva os conceitos desse pilar:

- **Passo 1** - Levantamento das Inconveniências
- **Passo 2** - Eliminação das inconveniências.
- **Passo 3** - Padronização dos Procedimentos/Métodos.
- **Passo 4** - Investigação Análises de Acidentes.
- **Passo 5** - Definições para Acidentes zero.

2.4. TÉCNICAS PARA MEDIR E ATACAR PERDAS – TPM

Para Ribeiro (2014), a filosofia TPM existe várias técnicas para conhecer seus problemas como também para analisar o comportamento de suas falhas dentro de alguns períodos. A filosofia traz alternativas para definir, medir, analisar, melhorar e controlar os processos operacionais. O mesmo autor apresenta a ferramenta PQCDSM. Segundo o mesmo, essa ferramenta é a base do monitoramento e comparativo do “antes” e o “depois”. Abaixo se apresenta o detalhamento da ferramenta:

- **P – PRODUTIVIDADE** (em inglês, *Productivity*): Neste indicador busca-se evidenciar o aumento do volume de produção por turno e operadores assim como analisar o aumento da disponibilidade do equipamento para que assim se tenha ideia da redução de paradas não planejadas. Para medir essas informações pode ser usado a ferramenta de gestão chamada OEE (*Overall Effectiveness Equipment*) mais conhecido como Eficiência Global do Equipamento.
- **Q - QUALIDADE** (em inglês, *Quality*): Esse indicador tem como objetivo mapear o nível de produtos defeituosos ou os números de reclamações internas de produtos com defeitos. Pode ser usado a OEE para avaliar este quesito também. Como ferramentas a serem utilizadas para auxiliar nesta etapa sugere-se gráfico de Pareto.

- C - CUSTO (em inglês, *Cost*): Este indicador é responsável por mapear todos os custos com consumíveis, consumo de energia, redução de estoques e simplificações de processos, ou seja, quanto mais custos a empresa conseguir mapear mais oportunidades de redução a mesma terá. Como ferramentas a serem utilizadas para auxiliar nesta etapa sugere-se carta de controle.
- D - ENTREGA (em inglês, *Delivery*): Além de evidenciar anomalias dentro de cada processo deve-se analisar como está as entregas dos produtos, ou seja, identificar o status do planejado com a entrega real, para isso cada empresa utiliza meios nos quais melhor se adaptam, não há ferramentas específicas neste conceito.
- S - SEGURANÇA (em inglês, *Safety*): Busca eliminar impactos ambientais e melhorar as condições de trabalhos para com seus colaboradores. Este método normalmente é medido através da quantidade de situações de riscos que os operadores identificam e tomam ações, ou seja, esta medição é efetuada de seguinte forma, quanto mais os operadores buscam evidenciar condições que possam ter algum tipo de impacto tanto no meio ambiente como em sua segurança mais esta sendo positivo devido o engajamento operacional em eliminar riscos dentro da fabrica.
- M - MORAL (em inglês, *Motivation*): Para medir a moral ou a motivação dos funcionários não existe uma ferramenta específica, as empresas normalmente medem este quesito com o número de ideias sugeridas, com o absenteísmo baixo e com a eliminação de acidentes de trabalho. Cada empresa tem liberdade para escolher ou criar meios onde se adapte a essa medição.

Para finalizar o assunto, Takahashi e Yoshikazu (1993), descrevem que onde e em qualquer organização que se queira medir algo é preciso investigar a realidade sem se deixar confundir por noções baseadas na convivência e assim consigam respostas para duvidas como “Qual é o problema mais impactante?”, “Qual é o comportamento deste problema?” Portanto a melhor saída é conhecer o PQCDMS para ter conhecimento geral de todas as partes envolvidas no processo.

2.4.1 Eficiência global do equipamento (OEE)

Deve se tomar uma atenção especial para este tópico porque o principal indicador utilizado neste trabalho de conclusão de curso é a OEE. A empresa pesquisada cedeu uma máquina para implantação deste trabalho. O equipamento utilizado possui uma base de dados de aproximadamente nove anos, o que trouxe robustez aos resultados da OEE.

Para Kardec *et al.* *Apud* Belém e Wanderley (2006), definir quais indicadores irá medir um processo é extremamente importante levando em conta que serão em cima dos dados apresentados pelos indicadores que serão realizados diversos trabalhos, seja eles de melhorias ou investimentos. São as informações extraídas desse banco de dados que terá um efeito em várias áreas, olhando para este ponto de vista pode-se dizer que se os dados estiverem errados certamente as ações estarão sendo focadas em locais ou processos onde não necessariamente os mais impactantes.

Sendo assim o mesmo autor complementa que o indicador *Overall equipment effectiveness* (traduzindo para português como “eficiência global de equipamentos”, ou simplesmente OEE) se destaca e leva consigo como a ferramenta mais utilizada para medir e mapear as perdas de máquinas, processos e atividades. A OEE se tornou indicador mais utilizado por gestores dos mais diversos processos, se trata de medir a disponibilidade, eficiência e qualidade do meio fabril.

A ferramenta OEE é um indicador que faz parte da TPM onde a sua utilização é para medir a eficiência, disponibilidade e qualidade sobre os equipamentos. A OEE tem a finalidade de mapear todas as perdas dentro do processo que por sua vez gera gráficos que ilustram os resultados desta medição. A OEE verifica e permite que os gestores analisem o quanto o equipamento esta sendo utilizado de forma correta e eficiente (RODRIGUES; MEZA, 2009).

Para Proença e Tubino (2010), a OEE é uma ferramenta que serve como um indicador que mede a diferença entre o estado perfeito com o estado real de entrega do equipamento analisado.

2.4.2 Tipos de perdas mapeadas na OEE

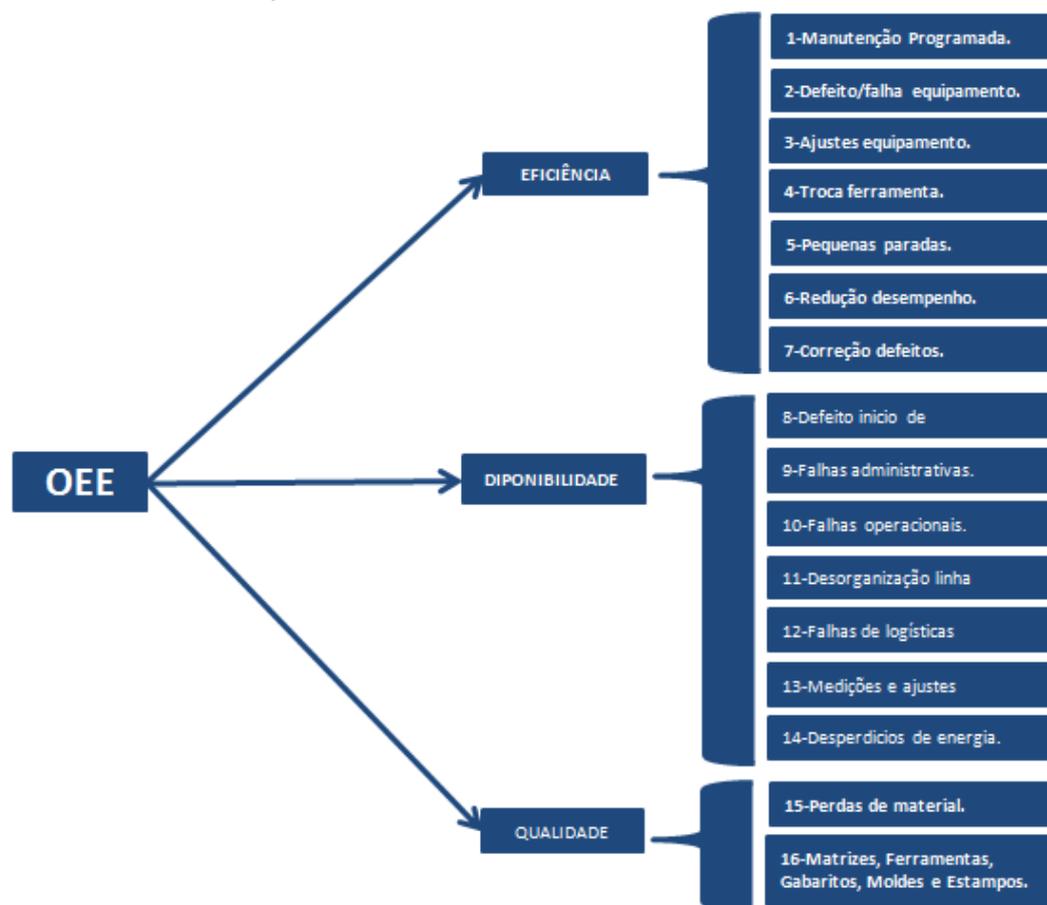
Antes de entrar na literatura do tema vale destacar que cada empresa define

como será trabalhado com suas perdas e como irá nomeá-las. Esse tópico traz a literatura de modo mais robusto no contexto fabril, por tanto, o principal objetivo é trazer para o leitor uma pequena amostragem dos tipos de perdas que impactam nos processos de produção.

Para falar sobre perdas Ribeiro (2014), prefere associar os objetivos da TPM com a utilização da OEE. Devido a TPM buscar constantemente a maximização da vida útil de seus equipamentos a mesma deve utilizar meios para mapear as perdas para que deste modo seja conhecido quais são as perdas e como elas se apresentam.

Ainda Ribeiro (2014), classifica os dados da OEE em 3 grupos, eficiência, disponibilidade e qualidade, no entanto dentro desses três grupos o autor detalha a possibilidade de 16 diferentes modos de falhas conforme Figura 3:

Figura 3 – Estrutura de perdas da OEE.



Fonte: Adaptado de Ribeiro, 2014, p.48.

2.4.3 Cálculo OEE

Através de uma base de cálculos pode-se chegar ao valor da OEE, através do resultado se mede o quanto o equipamento esta sendo utilizado de maneira correta (SANTOS ; SANTOS, 2007).

Para Ribeiro (2014), Índice de Disponibilidade Operacional (IDO) é o tempo bruto, ou seja, é o tempo que a máquina esta disponível para trabalhar, ou também, é uma relação entre (tempo operacional) da máquina e o tempo disponível (tempo de carga).

$$\text{IDO} = \frac{\text{Tempo de Carga} - \text{Tempo com paradas}}{\text{Tempo de carga}} \times 100$$

Ainda Ribeiro (2014) o Índice de Performance Operacional (IPO) é tempo projetado para realizar uma determinada operação e o tempo real. Consegue-se chegar neste índice através da formula de calculo a seguir:

$$\text{(IPO)} = \frac{\text{Tempo de Ciclo teórico} \times \text{Quantidade de peças Produzidas}}{\text{Tempo Operacional}}$$

Ribeiro (2014) finaliza exemplificando que o Índice da Qualidade (IQ) se encontra pela seguinte formula:

$$\text{(IQ)} = \frac{\text{Quantidade produzida} - (\text{Quantidade defeituosa} + \text{reprocessada})}{\text{Quantidade de peças produzidas}} \times 100$$

Então, o índice da OEE é a multiplicação dos valores encontrados da disponibilidade, performance e qualidade,ou seja:

$$\text{OEE} = (\text{IDO}) \times (\text{IPO}) \times (\text{IQ}) = \%$$

De acordo com Nakajima (1989), a meta ideal da OEE é chegar a 85% de efetividade no equipamento. E salienta também que mapear suas perdas e saber como trabalhar é atividade mais importante dentro de uma corporação. Uma empresa com dificuldade de medir seu processo terá, também, dificuldades em restaurar as condições básicas dos seus equipamentos.

3 METODOLOGIA

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS APLICADAS

Com a identificação da necessidade de melhorar a eficiência global de equipamentos como também reduzir o número de quebras em uma empresa do agronegócio situada no estado do Rio Grande do Sul, faz averiguar novas filosofias de trabalho como a TPM. Filosofia essa que busca melhorias e ações corretivas para o processo de corte a laser.

Com essas evidencias, o objetivo principal deste TFC é aumentar a eficiência e diminuir o número de quebras no processo de corte a laser, utilizando como metodologia a filosofia TPM. Além de ganhos mensuráveis, o acadêmico terá oportunidade de obter uma base sólida no que se refere teoria com a prática.

Este TFC se caracteriza como pesquisa-ação, Turrioni (2010) atesta esta etapa com os seguintes passos de desenvolvimento do mesmo:

- Planejamento de pesquisa;
- Coleta de dados;
- Análise de dados;
- Avaliação da ação;

Ainda Turrioni (2010), afirma que a pesquisa-ação permite buscar a solução de meios produtivos de modo fácil e objetiva, sendo assim esta proposta traz a confiança que se obterá resultados satisfatórios ao longo da implementação.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

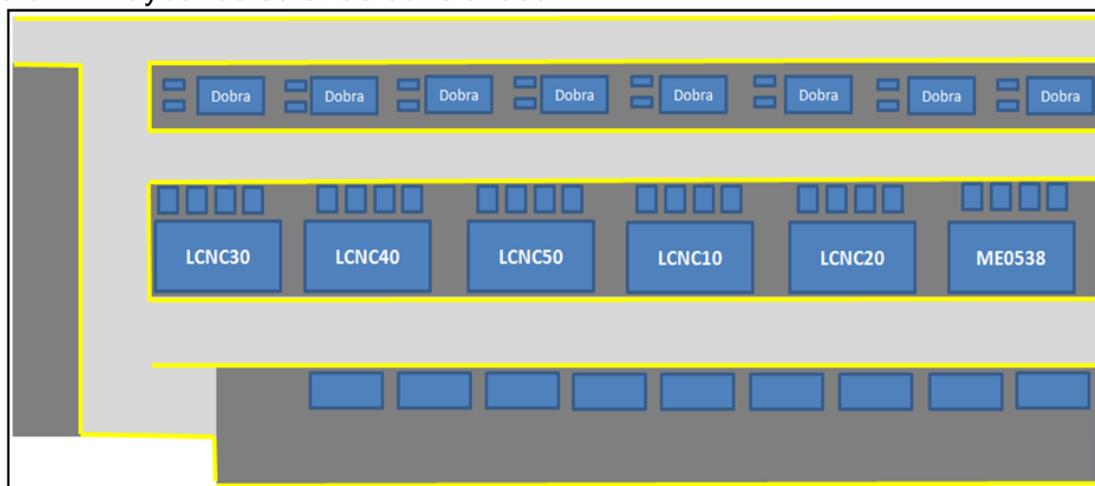
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE CORTE A LASER

O setor de corte a laser da empresa pesquisada conta com seis máquinas lasers, todas da marca Trumpf¹.

As máquinas são denominadas como LCNC10, LCNC20, LCNC30, LCNC40, LCNC50 e ME0538. Esses equipamentos atualmente trabalham em dois turnos, sendo um operador por máquina e capacidade de produção de aproximadamente 130.000 peças por mês,

As máquinas de corte laser estão alinhadas ao lado das dobradeiras conforme layout representado na Figura 4.

Figura 4 – Layout do setor de corte a laser



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO NA ÁREA DE CORTE LASER

O processo tem início com o recebimento de chapas planas que são estocadas no armazém de matéria prima. O recebimento, estocagem e distribuição da matéria-prima nas máquinas de corte laser é de responsabilidade do setor da

¹ A empresa de alta tecnologia TRUMPF fornece soluções de fabricação nas áreas de máquinas-ferramentas, lasers e eletrônica. Estes são utilizados na fabricação dos mais diversos produtos, de veículos, tecnologia de construção e dispositivos móveis ao armazenamento de dados. TRUMPF é a líder mundial em tecnologia de máquinas-ferramentas usadas no processamento de chapas flexíveis e também em lasers industriais. (Fonte: <http://www.br.trumpf.com/>)

logística.

Para acionar a logística, primeiramente, é necessário haver programas de corte, na empresa chamados de “pacotes de produção”. Os pacotes de produção são criados por programadores de máquinas do setor de corte. Após criados os pacotes de produção, estes são impressos e disponibilizados aos operadores de máquinas laser com todos os dados necessários para acionar a logística. Ao receber os pacotes de produção, os operadores de máquinas laser sinalizam a necessidade de matéria prima à logística.

Ao receber a matéria prima, os operadores fazem os ajustes necessários nas máquinas (operacionalmente chamado de “setup” de máquina) para iniciar o processo de corte. Durante o decorrer do processo o operador da máquina de corte laser armazena as peças em estrados, caixas KLTs e/ou caixas padrões de metalão, dependendo do tamanho ou configuração de cada peça. Além da separação de peças o operador tem a responsabilidade de controlar a quantidade de peças conforme a informação contida no pacote de produção. Após a execução do processo de corte o operador informa a logística para que seja dado destino às peças ao processo seguinte, podendo ser: Dobra, solda ou pagamento direto ao processo de pintura, deste modo garantindo o fluxo de produção.

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DA FILOSOFIA TPM NA ÁREA DE CORTE LASER

Quando a empresa pesquisada definiu pela implantação da filosofia TPM seu objetivo central era reduzir os números de quebras e aumentar a eficiência global de equipamentos alinhadas deste modo com os objetivos estratégicos globais da empresa. Uma vez definido a filosofia de trabalho, toda estrutura de gestão da empresa alinhou seus objetivos a jornada TPM.

Os gestores definiram que primeiramente seriam implantados os pilares da manutenção autônoma e da manutenção profissional da TPM. Devido à complexidade e extensão de um trabalho, este TFC limitou-se aos primeiros três passos da manutenção autônoma da filosofia TPM.

Após definição dos pilares foco, a empresa se preocupou em divulgar os passos de implantação da TPM a todos os níveis organizacionais (operacional e administrativo) gerando, assim, um comprometimento de todos os envolvidos com a jornada TPM. A divulgação objetivou quebrar barreiras de resistência, atitudes de

certa forma normal quando se pretende implantar algo totalmente diferente do cotidiano.

Para reforçar os objetivos e quebrar resistências, buscando ter o mesmo nível de entendimento sobre o assunto, foram disponibilizados treinamentos introdutórios sobre a TPM a todos que, de alguma forma, estariam envolvidos com o trabalho.

Nessa fase de preparação foi definido um cronograma de atividades conforme Figura 5.

Figura 5 – Cronograma de atividades de preparação

		2015		
		OUT	NOV	DEZ
PREPARAÇÃO	ATIVIDADES			
	Decisão e Declaração da empresa sobre a TPM.			
	Divulgação da TPM como filosofia de trabalho.			
	Treinamento introdutório TPM gerência, supervisores e líderes.			
	Definição do Gestor do Pilar da Manutenção Autônoma.			
	Definição Area Piloto.			
	Definição do Time (operadores, manutentores e facilitadores).			
	Levantamento do estado atual do equipamento piloto.			
	Definir fluxo de etiquetas.			
	Definir atas de reuniões MA e MP.			
Definir modo de cadastro etiqueta MP.				

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Conforme cronograma, uma das atividades foi definir a área piloto, para tal decisão a empresa pesquisada tomou como base para a escolha o alto custo agregado em seu patrimônio, ou seja, as máquinas lasers foram escolhidas para que iniciassem o processo de implementação da filosofia TPM.

Uma vez definido qual o processo produtivo começar, o próximo passo foi definir qual das máquinas lasers seria o piloto. Para essa definição a empresa pesquisada utilizou como base os históricos de manutenção corretiva, ou seja, a quantidade de tempo de máquina parada por quebra. A máquina que obtivesse o maior tempo de paradas dentro de um período de seis meses seria o piloto de implantação da TPM.

Feito a análise de dados, no qual segue no Apêndice A do gráfico de maiores paradas de máquinas, a gestão tomou a decisão que a máquina piloto seria a laser LCNC30, a mesma tem o maior índice de parada 22,6%, isso justifica esse equipamento passar por um novo método de trabalho.

4.3.1 Definição do time manutenção autônoma (MA)

Uma vez definido o processo e máquina piloto, chegou o momento da definição do time de trabalho para conduzir a jornada TPM. O supervisor de corte e conformação ficou como responsável pela implantação do pilar da manutenção autônoma (MA). Esse, por sua vez, se encarregou de definir o time e suas responsabilidades. É importante observar que o time foi formado por colaboradores de todos os turnos de produção, essa atitude buscou envolvimento de todos no trabalho.

4.3.2 Definição e fluxo de etiquetas de manutenção

Para uma melhor compreensão do que é uma etiqueta de manutenção é importante fazer um breve resumo.

Uma das mudanças de cultura mais impactantes na empresa pesquisada foi a utilização de “etiquetas de manutenção” para caracterizar as anomalias encontradas no processo. As chamadas “etiquetas” é um documento onde o operador descreve anomalia apresentada pela máquina (anomalia pode ser um ruído, princípio de vazamento, aquecimento inesperado, etc.). Após descrever a anomalia a etiqueta é anexada no ponto onde foi identificado o problema ou, caso não seja possível anexar diretamente no ponto (áreas móveis, ou possui impacto em segurança) a etiqueta é anexada em uma área próxima a este.

A empresa criou dois tipos de “etiquetas”. A etiqueta na cor vermelha é emitida somente quando o operador evidenciar uma possível anomalia no qual o mesmo não tem autorização ou não tem habilidade para resolver, ou seja, é preciso encaminhar esse documento para a manutenção. A etiqueta na cor azul é emitida para evidenciar anomalias onde o próprio operador consiga realizar os reparos necessários. O processo de abertura de ambas “etiquetas” é o mesmo, o que muda é o destino destas. A etiqueta vermelha é encaminhada para o setor de manutenção enquanto que a etiqueta azul fica com o operador que a registrou o problema.

A identificação de anomalias via “etiquetas” além de favorecer a gestão visual das falhas, também cria um sentimento de propriedade aos operadores, evoluindo de tal maneira que auxilia na busca de trazer a máquina para o estado ideal. A figura 6 representa o padrão de etiquetas.

Figura 6 – Etiquetas azul e vermelha

The figure shows two maintenance tags side-by-side. The left tag is blue and numbered 0177, while the right tag is red and numbered 1662. Both tags have a header with 'ETIQUETA Nº' and 'PRIORIDADE' (A, B, C). Below the header are fields for 'SETOR:', 'DATA: / /', 'TURNO:' (1°, 2°, 3°), 'EQUIPAMENTO:', and 'OPERADOR:'. The main body of each tag is divided into two columns: 'MODO-FALHA:' and 'TIPO:'. The 'MODO-FALHA:' column lists various failure modes with checkboxes, such as 'Ausente', 'Danificado', 'Desgastado', 'Folga', 'Fora de Padrão', 'Obsoleto', 'Queima', 'Mau-contato', 'Quebra', 'Ruído', 'Sujeira', 'Vazamento', and 'Outro:'. The 'TIPO:' column lists types of failures with checkboxes, such as 'Controle Visual', 'Corrosão / Pintura', 'Elemento de Fixação', 'Elétrica / Instrumentação', 'Fonte de Sujeira', 'Hidráulica', 'Isolamento', 'Lubrificação', 'Local Difícil Acesso', 'Pneumática', 'Transmissão', and 'Vedação'. At the bottom of each tag is a section for 'DETALHAMENTO DO PROBLEMA:' with several lines for text. The bottom-most section of each tag contains distribution instructions: the blue tag has '1ª VIA: MANUTENÇÃO / PLANEJADOR' and '2ª VIA: LOCAL DE PROBLEMA ENCONTRADO'; the red tag has '1ª VIA: MANUTENÇÃO / PLANEJADOR', '2ª VIA: CADERNO DE CONTROLE', and '3ª VIA: LOCAL DO PROBLEMA ENCONTRADO'.

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Conforme o exemplo da figura 6 o operador quando se depara com algum ruído, vazamento, cheiro fora da normalidade, o mesmo analisa se pode e se tem habilidade para resolver o problema, dependendo da resposta o operador abre uma etiqueta azul ou vermelha. Na etiqueta são anexadas informações básicas de qual é o modo de falha, tipo de falha (elétrica ou mecânica), turno de trabalho, equipamento e setor.

Caso for aberta uma etiqueta vermelha o mesmo encaminha para o líder da área e explica a sua complexidade, então o líder da área encaminha para a manutenção.

A etiqueta azul só muda o fluxo, ou seja, caso o operador emitir uma etiqueta azul ele mesmo será responsável pela correção da anomalia observada.

4.3.3 Definição de reunião entre manutenção autônoma (MA) e manutenção profissional (MP)

A TPM é uma filosofia onde aproxima áreas como manutenção e operação. Uma das atividades que contribuem para aproximar essas áreas são as reuniões entre MA e MP, essas reuniões tem como objetivo agendar datas para solucionar as anomalias descritas nas etiquetas. Nessas reuniões os emissores das etiquetas solicitam aos mantenedores as datas para a solução de etiquetas, assim como o atendimento da meta de igual ou superior a 80% da resolução de etiquetas abertas.

As reuniões entre MA e MP são semanais, quintas-feiras, às 09:00 horas da manhã, em frente a máquina que apresentou a anomalia, com a presença do operador que registrou o problema, do funcionário da manutenção (manutentor) e do líder de produção da área.

4.4 INÍCIO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DA MA DA FILOSOFIA TPM

Finalizado todas as etapas de preparação, inicia-se o processo de implementação no físico, ou melhor, no piso de fábrica. O diretor da empresa, em parceria com toda a gestão, convidaram todas as áreas da empresa para participarem desse evento. O objetivo desse evento foi destacar a importância dessa nova metodologia e reafirmar o comprometimento de todos para garantir o sucesso.

Para os próximos passos definiu-se um cronograma detalhado de cada atividade e datas de entregas (Figura 7), todas as atividades são monitoradas para garantir a entrega e a maneira que será realizada.

Figura 7 – Cronograma das atividades do 1º Passo MA

ATIVIDADES		2016								
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1º Passo da MA	Treinamento e capacitação do 1º passo da MA. (Operadores e Manutentores).	█								
	Realizar o dia da Grande limpeza "DIA D".	█								
	Identificar anomalias no equipamento através de etiquetas.	█								
	Definir data para solucionar cada etiqueta levantada no dia "D".	█								
	Disponibilizar quadro de indicadores no equipamento.		█							
	Treinamento de OEE operadores e facilitadores.		█							
	Medir tempo de inspeção do antes e depois.			█						
	Tirar fotos do antes e depois.			█						
	Registrar melhorias realizadas.				█					
	Estruturar sistemática de aprovação das FA.				█					
	Definir responsável pela elaboração da FA.				█					
	Capacitar os operadores nos conceitos de lição ponto a ponto FA.				█					

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

4.4.1 Primeiro passo da MA: Limpeza inicial.

Para cada passo do pilar da manutenção autônoma foi conduzido treinamentos específicos envolvendo os operadores da linha piloto, manutentores, facilitadores e gestores. Em janeiro de 2016 foi realizado o treinamento do 1º passo da MA conforme as Figuras 8 e 9.

O objetivo do treinamento foi ensinar os conceitos básicos de TPM e a forma correta de emitir uma etiqueta. A empresa entende que o treinamento prepara os operadores para seguirem corretamente os novos métodos de trabalho sempre focando na eliminação de quebras e o aumento na eficiência global do equipamento, segue algumas fotos para ilustrar o evento.

Figura 8 – Evento abertura



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 9 – Treinamento 1ºPasso MA



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

4.4.1.1 Dia da grande limpeza (O dia “D”)

No mesmo dia que foi realizado o treinamento do 1º passo do pilar da MA todos os participantes foram levados até a máquina piloto, ao chegar no equipamento a equipe da MP inicia abertura de blindagens, proteções e barramentos. Os operadores por sua vez iniciam a limpeza de todo o equipamento. Método esse chamado de “dia D” da jornada TPM. O objetivo do “dia D” foi permitir que a máquina fosse restaurada para o seu estado ideal de funcionamento de maneira a diminuir o número de quebras. Então, todos iniciam a limpeza e conforme limpam identificam anomalias que até então não se conseguia identificar, por fim abrem etiquetas onde deixam no ponto onde evidenciaram uma possível quebra. As Figuras 10,11,12,13 logo abaixo ilustram este processo.

Figura 10 - Abrindo equipamento



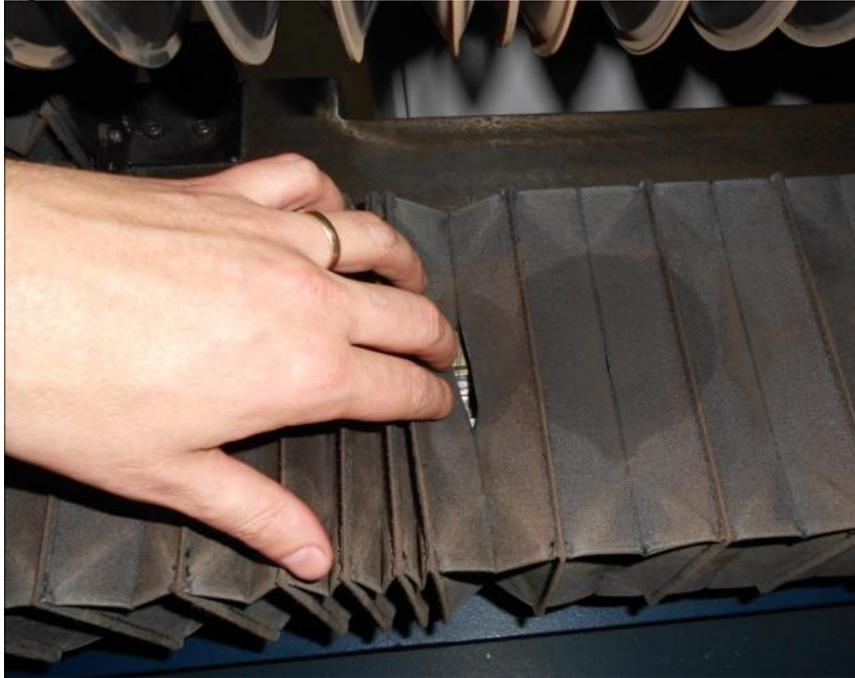
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 11 - Limpando equipamento



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 12 - Identificando anomalias



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

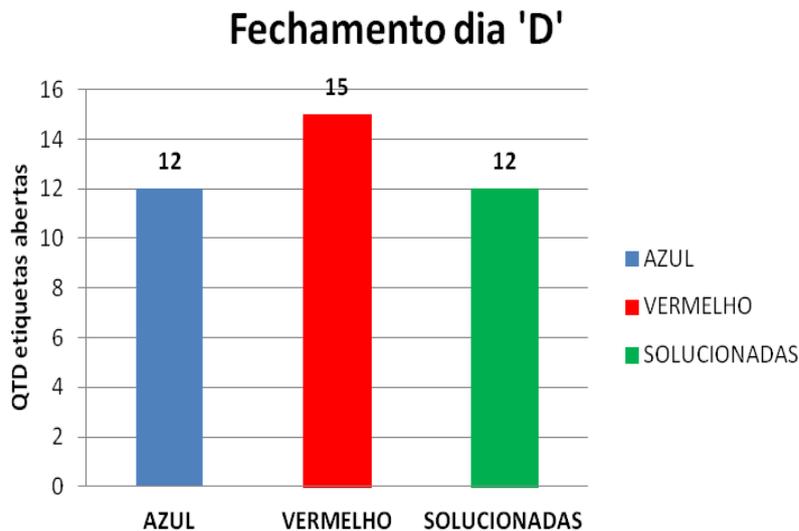
Figura 13 - Etiquetagem de anomalias



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Entre treinamento e limpeza de todo equipamento a equipe de trabalho abriu 27 etiquetas, sendo 15 etiquetas vermelhas e 12 etiquetas azuis (Figura 14). As etiquetas azuis foram todas resolvidas no dia 'D'.

Figura 14 – Gráfico de etiquetas abertas e fechadas dia 'D'



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

4.4.1.2 Quadro TPM (MA)

Realizado o “dia D”, as próximas atividades foram iniciar a medir os processos e fazer a gestão das etiquetas (abertas e fechadas). Nesse processo, observa-se que o operador começa a ter atividades gerenciais de seu equipamento, o mesmo inicia as medições para tomar ações. Reforçando, com isso, o sentimento de propriedade do operador para com o equipamento e comprometimento com a jornada TPM.

O método de gestão a vista para os indicadores do PQDCSM foi desenvolvido pelo o líder de produção juntamente com os operadores da máquina piloto. Esse processo foi chamado de Quadro TPM (MA). O quadro TPM foi exposto em frente ao equipamento e apresenta todas as informações necessárias para a gestão do equipamento como: Produtividade da máquina, Qualidade das peças produzidas, Entregas, Custo, Segurança e Moral (PQCDSM).

O operador tem a responsabilidade de manter os dados atualizados diariamente (Figura 15), pois dessas informações partem as ações de melhoria. O líder de produção fornece todo o suporte necessário ao operador.

Figura 15 – Quadro PQCDSM



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

4.4.1.3 Reunião entre MA e MP

Conforme descrito nos capítulos anteriores à reunião MA com a MP tem como objetivo definir datas para solucionarem as etiquetas abertas, essas verificações são documentadas semanalmente através de atas assinadas por todos participantes. O responsável por conduzir essa reunião assim como cobrar ações tanto da manutenção como da liderança é o operador da máquina que apresentou as anomalias registradas nas etiquetas.

Todas as etiquetas devem apresentar as datas para que sejam solucionadas as anomalias. Sob o ponto de vista de mudança de cultura e sustentabilidade da jornada TPM essas ações são primordiais para o sucesso. A Figura 16 mostra a imagem da reunião da MA e MP.

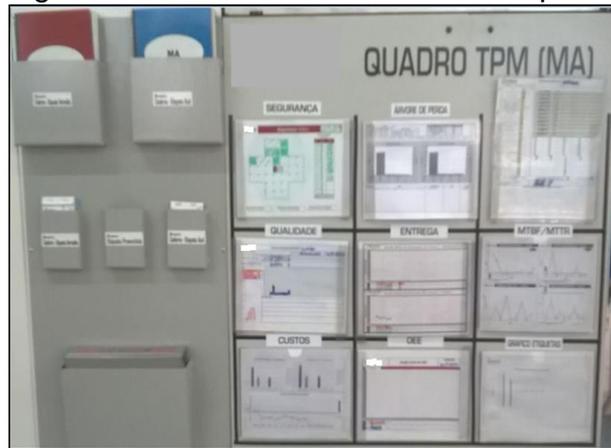
Figura 16 – Foto da reunião MA e MP



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Objetivando melhorar a gestão das etiquetas a equipe desenvolveu um método de controle de todas as etiquetas e atas. Esse método é simples e prático, apenas foram elaborados dois cadernos com capas azuis e vermelhas e as etiquetas definindo um fluxo diferenciado (Figura 17).

Figura 17 – Cadernos de controle etiquetas



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

As etiquetas vermelhas são emitidas em três vias. A primeira via seguirá para a manutenção, a segunda via é anexada ao caderno vermelho e a terceira via é alocada no ponto onde foi identificada a anomalia.

Para as etiquetas azuis são emitidas em duas vias. A primeira via é anexada ao caderno azul e a segunda é alocada no equipamento próximo ou no ponto onde foi identificada a anomalia. Depois de solucionadas as etiquetas, tanto as vermelhas como as azuis, são retiradas do equipamento e coladas no caderno ao lado da outra via (Figura18).

Figura 18 – Etiquetas armazenadas no caderno



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Todas essas ações foram realizadas para permitir que o operador possa administrar todas as informações de uma forma segura e medir como esta a produtividade, qualidade, custo, segurança e moral do seu processo.

4.4.1.4 Fique atento (FA)

Ainda, no primeiro passo da manutenção autônoma, foram disponibilizados treinamentos para os operadores, manutentores e facilitadores sobre o que é o documento “Fique Atento - FA”, qual é o objetivo do mesmo e onde deve ser aplicado.

O “FA” tem objetivo de definir padrões de atividades tanto organizacional como de conhecimentos básicos operacionais. O “FA” passa a mensagem de uma forma ilustrativa do modo incorreto e o correto de uma determinada atividade, esta ferramenta é uma das bases da TPM devido a mesma ser repassada pelo próprio operador aos outros colegas de máquina, este treinamento definido que não pode passar de dez minutos.

No decorrer das atividades do primeiro passo da MA (Limpeza Inicial do equipamento) foram registrados 88 documentos “Fique Atento”, nas mais diversas atividades, definindo assim padrões de limpeza, inspeções e cuidados especiais em processos e segurança.

Disponível no Apêndice B encontra-se um modelo do documento.

Vale evidenciar o cronograma ilustrado nos capítulos anteriores, o 1º passo do pilar da MA levou quatro meses para implantar todas atividades relatadas até aqui, atividades essas onde dia a dia foram acompanhadas de perto avaliando acertos e erros, portanto aqui termina o 1º passo da MA e deixa uma base pronta para iniciar o 2º passo da MA.

4.4.2 Segundo passo da MA: Eliminação de fontes de sujeiras (FDS) e locais de difícil acesso (LDA)

Em maio de 2016 iniciou o segundo passo da Manutenção Autônoma (MA). O início desta etapa foi caracterizado pela realização de um treinamento introdutório sobre como seriam as novas atividades e suas datas de implantação. Por fim foi definido o cronograma de atividades para implantação (Figura 19).

Figura 19 – Cronograma do 2º Passo da MA

		2016									
ATIVIDADES		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
2º Passo MA	Treinamento 2º passo MA										
	Capacitar Operadores conceito Fontes de sujeiras e locais difícil acesso										
	Indetificar FDS e LDA										
	Tratamento de perdas										
	Melhorias										

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

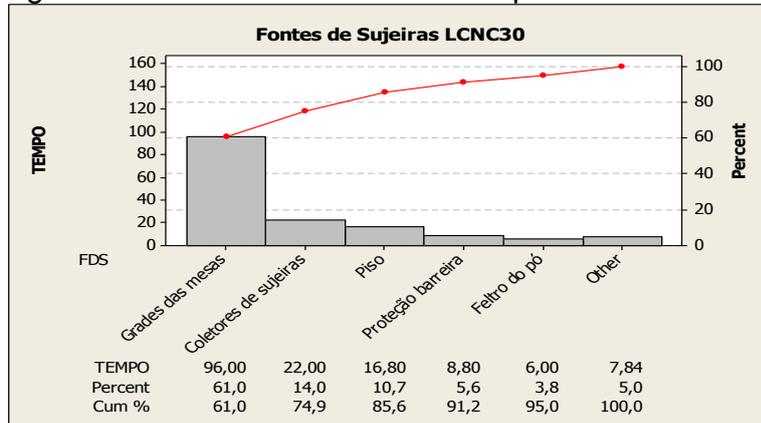
4.4.2.1 Capacitação de operadores no conceito FDS e LDA

Seguindo o cronograma da Figura 19, é disponibilizado um novo treinamento aos operadores, os mesmos são capacitados em identificar fontes de sujeiras (FDS) e locais de difícil acesso (LDA). Além de identificar, os colaboradores necessitam medir qual FDS e LDA que mais impactam em tempo. Por fim, qual destas atividades caso não limpar ou não inspecionar pode acarretar uma parada de máquina não planejada.

4.4.2.2 Medição e mapeamento das FDS

A Figura 20 ilustra o resumo das medições das FDS, esses dados foram medidos em um período de um mês para que obtivessem todas as FDS mensuradas em tempo. Uma vez mensuradas as FDS, as mesmas foram extrapoladas em uma previsão de um ano de ocorrência, no que representou em uma quantidade de horas significativa.

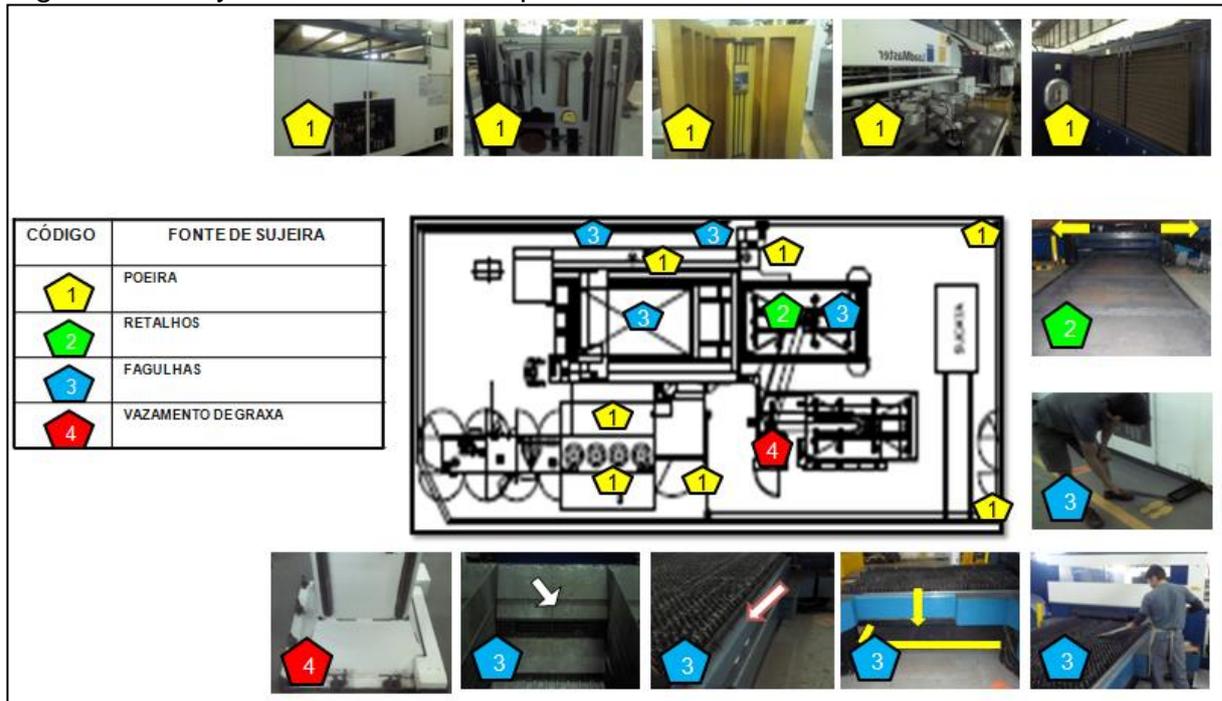
Figura 20 – Gráfico de FDS mais impactantes em tempos.



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Após de conhecer a fonte de sujidade que mais impacta em tempo e criticidade, os operadores mapearam as mesmas, esse mapa traz para todos os conhecimentos até aqui estudado, facilitando o entendimento e nivelando os conhecimentos básicos operacionais. A Figura 21 traz o resumo dessa atividade.

Figura 21 – Layout das FDS na máquina LCNC30



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Todas essas ações registradas até aqui serviram para os colaboradores conhecerem mais profundamente suas atividades, assim como os impactos destas no decorrer do processo. O segundo passo da MA tem como objetivo eliminar as quebras por falta de limpeza básica, ou seja, aquela limpeza que o próprio operador tem condições de realizar. Por este motivo conhecer o método correto de limpeza pode diminuir significativamente a probabilidade de quebra do equipamento.

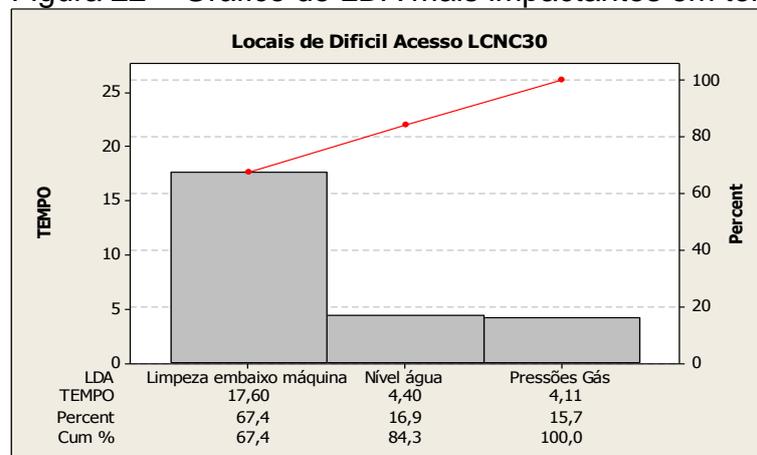
4.4.2.3 Medição e mapeamento dos LDA

Observa-se até aqui, que todas as ações são interdependentes. Quando realizado o “dia D” toda equipe de manutenção e operadores acabaram descobrindo tanto como FDS e LDA que eram necessários uma atenção especial e por sua vez

não a conheciam. Então, atividade essa de quatro meses atrás facilitou uma atividade atual.

Os locais de difícil acesso (LDA) são aqueles pontos que devem ser checados pelos operadores em uma frequência de tempo, seja diária, semanal ou mensal. A liderança com a equipe definiu que toda aquela checagem onde o operador também tivesse dificuldade de entender ou compreender seria identificado como LDA. A maneira de medição e mapeamento utilizou-se os mesmos padrões das FDS. Para compreender segue a Figura 22 do gráfico de LDA.

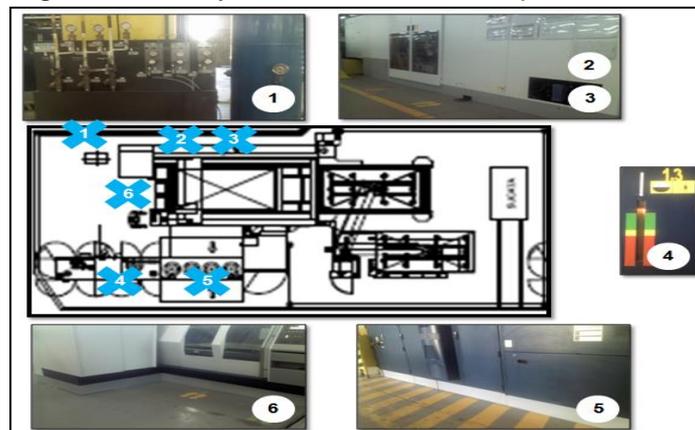
Figura 22 – Gráfico de LDA mais impactantes em tempos



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Com os mesmos pontos de vistas em ganhos de conhecimento das FDS os LDA também foram importantes para o nível de operação, portanto, os colaboradores mapearam os LDA com os mesmos objetivos descritos ao capítulo anterior das FDS. Segue a Figura 23 o layout dos LDA.

Figura 23 – Layout dos LDA na máquina LCNC30



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

4.4.2.4 Tratativa de perdas e melhorias

É importante destacar que após todas essas medições e mapeamentos, cada item evidenciado neste estudo tem uma tratativa, além de apresentar propostas de melhorias. Todas as ações estão alinhadas as metas específicas deste TFC.

4.4.3 Terceiro passo da MA: Elaboração de padrões de limpeza, inspeção e lubrificação

O 3º passo da Manutenção Autônoma (MA) basicamente tem quatro etapas que se destacam, essas atividades estão inseridas no cronograma na Figura 24.

Figura 24 – Cronograma de atividades do 3º Passo da MA

ATIVIDADES		2016										
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	
3º Passo MA	Treinamento 3º passo MA											
	Avaliar atividades da MP para a MA fazer.											
	Capacitação operadores MA em atividades da MP											
	Definir calendario de atividades definitiva para MA											

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Tendo como conhecimento e prática dos dois primeiros passos, a equipe passa para a última etapa proposta neste TFC. O 3º passo da MA tem como objetivo passar atividades da manutenção profissional e repassar as mesmas para a MA. As equipes dos pilares MA e MP decidiram em conjunto esta definição.

A ideia é deixar a Manutenção Preventiva (MP) concentrada nas intervenções preventivas, por se tratar de conhecimento mais técnico os ganhos serão maiores. Outro ponto que justifica essa iniciativa é desafogar a MP.

Os próprios mantenedores treinaram os operadores da MA, o treinamento foi realizado na própria máquina. O equipamento serve como meio de aprendizado de toda equipe. Operadores treinados e capacitados começam, então, a definir o calendário de atividades da MA.

Esse calendário apresenta atividades diárias, semanais e mensais que os operadores deverão inspecionar lubrificar e limpar. A definição de padrões de inspeção, lubrificação e limpeza é fundamental para que todos façam essas

atividades da mesma forma. Para isto utiliza-se uma rota como também o Fique Atento (FA) de ferramentas para padronizar os modos de inspeções do equipamento. Para compreender segue três Figuras ilustrando essas atividades descritas acima.

Figura 25 – Treinamento da MP para operadores da MA



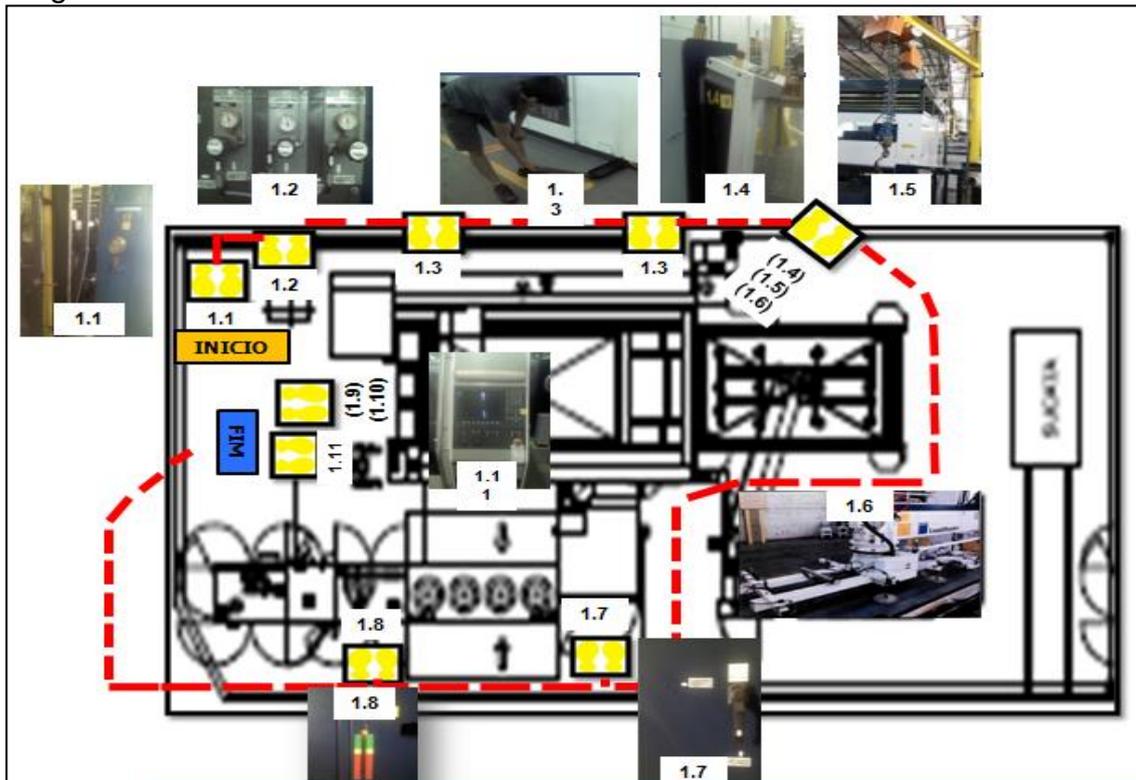
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 26 – Calendário de atividades da manutenção autônoma (MA)

Total Productive Maintenance																																							
SETOR: ESTAMPARIA		MAQUINA: LONCIV	DIÁRIO	SEMANAL	MESESAL	1out	2out	3out	4out	5out	6out	7out	8out	9out	10out	11out	12out	13out	14out	15out	16out	17out	18out	19out	20out	21out	22out	23out	24out	25out	26out	27out	28out	29out	30out	31out			
FREQ.	Nº	TAREFA	MÉTODO	FIQUE ATENTO	PMA	PILAR																																	
1 - DIÁRIO	1.1	Verificar as pressões dos filtros de ar comprimido e se estão ligados.		L083 / L088		INS	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK									
	1.2	Verificar as pressões dos gases He, CO2 e N2 e se estão ligados.		L023		INS	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK								
	1.3	Limpar os coletores de sujeiras que ficam embaixo da máquina de corte.		L031		LIMP	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK								
	1.4	Verificar se as barreiras luminosas estão funcionando.		L007		SEG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK								
	1.5	Verificar se a bandeira, talha, imã e manipuladores estão funcionando corretamente.				SEG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK								
	1.6	Verificar a sucção do alimentador.		L057		SEG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK								
	1.7	Verificar reservatório do pó.		L019		LIMP	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK								
	1.8	Verificar nível de água.		L005		INS	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK								
	1.9	Verificar se não existe algum material dentro da máquina onde pode ocasionar um tranco no mesmo.				INS	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK								
	1.10	Verificar se existe alguma peça ou resíduo solto em cima das mesas de corte onde possam ocasionar um trancasso na máquina.				INS	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK								
	1.11	Verificar valores fundamentais da máquina. (Arquivo 157)				INS	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK								

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 27 – Rota das atividades diárias da MA



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

A terceira e última etapa, com três meses de atividades, finalizou no mês de outubro do ano de 2016. Muito trabalho e muito aprendizado ao longo de cada etapa. Vale ressaltar a organização e o comprometimento de todos envolvidos para encerrarem os três passos da MA dentro das datas propostas do cronograma.

4.5 RESULTADO E DISCUSSÕES

Ao longo dos dez meses de trabalho, com uma base de dados sólida formada após a implantação dos três primeiros passos da MA da filosofia TPM, busca-se evidenciar os ganhos que foram obtidos em meio a este período, passo a passo.

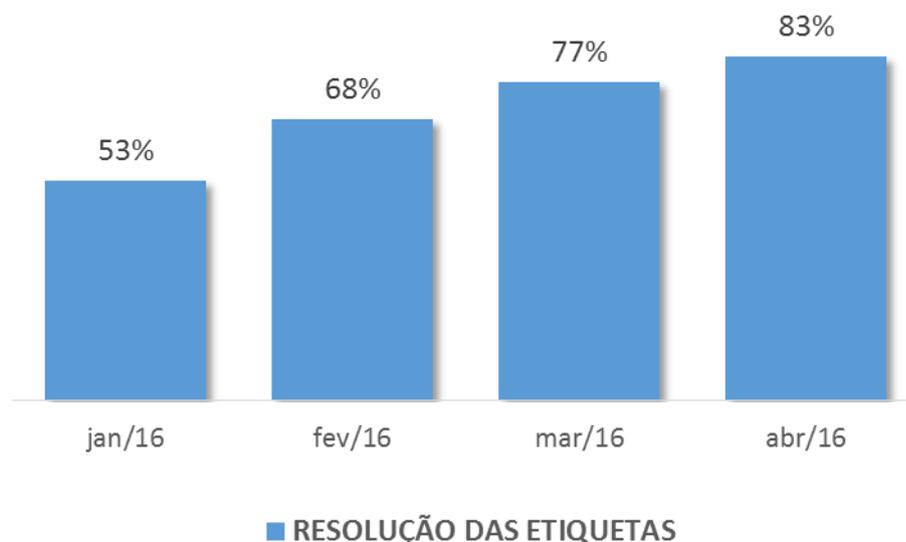
4.5.1 Resultados obtidos no 1º passo da MA da TPM

Para ilustrar de uma forma organizada os dados até aqui mapeados, cada passo do pilar da MA será apresentado a resolução de etiquetas, OEE antes e depois, quantidade de ideias sugeridas em cada passo e por fim o número de quebra ao longo dos passos.

4.5.1.1 Resolução de etiquetas no 1º passo da MA da TPM

O 1º passo da MA teve um período de implantação de quatro meses, ao longo desta etapa foram abertas inúmeras etiquetas. A manutenção, em conjunto com todos operadores, não tiveram grande dificuldade em resolver os problemas registrados nas etiquetas. Em alguns casos foram necessário realizar a compra de novos componentes e por este motivo levou-se quatro meses para alcançar a meta pré-estabelecida de igual ou superior a 80% da resolução de etiquetas. Para apresentar o comportamento da resolução segue a Figura 28, o gráfico a seguir:

Figura 28 – Gráfico de resolução de etiquetas 1º passo MA

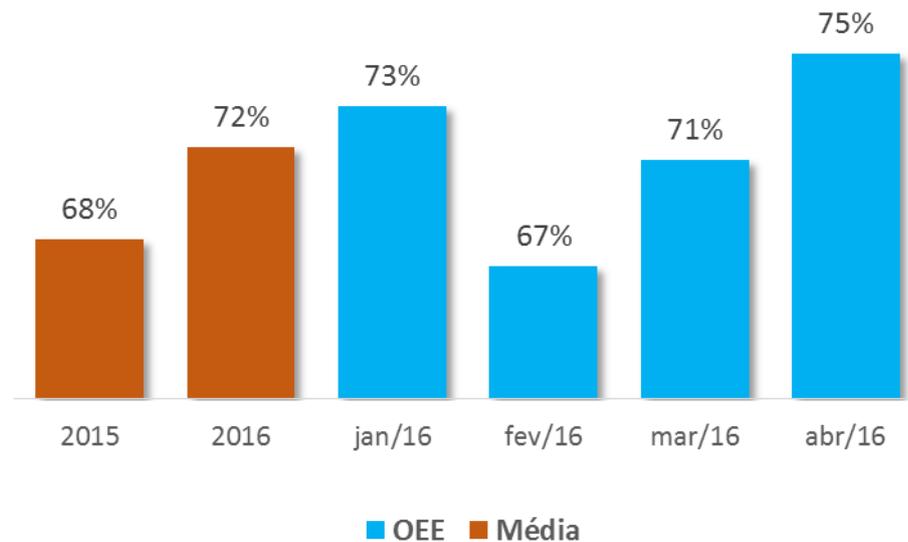


Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

4.5.1.2 Resultados obtidos no índice OEE no 1º passo da MA

Um dos principais objetivos deste TFC é aumentar a eficiência global da máquina piloto de corte a laser LCNC30. Portanto, os dados aqui apresentados vêm ao encontro de um dos objetivos específicos. Conforme o exposto da Figura 29 o gráfico da OEE apresenta uma média de 68% no ano de 2015 e no primeiro mês de 2016 pode-se observar uma leve evolução.

Figura 29 – Gráfico OEE 1º passo MA



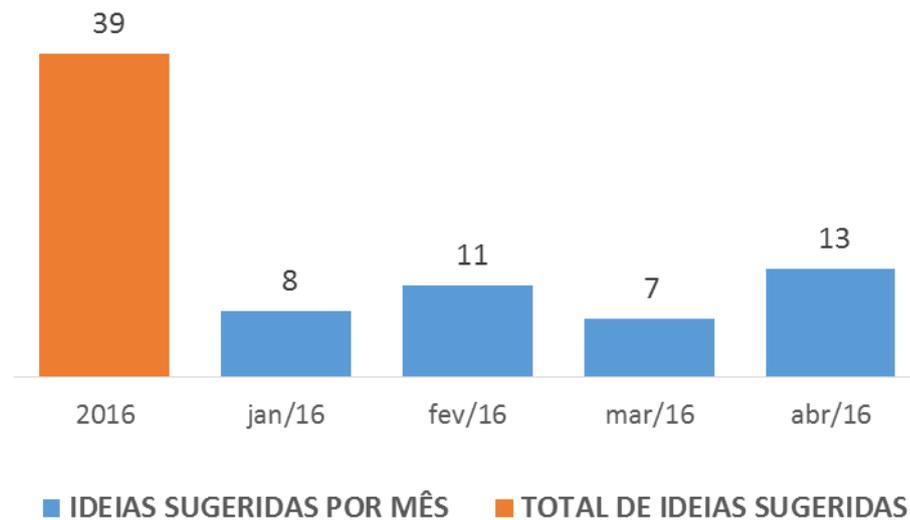
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Em fevereiro de 2016 conforme o gráfico da figura 30 logo acima apresenta, tem uma redução de 73% para 67% de OEE, as causas foram exatamente a resolução de etiquetas, porque as mesmas necessitaram algumas intervenções na máquina para solucionarem as anomalias encontradas. Porém observa-se que depois de fevereiro os valores aumentam, e se tem 75% de OEE em abril, ou seja, no fechamento do 1º passo da MA se tem um aumento real de 4% de OEE comparado com a média de OEE de 2015 com a média de 2016.

4.5.1.3 Quantidade de ideias implantadas no 1º passo da MA da TPM

Conforme os operadores eram engajados com a TPM, os mesmos colaboravam com ideias. O número de ideias sugeridas auxilia para avaliar o quanto a equipe está engajada com o trabalho. É de suma importância a participação ativa de todos, tanto para sugestões como para suporte no processo. As melhorias implantadas na máquina piloto foram inúmeras, segue a figura 30 do gráfico de quantidades de ideias implantadas nos quatro meses do 1º passo da MA.

Figura 30 – Gráfico de quantidades de ideias implantadas do 1º passo MA



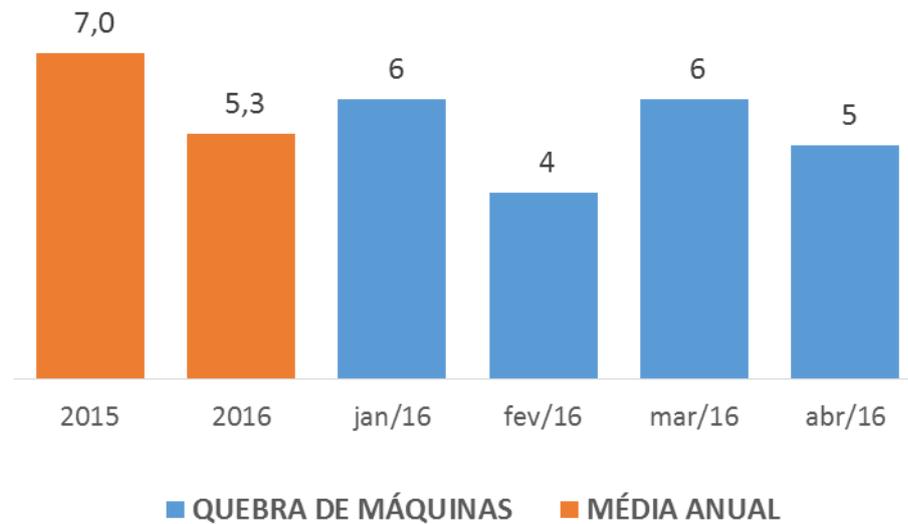
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

No total foram 39 ideias implantadas no 1º passo da MA, a grande maioria delas foram ideias sem necessidade de investimentos, algumas das etiquetas abertas e solucionadas foram registradas como ideia. Lembrando que não somente a resolução das mesmas que foram focadas como também teve a preocupação de eliminar a recorrência, sendo assim surgiram ideias para poder eliminar possíveis anomalias.

4.5.1.4 Resultados obtidos em números de quebras no 1º passo da MA

Em 2015 a média de quebra na máquina laser LCNC30 era de 7 quebras por mês, se destaca aqui esse indicador, após o início do 1º passo da MA já evidenciou uma leve queda nos números de quebra, isso significa que a máquina aumentou sua disponibilidade e conseqüentemente comprova o aumento da OEE. A Figura 31 apresenta o comportamento dos quatro primeiros meses do ano de 2016.

Figura 31 – Gráfico quantidades de quebras no 1º passo MA



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Tira-se como base, que o impacto nessa etapa foi de uma redução de duas quebras por mês.

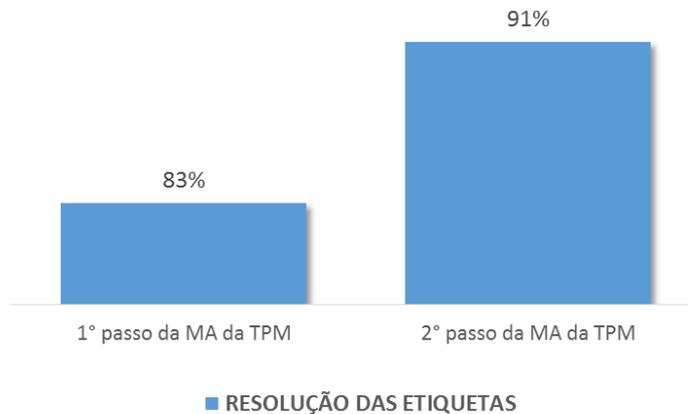
4.5.2 Resultados obtidos no 2º passo da MA da TPM

Ações diferenciadas entre 1º passo e 2º passo, mas com indicadores correlacionados, portanto segue a evolução das melhorias nos próximos capítulos.

4.5.2.1 Resolução de etiquetas no 2º passo da MA da TPM

Conforme as ações dos pilares de MA e MP evoluem os ganhos se tornam mais perceptíveis. A Figura 32 representa a evolução da resolução de etiquetas durante os dois primeiros passos da Manutenção Autônoma da TPM.

Figura 32 – Gráfico de resolução de etiquetas 2º passo MA

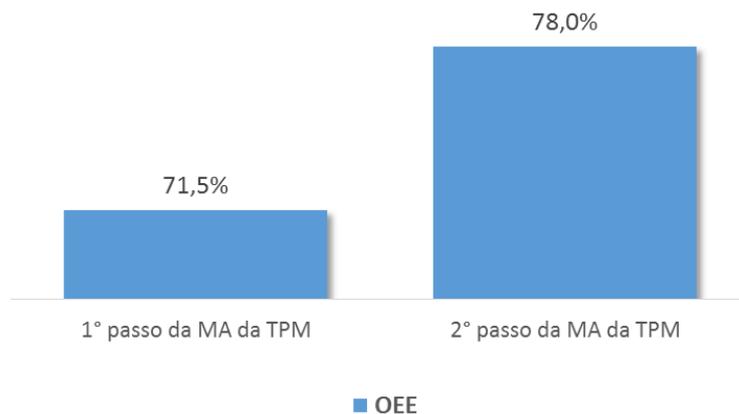


Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

4.5.2.2 Resultados Obtidos no índice OEE no 2º passo da MA

Os resultados são visíveis, todos indicadores comprovam a tamanha evolução. A OEE não é diferente, o gráfico da Figura 33 apresenta os dados aqui destacados.

Figura 33 – Gráfico OEE 2º passo MA



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

São 6% de aumento real no índice de OEE, isso significa que foram recuperadas em torno de 25 horas de horas produtivas em uma máquina de corte, a evolução é drástica comparado os dois primeiros passos da MA.

4.5.2.3 Quantidade de ideias implantadas no 2° passo da MA da TPM

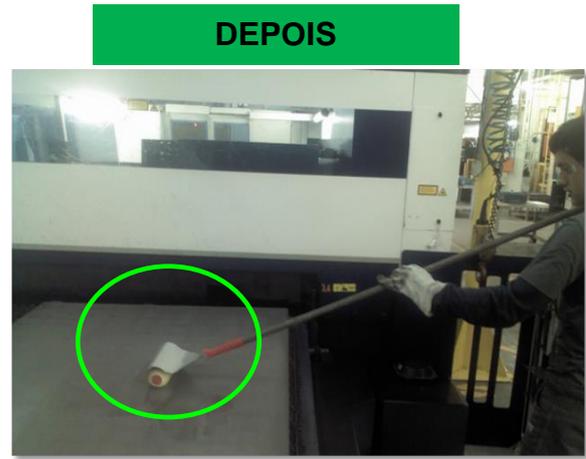
Foram implantadas mais 15 ideias no 2° passo da MA da TPM, nesta etapa foram focadas em melhorias específicas para a redução de tempo dos locais de difícil acesso e fontes de sujeiras. As fotos das Figuras a seguir apresentam algumas ações.

Figura 34 – Foto de atividade 1 antes



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 35 – Foto de atividade 1 depois



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 36 – Foto de atividade 2 antes



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 37 – Foto de atividade 2 depois



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 38 – Foto de atividade 3 antes



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 39 – Foto de atividade 3 depois



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 40 – Foto melhoria gestão visual 1



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

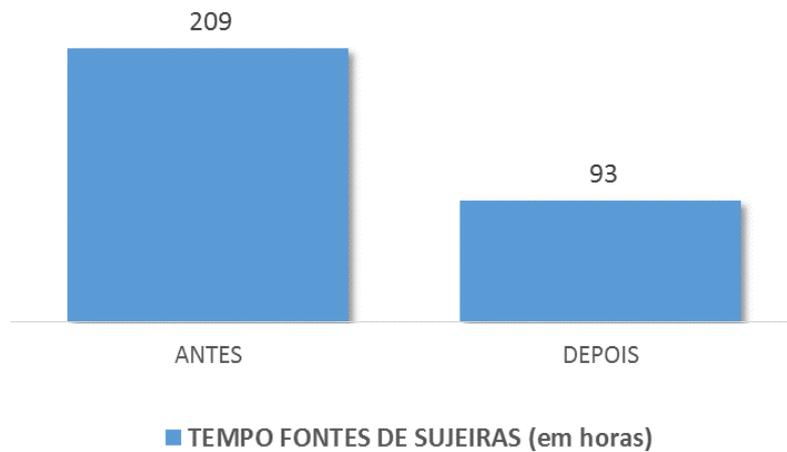


Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Importante destacar os resultados alcançados na redução de tempo de limpeza e inspeção. Para o operador ter a disponibilidade de realizar tarefas como pequenas manutenções preventivas na máquina no qual o mesmo trabalha, foi necessário diminuir o tempo de processos de limpeza e inspeção em locais de difícil acesso.

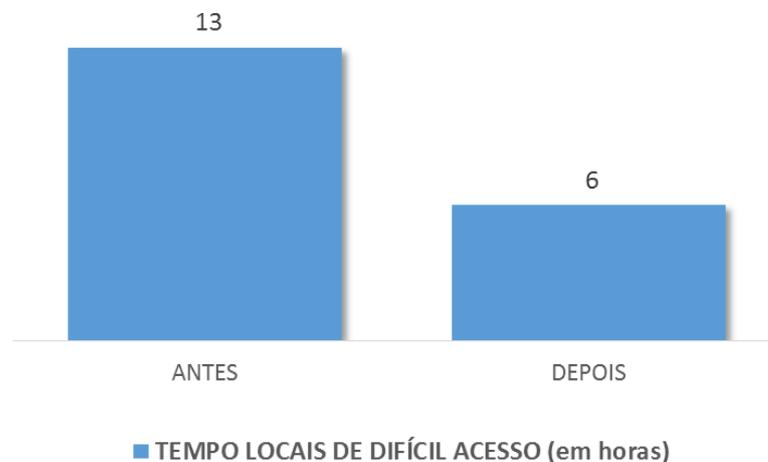
Portanto, o que assegurou o sucesso desta etapa foram as melhorias apresentadas nos exemplos logo acima. É importante destacar que houveram outras iniciativas de melhorias no qual a empresa não autorizou a divulgação das atividades realizadas, mas, porém, até nesta fase foram alcançados os resultados esperados. Segue as figuras através de gráficos ilustrativos de como foram os resultados do 2º passo da MA.

Figura 42 – Gráfico redução tempo FDS



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 43 – Gráfico redução tempo LDA



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

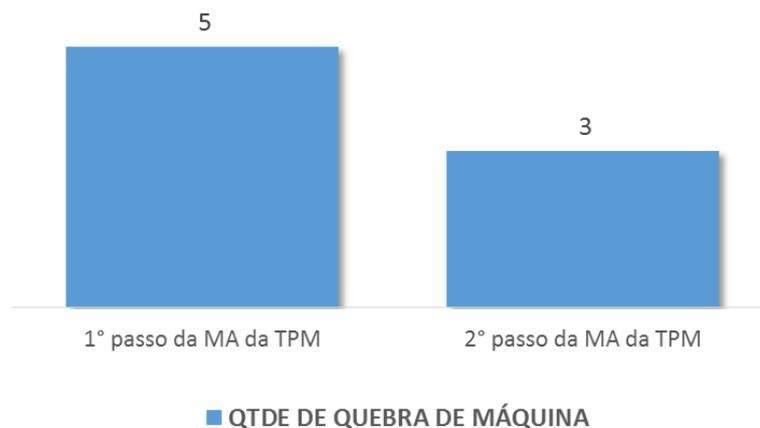
Então, os gráficos das Figuras 42 logo acima apresenta uma redução de 116 horas de limpeza em um ano, essa redução representa 55% do tempo total de limpeza, ou seja, as ações foram contundentes.

O gráfico da Figura 43 traz evidências dos ganhos na eliminação de locais de difícil acesso, antes das melhorias implantadas se tinha 13 horas por ano de inspeções, agora com a efetivação da filosofia TPM esse valor caiu para 6 horas por ano, ou seja, 53% de redução nos LDA.

4.5.2.4 Resultados obtidos em números de quebras no 2º passo da MA

Ações nas causas raízes dos problemas ocasionam a diminuição de quebras, e melhorias realizadas no equipamento validam tal informação. O gráfico da Figura 46 apresenta o comparativo de quebras do 1º passo e o 2º passo da MA.

Figura 44 – Gráfico quantidades de quebras 2º passo MA



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

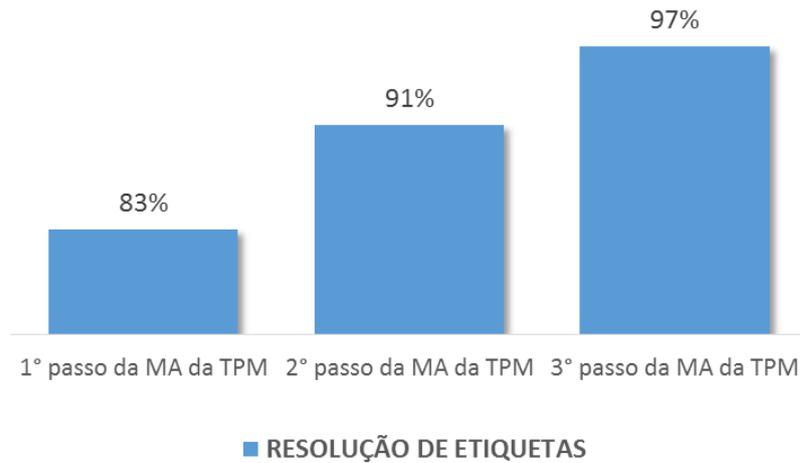
4.5.3 Resultados obtidos no 3º passo da MA da TPM

A terceira e última etapa tem ações onde buscam a padronização de atividades, treinamentos onde a MP repassa atividades para MA e por fim o desenvolvimento do calendário da manutenção autônoma.

4.5.3.1 Resolução de etiquetas no 3º passo da MA da TPM

Alinhado com os objetivos específicos, a resolução de etiquetas atingiu um nível superior ao da meta estabelecida. Além das etiquetas solucionadas, a manutenção realizou atividades onde não exigia um conhecimento especializado, portanto os mesmos focaram em preventivas e ações de melhorias nos equipamentos. Conforme maior resolução de etiquetas, menor é a probabilidade de haver quebra de máquina. A Figura 47 traz um comparativo entre os 3 passos da MA para que deste modo se possa perceber a evolução do trabalho.

Figura 45 – Gráfico de resolução etiquetas 3º passo MA

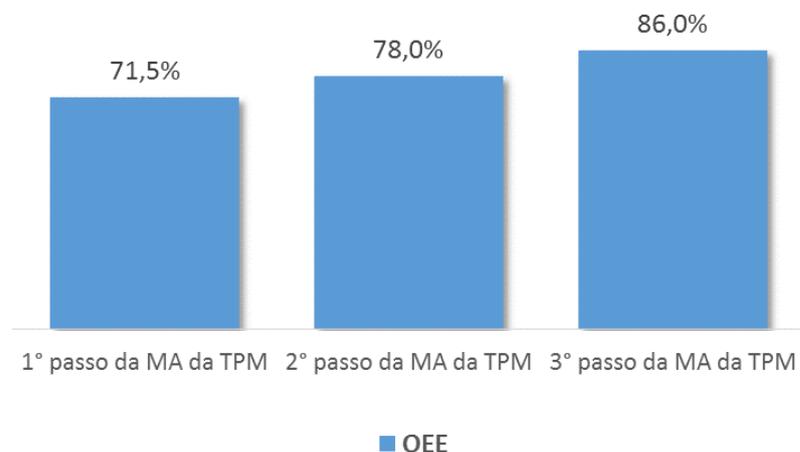


Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

4.5.3.2 Resultados obtidos no índice OEE no 3º passo da MA

A OEE é uma ferramenta fundamental para medir o processo. Conforme são mapeadas as perdas diárias se tem ações priorizando as mais impactantes, essas intervenções constantes dentro do processo foram importantíssimas para se chegar aos resultados até aqui apresentados. Em todos os passos houve um aumento no índice de OEE. No gráfico a seguir da Figura 48 apresenta um aumento real de 14,5% no 3º passo da MA comparado com o 1º passo.

Figura 46 – Gráfico OEE 3º passo MA

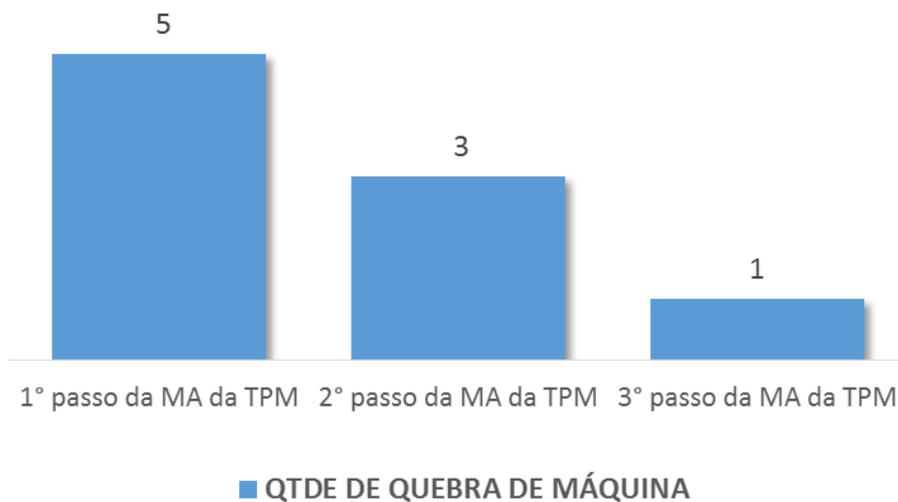


Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

4.5.3.3 Resultados obtidos em números de quebras no 3º passo da MA

Os indicadores sinalizavam os impactos dos treinamentos e melhorias implementadas. A última etapa completa as atividades de estabilizar as quebras e capacitar os operadores a identificar possíveis anomalias. O resultado dessa capacidade adquirida é resumido no gráfico de quebras da Figura 47, onde apresenta a diminuição de cinco para uma quebra por mês.

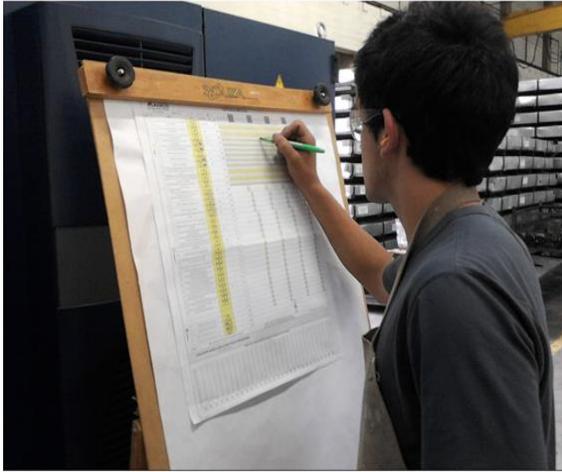
Figura 47 – Gráfico quantidades de quebras 3º passo MA



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

A causa da diminuição do número de quebra possui relação direta com a definição de uma gestão visual em cada item a ser inspecionado. Além da inspeção, a definição de um padrão de inspeção enriquece a atividade aplicada. As Figuras 48, 49, 50 e 51 apresentam exemplos de ações tomadas para a padronização de inspeção na máquina de corte a laser.

Figura 48 – Check list inspeção MA



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 49– Operador inspecionando



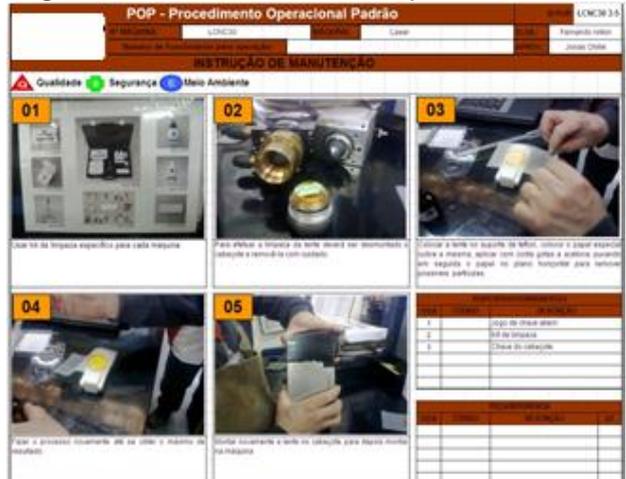
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 50 – Gestão visual de inspeção



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Figura 51 – Procedimento operacional



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

Todas as atividades operacionais tanto de limpeza como inspeção foram anexados no *check list* operacional. Para essas atividades que foram desenvolvidos procedimentos operacionais padrões. Para a gestão visual, Figura 50, todos os pontos de inspeções foram disponibilizados adesivos em formas de pés com o respectivo número da checagem.

Ao todo de ideias sugeridas até o fim do terceiro passo foram 55, toda implantadas. Essa metodologia permite que operadores novos consigam executar a inspeção com a mesma capacidade e qualidade de um operador mais experiente.

CONCLUSÃO

A integração entre processos, pessoas e equipamentos são os grandes desafios do mundo corporativo. Se bem sucedida, a integração pode apresentar resultados bastante significativos para a organização.

A busca pela redução de atividades onde não agregam valor ao produto é a maneira que empresas encontraram para a diferenciação nos seus processos.

Filosofias de trabalho como a TPM vem ao encontro dos objetivos das corporações, sendo que a mesma integra pessoas, máquinas e processos de uma forma onde a busca pela quebra zero, zero acidente e zero problema de qualidade pode ser visto como a questão central desta filosofia.

Com base no que foi apresentado neste TFC com relação ao uso da ferramenta TPM pode-se firmar que, os objetivos gerais alcançaram resultados satisfatórios. O capítulo 4 apresentou um resumo de como ocorreu em cada passo do trabalho. O tempo transcorrido entre o início e o fim desse trabalho foram dez meses de pesquisa. Durante esse tempo observou-se o trabalho em equipe de operadores e líderes de produção. A dedicação do time foi a peça chave para o sucesso do TPM.

No capítulo 1.6 pode-se evidenciar os objetivos específicos do trabalho, e nos capítulos 4.5.1.1, 4.5.2.3 e 4.5.3.2 os resultados obtidos. O primeiro objetivo era se ter igual ou superior a 80% de resolução de todas as etiquetas abertas. O segundo objetivo era reduzir o tempo em 50% de inspeção e limpeza dos LDA e FDS, por fim, o terceiro e último objetivo era aumentar em 9% o índice de OEE. Todos os objetivos foram alcançados com sucesso.

No fim do 3º passo da MA chegou-se aos incríveis 97% de resolução de etiquetas, como consequência, o número de quebras diminuiu de cinco quebras por mês em média para apenas uma quebra por mês. Quando mapeados os tempos de inspeções e limpezas nos LDA e FDS chegou-se em 222 horas por ano, depois de implantado melhorias esse número caiu para 99 horas por ano, ou seja, obteve uma redução de 55% nos tempos de inspeções e limpeza.

O terceiro e último resultado está relacionado ao índice de OEE, entre o 1º passo e o 3º passo da MA houve um aumento real de 14,5% do mesmo, então, o problema de pesquisa caracterizado por uma pergunta no capítulo 1.3 pode ser respondida com segurança. Não apenas pode-se aumentar a eficiência do

equipamento com a implantação dos três primeiros passos da MA da TPM como também melhora o ambiente de trabalho como um todo.

Portanto, a filosofia TPM atendeu todas as expectativas, trazendo para a empresa resultados satisfatórios. Vale ressaltar que como a empresa somou resultados positivos o acadêmico também obteve uma base sólida na teoria e prática sobre a implantação da TPM. Para finalizar, esta ferramenta não é exclusividade para nenhuma empresa, a mesma esta disponível para todas as corporações que buscam a excelência de seus processos, pessoas e equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELÉM, M. S. B; WANDERLEY, J. M. C. **Indicadores de desempenho como ferramenta para avaliar a gestão estratégica da têxtil limoeiro malhas**. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, out. 2006.

BYSTRONIC. **Byspeed 3015 – Tecnologia de corte**. Pinhais: Bystronic LASER AG, 2007.

FOGLIATTO, RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro, 2009.

FULLMANN; **MPT, manutenção produtiva total: TPM, total productive maintenance**. São Paulo: IMAM, 1992.

NAKAJIMA; **Introdução ao TPM: Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

PEREIRA, **Engenharia de Manutenção: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro, 2009.

PINTO; XAVIER, Júlio Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro, 2007.

PROENÇA, E. T; TUBINO, D. F. **Monitoramento automático e em tempo real da eficácia global dos equipamentos (OEE) como prática de apoio à manufatura enxuta: um estudo de caso**. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Carlos, out. 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STO_11_3_745_15827.pdf>. Acesso em: 16 set. 2016.

RIBEIRO; **A Bíblia do TPM: como maximizar a produtividade na empresa**. São Paulo, 2014.

RODRIGUES, R.; MEZA, L. A. **Utilização do OEE e DEA na análise de desempenho no sistema de manufatura – um estudo de caso no setor siderúrgico**. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, out. 2009.

SANTOS, A.C.O; SANTOS;M.J - **Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos - (oee) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura - um estudo de caso**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, 2007.

TAKAHASHI; OSADA. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo, 1993.

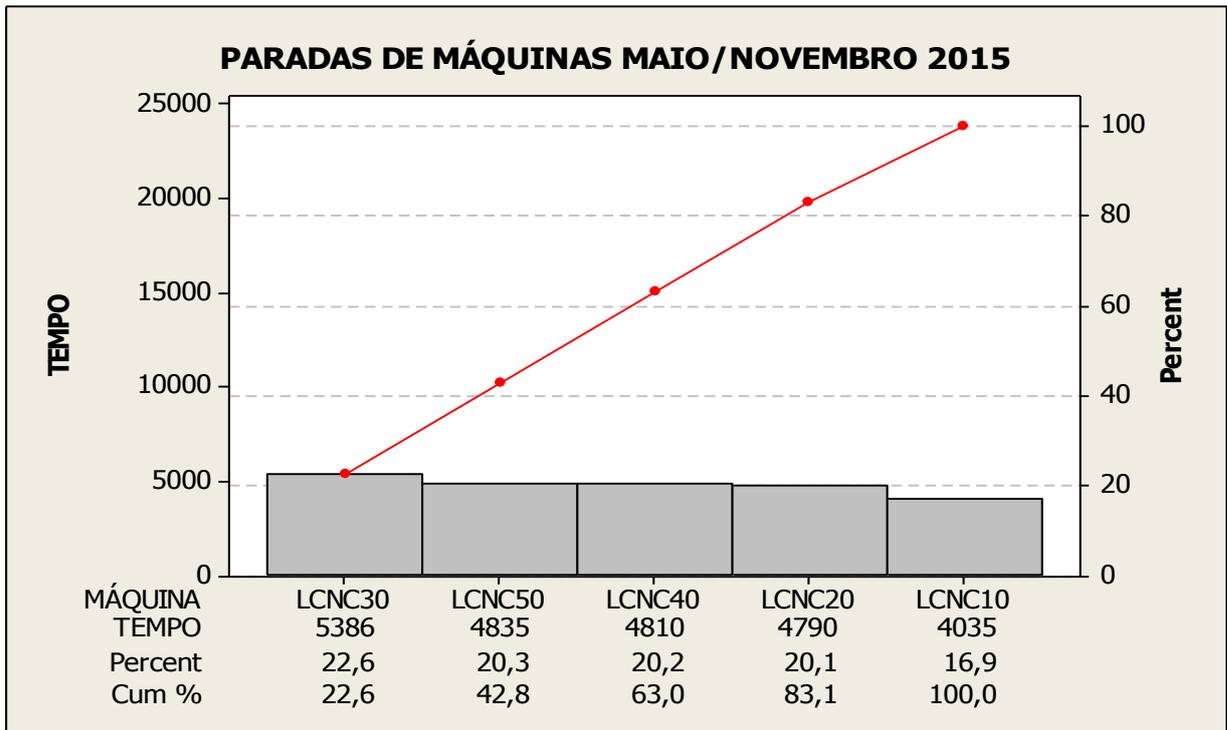
TAVAREZ. **Administração Moderna da Manutenção**. Rio de Janeiro, 1999.

TRUMPF. **Corte, umas das principais aplicações do laser no setor metal mecânico**. Disponível em: <http://www.br.trumpf.com/pt/imprensa/assessoria-trumpf-brasil/news-trumpf-brasil-2010/corte-uma-das-principais-aplicacoes-do-laser-no-setor-metal-mecanico.html> acesso em 10 abr. 2016.

WEISS, Almiro. **Processos de fabricação mecânica**. Curitiba: Livro Técnico, 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Gráfico com maiores paradas de máquinas lasers



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.

APÊNDICE B – Exemplo de um Fique atento (FA)

FIQUE ATENTO			NUM / REV
PEÇA/CÓDIGO:	NA	CÓDIGO:	1030
OPERAÇÃO:	Conte laser	CÉLULA:	DATA: 29-ago-11
MAQUINA:	Laser	Nº MÁG:	LCNC20
Tema: Manter cabo do suporte de alinhamento dos espelhos sempre enrolado, conforme o padrão 5s.			APROVAÇÃO:
			Gerente: [assinatura]
			Líder: [assinatura]
			Técnico: [assinatura]

Objetivo da Instrução:

Conhecimento Básico Segurança Materiais Qualidade Solução de Problemas Meio Ambiente



Maneira incorreta de guardar o suporte de alinhamento dos espelhos em seu local de armazenamento.



Maneira correta de guardar o suporte de alinhamento dos espelhos em seu local de armazenamento, conforme o padrão 5s.

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2016.