

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE GESTÃO E ECONOMIA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

MAURICIO BRANCO ABREU

**ESTUDO DE MELHORIAS BASEADAS DO SISTEMA *LEAN MANUFACTURING* E
FERRAMENTAS DO TPM TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE PARA O
PROCESSO DE CORTE DE NÚCLEO DE TRANSFORMADORES**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

MAURICIO BRANCO ABREU

**ESTUDO DE MELHORIAS BASEADAS DO SISTEMA *LEAN MANUFACTURING* E
FERRAMENTAS DO TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE PARA O PROCESSO
DE CORTE DE NÚCLEO DE TRANSFORMADORES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Produção.

Orientador: Prof. M.Sc. Tiago R. Weller.

CURITIBA

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE MELHORIAS BASEADAS DO SISTEMA *LEAN MANUFACTURING* E FERRAMENTAS DO TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE PARA O PROCESSO DE CORTE DE NÚCLEO DE TRANSFORMADORES

Esta monografia foi apresentada no dia 04 de Março de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato apresentou o trabalho para a Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. M.Sc. Tiago Rodrigues Weller.
Orientador

Prof. M.Sc. Jairo Muller Wolff
Banca

Prof. Dr. Leonardo Tonon
Banca

Visto da coordenação:

Prof. Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

DEDICATÓRIA

A toda minha família, em especial minha amada esposa Andreia.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela saúde.

Aos meus pais, pelo incentivo e exemplo.

As minhas irmãs que me fazem ser sempre melhor, honrando o posto de irmão mais velho.

Minha amada esposa, pela paciência e apoio.

A empresa pela oportunidade.

A UTFPR pelo ensinamento.

E por fim ao meu orientador. Sr. Prof. M.Sc. Tiago R. Weller, pela dedicação e compreensão.

*“...não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente...
...mas o que melhor se adapta as mudanças...”*

Charles Darwin

RESUMO

ABREU, Mauricio Branco. Estudo de melhorias baseadas no sistema *Lean Manufacturing* e Ferramentas do TPM (*Total Productive Maintenance*), para o processo de corte de núcleo de transformador. 2017. 43 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

O estudo das perdas e a busca por sua eliminação representa um importante diferencial as empresas que competem dentro de um mercado cada dia mais agressivo, onde somente aqueles que apresentam melhor eficiência e resultados sobrevivem e prosperam. Diante disto, este estudo buscou demonstrar sugestões de melhoria, utilizando como base as teorias de aplicação do sistema *Lean Manufacturing* e das ferramentas do TPM (*Total Productive Maintenance*), para uma parte importante do processo de fabricação de transformadores. Analisaremos especificamente a parte do processo responsável pela manufatura dos núcleos dos transformadores. A importância deste processo não se dá somente pela qualidade do produto final que depende seu funcionamento pleno deste componente que em conjunto com as bobinas de cobre, fará a transformação da energia elétrica. O processo de corte dos núcleos de transformador também se torna importante e estratégico pois a matéria prima empregada, o silício, é um dos itens de maior valor agregado a estrutura de custos do transformador, representando até 45% do valor total do produto. Além disto, o processo é realizado basicamente por máquinas, o que facilita a aplicação das teorias do indicador OEE. O objetivo esperado com este estudo é que a empresa reduza suas perdas neste processo, introduza um indicador global de eficiência (OEE - *Overall Equipment Effectiveness*), e melhore cada vez mais sua performance podendo assim ser mais competitiva, aumentando seu *Market share*, podendo oferecer melhores preços, maior qualidade e alta rentabilidade aos seus acionistas.

Palavras-chave: OEE. Desperdício. TPM.

ABSTRACT

ABREU, Mauricio Branco. *Study of improvements based on Lean Manufacturing and Total Productive Maintenance for the process of cutting of transformers core*. 2017. 43 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

The study of losses and the search for their elimination represents an important differential for companies that compete in an increasingly aggressive market, where only those that present better efficiency and results survive and thrive. Therefore, this study aimed to demonstrate improvement suggestions, based on the theories of application of the Lean Manufacturing system and TPM (Total Productive Maintenance) tools, for an important part of the process of manufacturing transformers. We will specifically analyze the part of the process responsible for the manufacturing of the cores of the transformers. The importance of this process is not only due to the quality of the final product that depends on its full operation of this component, which together with the copper coils, will transform the electric energy. The process of cutting transformer cores is also important and strategic because the raw material used, silicon, is one of the items with the highest added value of the cost structure of the transformer, representing up to 45% of the total value of the product. In addition, the process is carried out basically by machines, which facilitates the application of the OEE indicator theories. The expected objective of this study is for the company to reduce its losses in this process, to introduce an overall efficiency indicator (OEE), and to improve its performance, thus being more competitive, increasing its market share and being able to offer Better prices, higher quality and high profitability for its shareholders.

Keywords: OEE. Waste. TPM.

LISTRA DE FIGURAS/GRÁFICOS/TABELAS

Figura 1 - Casa TPM	18
Figura 2 - Estrutura das seis grandes perdas observadas no indicador OEE	19
Figura 3 - OEE x dimensões e características de um sistema de medição do desempenho global	21
Figura 4 - Benefícios e limitações do OEE	22
Figura 5 - Princípio de funcionamento do transformador	23
Figura 6 - Estoque de bobinas "mãe"	25
Figura 7 - Relação de larguras utilizadas nos projetos dos núcleos.....	25
Figura 8 - Estoque de bobinas fracionadas em larguras menores	26
Figura 9 - Chapas cortadas transversalmente nos tipos A, B e C.....	26
Figura 10 - Layout de empilhamento das chapas no processo transversal.....	27
Figura 11 - Sistema de empilhamento das chapas na máquina de corte transversal	27
Figura 12 - Layout de montagem dos núcleos de transformador	28
Figura 13 - Processo de montagem dos núcleos de transformador	28
Figura 14 - Operador executando o processo de abastecimento.....	30
Figura 15 - Operador executando o processo de descarregamento	32
Figura 16 - Layout demonstrando os dois principais estoques intermediários de bobinas.....	32
Figura 17 - Acompanhamento produção (Kg) e percentual de Refugo + Sucata	34
Figura 18 - Acompanhamento refugo do processo transversal e longitudinal	34
Figura 19 - Acompanhamento sucatas geradas nas máquinas e nas montadoras ...	35
Figura 20 - Refugo gerado no processo de corte transversal	35
Figura 21 - Sucata gerada no processo de corte transversal.....	35
Figura 22 - Acompanhamento geral da produção e índices de sucata e refugo	36
Figura 23 - Documento de fábrica para acompanhamento de produção, sucata e refugo	37

LISTRA DE SIGLAS, ABREVIACOES E SÍMBOLOS

OEE – (*Overall Equipment Effectiveness*) – Eficácia global dos equipamentos.

TPM – (*Total Productive Maintenance*) – Manuteno produtiva total.

SMED – (*Single Minute Exchange Die*) – Troca rápida de ferramentas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO GERAL	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2 REVISÃO DA LITERATURA (REFERENCIAL TEÓRICO)	12
2.1 DEFINIÇÃO DE <i>LEAN MANUFACTURING</i>	12
2.2 EVOLUÇÃO DO <i>LEAN</i> – DOS CINCO AOS SETE PRINCÍPIOS	12
2.3 SETE DESPERDÍCIOS DO SISTEMA <i>LEAN</i>	14
2.4 SMED – <i>SINGLE MINUTE EXCHANGE DIE</i>	16
2.5 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - TPM.....	17
2.6 INDICADOR OEE.....	18
2.7 LIMITAÇÕES DO INDICADOR OEE.....	20
2.8 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO TRANSFORMADOR	22
3 PROCECIMENTOS METODOLÓGICOS	24
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.2 MÉTODO.....	24
3.3 DETALHAMENTO DO ESTUDO.....	24
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE RESULTADOS	29
4.1 COLETA E ANÁLISE DE DADOS DO PROCESSO	29
4.2 MELHORIAS NO SETUP	29
4.2.1 Abastecimento.....	30
4.2.2 Programação de máquina	31
4.2.3 Descarregamento	31
4.3 MELHORIAS DE LAYOUT	32
4.4 REDUÇÃO DE PERDAS POR REFUGO E SUCATA	33
4.5 APLICAÇÃO DE SMED – TROCA RÁPIDA.....	38
4.6 ALTERAÇÕES DE PROJETO	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, as empresas vêm buscando meios de se adaptar as mudanças de comportamento e exigências de seus clientes. A medida que os anos passavam a oferta começou a ser maior que a procura, aumentando assim a concorrência. Os produtos também foram surgindo cada vez mais variados e com ciclo de vida cada vez menor, acompanhando a busca incessante por inovações e produtos melhores. A cada inovação, o mercado se torna mais exigente, com isto, aumentando a competição entre as empresas, na busca vital de conquistar a maior parte de clientes possíveis e com isto garantir sua sobrevivência. O processo de globalização só veio intensificar a busca constante pelo melhor produto e maior eficiência. Com a abertura dos mercados e encurtamento das distâncias, a competição que antes era regional rompeu barreiras e se tornou mundial.

Diante disto, com o passar dos anos os estudiosos foram buscando em seus trabalhos melhores formas de atuação, elaborando ferramentas, métodos e filosofias de trabalho que foram sendo testadas e adaptadas dentro do universo corporativo.

Tais ferramentas foram ajudando a aumentar a eficiência e competitividade das empresas mundo a fora.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo deste trabalho será a avaliação das metodologias do *Lean Manufacturing* e TPM - *Total Productive Maintenance*, sugerindo melhorias no processo de fabricação de núcleos de transformador e preparando a área para uma possível implantação do indicador de eficiência global OEE, que passaria ser o principal norteador no gerenciamento das suas atividades, podendo assim criar um círculo de melhoria contínua oportunizando a melhor eficiência e resultado possível.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamentos bibliográficos sobre os temas relacionados;
- Analisar o processo atual identificando os desperdícios e sugerindo melhorias;
- Avaliar possibilidade de aplicação do indicador OEE para a área em estudo;

2 REVISÃO DA LITERATURA (REFERENCIAL TEÓRICO)

Este capítulo apresenta as contribuições teóricas que possibilitaram a realização do presente estudo. Todos os tópicos relacionados ao tema e a problemática estão embasados em metodologias e conceitos extraído de obras renomadas.

2.1 DEFINIÇÃO DE *LEAN MANUFACTURING*

Segundo João P. Pinto, presidente da Direção Nacional da Comunidade *Lean Thinking*, a denominação *lean thinking* ou pensamento *lean*, foi utilizado a primeira vez por James P. Womark e Daniel Jones, no livro com o mesmo nome, publicado em 1996. Estes dois autores estiveram durante a década de 80, no Japão, a estudar as formas de gestão e métodos de trabalho das empresas nipônicas, tendo publicado em 1990 o livro – *The Machine That Changed The World*, considerada hoje como a principal obra de referência do pensamento *lean*. Esta obra faz referência, a máquina que mudou o mundo, o automóvel, e apresenta a indústria que se desenvolveu rapidamente e de forma consistente a volta deste – *Toyota Production System (TPS)* (PINTO, 2008, apud PEREIRA, 2010).

Por ter sido inicialmente aplicado na indústria, deste conceito resultou a designação de *lean manufacturing* ou *lean production*. Este, aplicado a indústria é considerado um sistema de gestão que ao envolver ferramentas de gestão, produção e qualidade, elimina desperdícios e cria valor no produto e serviço, satisfazendo desta forma o cliente e o consumidor final. (PEREIRA, 2010).

Pinto (2006), define o pensamento *Lean* como: “...uma abordagem inovadora às práticas de gestão, orientando a sua ação para eliminação gradual das fontes de desperdício, através de abordagens e procedimentos simples, procurando a perfeição dos processos, sustentada numa atitude permanente de insatisfação e de melhoria contínua, e fazendo do tempo uma arma competitiva ...”.

2.2 EVOLUÇÃO DO *LEAN* – DOS CINCO AOS SETE PRINCÍPIOS

Quando se eliminam desperdícios, eliminam-se custo. O pensamento *lean* sugere que se efetuem mudanças que agreguem valor ao produto ou serviço e se

eliminam todas as outras que não acrescentam valor. (PEREIRA, 2010). Womark *et al.* (2003), identificaram cinco fases para implementar a filosofia *lean* numa organização:

1. **Criar valor** – Este é o ponto de partida e a base para um gestão empresarial. Não é a empresa, mas sim o cliente final que define valor, o que satisfaz as suas necessidades. A necessidade gera valor e cabe às empresas determinarem qual é a necessidade, procurando satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico para manter a empresa no mercado e aumentar os lucros através de um processo de melhoria contínua.
2. **Definir cadeia de valor** – Nesta segunda fase a organização deve identificar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que agregam valor, os que não geram valor mas que são necessários para a manutenção dos processos e da qualidade da empresa e os que não acrescentam nenhum valor, devendo portanto ser eliminados. Todavia, as empresas, continuamente olham para a sua cadeia produtiva e focam-se na redução de custos não acompanhados pela análise da geração de valor, olham apenas para números indicadores e alheiam-se dos processos reais de fornecedores e clientes. As empresas devem ter em conta o processo global, desde a criação do produto até o consumidor final, não podendo ignorar o serviço de pós venda (quando aplicado).
3. **Optimização do fluxo** – Seguidamente, deve-se criar fluidez ao longo de todo o fluxo produtivo. Esta optimização exige uma completa mudança na mentalidade da organização e na cultura da empresa. Torna-se necessário abandonar a ideia de divisão da empresa por departamentos, como sendo a melhor solução de tomada de decisão. Construir um fluxo contínuo com as restantes etapas é uma tarefa exigente, mas gratificante. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução de tempos de execução dos produtos, de processamentos de pedido e em quantidades de estoques (tanto matéria prima como produto acabado). O aumento da capacidade de resposta da empresa em conceder, desenvolver, produzir e distribuir faz com que esta reaja de imediato a qualquer variação do mercado e necessidades dos clientes.
4. **Sistema puxado (*Pull system*)** – O sistema puxado permite inverter o fluxo produtivo. Atualmente, as empresas não empurram os produtos e serviços para o consumidor. De nada servem as grandes promoções e o escoar dos estoques, se elas não forem de encontro com as necessidades do consumidor. Quando a

empresa não permite estabelecer um fluxo contínuo, a alternativa é optar por um sistema onde os processos são puxados e desencadeados pela procura, ou seja, pelo consumidor final.

5. **Perfeição** – O quinto e último passo da filosofia *Lean*, e que deve ser objetivo constante e presente em todos os fluxos de valor de toda a organização, é a perfeição. A procura do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve conduzir e encaminhar todos os esforços da empresa, em processos bem definidos, onde todos os participantes e membros da cadeia, tenham um conhecimento bem claro e profundo do processo como um todo, podendo participar e procurar continuamente melhores formas de agregar valor.

2.3 SETE DESPERDÍCIOS DO SISTEMA *LEAN*

Nas abordagens à identificação do desperdício, o objetivo é chegar a uma condição onde a capacidade de produção seja igual ao solicitado pelo cliente. Por outras palavras, nas empresas existem processos, materiais, pessoas e tecnologia para produzir quantidade certa do produto e/ou serviço que foi solicitado para entrar a tempo ao cliente. As situações onde há desequilíbrio entre a capacidade e a carga resultam em perdas para a empresa. (MOREIRA, 2011).

De acordo com Moreira (2011), para gestão empresarial japonesa, isto é expresso em termo de “Muda”, “Mura” e “Muri”. Estes três termos japoneses significam o seguinte:

- **MUDA** – é a palavra japonesa que significa desperdício, e o desperdício é por sua vez definido como sendo toda a atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor, ou seja, tudo o que não acrescenta valor e, como tal, deve ser reduzido ou eliminado. Visto por outro prisma, desperdício refere-se a todos as componentes do produto e/ou serviço que o cliente não está disposto a pagar;
- **MURA** – é o variável, refere-se a anomalias ou instabilidades na produção do produto e/ou serviço. Para eliminação deste tipo de desperdício é preciso adotar o sistema JIT (*just in time*), procurando fazer o necessário e quando pedido. Este é aplicado através do sistema puxado (*pull system*). Deixando o cliente puxar os produtos e serviços;
- **MURI** – é o irracional, manifesta-se através do que é excesso ou insuficiente. Para eliminação deste desperdício é necessário uniformizar o trabalho, garantindo

que todos segues o mesmo procedimento, tornando os processos mais previsíveis, estáveis e controláveis.

Enquanto o executivo da Toyota, Taiichi Ohno (1912-1997) – o maior crítico do desperdício que a história humana já conheceu – identificou os sete tipos de desperdício, ou muda, da produção, e Shigeo Shingo trabalhou no sentido de divulgá-los, identificando quais seriam os caminhos mais viáveis para eliminá-los. (OHNO, 1997, apud MOREIRA, 2011):

1. **Desperdício de excesso de produção** – é produzir mais do que o necessário em quantidades desnecessárias, para os produtos serem requisitados no futuro. A produção antecipada, gera problemas e restrições do processo produtivo: tempos longos de preparação de máquinas, grandes distâncias a percorrer com o material, falta de coordenação entre os postos de trabalho e a produção de grandes lotes como consequência inevitável. O sistema de *Produção Lean* indica a produção apenas do que é necessário;
2. **Desperdício de espera** – é o material que está à espera para entrar em produção, formando filas que tendem garantir altas taxas de utilização do equipamento. O sistema de *Produção Lean*, enfatiza o fluxo contínuo de materiais (coordenados pelo fluxo de informações), e não as taxas de utilização dos equipamentos, os quais só devem trabalhar se houver necessidade. A *Produção Lean* também dá ênfase ao homem e não a máquina. O homem não pode estar parado a espera, mas a máquina pode esperar para ser utilizada;
3. **Desperdício de transportes e movimentações** - o transporte de materiais e a movimentação de pessoas são atividades que não agregam valor ao produto final, mas são necessários devido as restrições do processo e das instalações, as quais impõem grandes distâncias a percorrer pelo material ao longo do processo de produção. O sistema de *Produção Lean* mostra que estas atividades são desperdícios de tempo e recursos que devem ser eliminadas pela redução dos estoques a praticamente zero e por um arranjo físico adequado que minimize distâncias a serem percorridas, tanto por pessoas quanto por materiais;
4. **Desperdício do próprio processo** – é o desperdício inerente a um processo não otimizado, ou seja, a existência de etapas ou funções no processo que não agregam valor ao produto. A *Produção Lean* questiona e investiga qualquer elemento que adicione custo e não valor ao produto;

5. **Desperdício de trabalho desnecessário** – refere-se ao movimento que não é realmente necessário para executar as operações. Ou é muito lento, muito rápido ou excessivo. O sistema de *Produção Lean*, procura a econômica e a consistência nos movimentos através do estudo de métodos e tempos de trabalho, chamando a atenção para soluções simples e de baixo custo. É preciso, em primeiro lugar, aperfeiçoar os movimentos para depois mecanizar e automatizar, caso contrário, corre-se o risco de automatizar o desperdício;

6. **Desperdício de produtos defeituosos** – são os desperdícios gerados pelos problemas de qualidade. Produtos defeituosos implicam desperdício de materiais, mão de obra, uso de equipamentos, além da movimentação e armazenagem dos materiais defeituosos. O sistema de *Produção Lean*, melhora o processo produtivo de maneira tal que previne a ocorrência de defeitos, para que se possa eliminar as operações de inspeção. A *Produção Lean*, procura sempre otimizar os processos já estabilizados, reduzindo continuamente a possibilidade do desenvolvimento de defeitos. Uma metodologia inovadora centrada na eliminação dos defeitos de processos dentro de uma organização é o 6 Sigma, que tem como objetivo maior, proporciona aos seus clientes um serviço/produto próximo da perfeição;

7. **Desperdícios de estoques** – estoques denunciam a presença de materiais retidos por um determinado tempo, dentro ou fora da fábrica. A melhor maneira de encontrar desperdício é procurar por lugares onde há tendência a existir estoques. Escondida por detrás destes, pode estar uma diversidade de causas que tem que ser analisadas (Pinto, 2008), (Ghinato, 1996).

No sistema de produção tradicional os estoques têm sido utilizados para evitar descontinuidade do processo produtivo, frente aos problemas de produção. Além da ocupação desnecessária de espaço físico, que poderia ser utilizado como um espaço realmente produtivo e de volume de recursos mobilizados para controlar e fazer a manutenção ao espaço, o estoque ainda contribui para: Ocultar problemas de qualidade, aumentar problemas de preparação de máquinas.

2.4 SMED – SINGLE MINUTE EXCHANGE DIE

Segundo Moreira (2011), a metodologia de Shigeo Shingo (SMED – *Single Minute Exchange of Die*), foi publicada pela primeira vez no ocidente em 1985, e é referência principal quando se trata da redução de tempos de setup de máquinas.

Os resultados sistemáticos realizados por Shingo foram descritos no seu livro – *SMED – Revolution in Manufacturing*, onde descreve algumas técnicas que auxiliam na metodologia e oferece diversos exemplos de aplicações do SMED em empresas. (MOREIRA, 2011).

A redução do tempo de troca de ferramentas é de extrema importância no sucesso do sistema de *Produção Lean*, segundo Shigeo Shingo. Consiste na quantidade de tempo necessária para trocar uma referência desde a última peça produzida de um lote até a primeira peça produzida no seguinte lote de produção. (MOREIRA, 2011).

A redução do tempo é importante porque melhora a eficácia de todo o equipamento, contribui para implementar programas de produção nivelada, ajuda a reduzir o inventário de produtos finais, dá suporte a metodologia “Fluxo de Produção”, contribui para a eliminação das perdas e desperdícios, além de aumentar a capacidade da máquina e melhorar a qualidade (NOVASKI *et al*, 2007, apud MOREIRA, 2011).

2.5 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - TPM

TPM é um método de gestão que identifica e elimina as perdas existentes nos processos produtivos, maximiza a utilização do ativo industrial e garante a geração de produtos de alta qualidade a custo competitivo. Desenvolver conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e melhorar continua garantindo o aumento da confiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos processos, sem investimentos adicionais. (FIRMINO, 2002, apud MOREIRA, 2011).

Segundo Moreira (2011), os princípios da Filosofia TPM:

- Aumentar a eficácia global dos equipamentos (OEE);
- Melhorar o sistema de manutenção planejada existente;
- O operador é o melhor monitor da condição do equipamento;
- Providenciar formação para melhorar os níveis ou competências na área da produção e na área de manutenção;
- Envolver todos e utilizar o trabalho em equipe;

A Figura 01 demonstra os pilares da TPM:

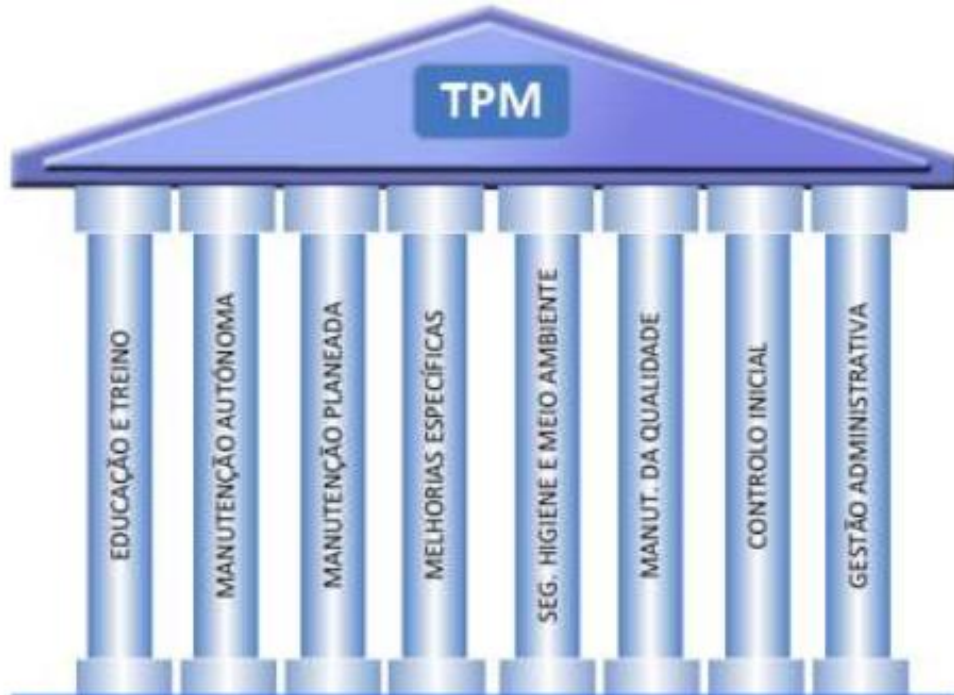


Figura 1 - Casa TPM
Fonte: MOREIRA (2011).

2.6 INDICADOR OEE

A implementação do modelo TPM na gestão de sistemas de manufatura é baseada em três conceitos centrais: maximização da eficácia dos equipamentos, manutenção autônoma realizada pelos operadores e organização de pequenos grupos de melhoria (LJUNGBERG, 1998). Neste contexto, o OEE tem sido amplamente utilizado como um indicador para medição de desempenho global do(s) equipamento(s) na manufatura que, ao estruturar a análise de perdas de utilização de sua capacidade, ajuda a direcionar os esforços de melhoria contínua dos pequenos grupos (JONSSON; LESHAMMAR, 1999) e a avaliar o progresso na implementação do TPM na organização (JEONG; PHILLIPS, 2001). Como métrica de uso gerencial, o OEE tem sido adotado principalmente por indústrias que precisam elevada disponibilidade de seus equipamentos. (BUSSO, 2012).

Segundo Busso (2012), O cálculo do OEE é realizado pela medição de três classes principais de perdas as quais são desdobradas em seis tipos básicos de perdas, conforme enumeradas a seguir e ilustradas na Figura 02:

- A. Perdas de Disponibilidade
 - A1. Paradas provocadas por falha de equipamento.
 - A2. Paradas por setup ou ajustes.

B. Perdas de Desempenho

B1. Pequenas paradas ou interrupções devido ao mau funcionamento do equipamento.

B2. Redução da velocidade do equipamento devido a alguma anomalia que faça operar com tempo de ciclo maior que o tempo padronizado.

C. Perdas de Qualidade

C1. Produção defeituosa

C2. Perdas de startup ou perdas ocasionadas no início da produção devido aos ajustes para estabilização do equipamento.

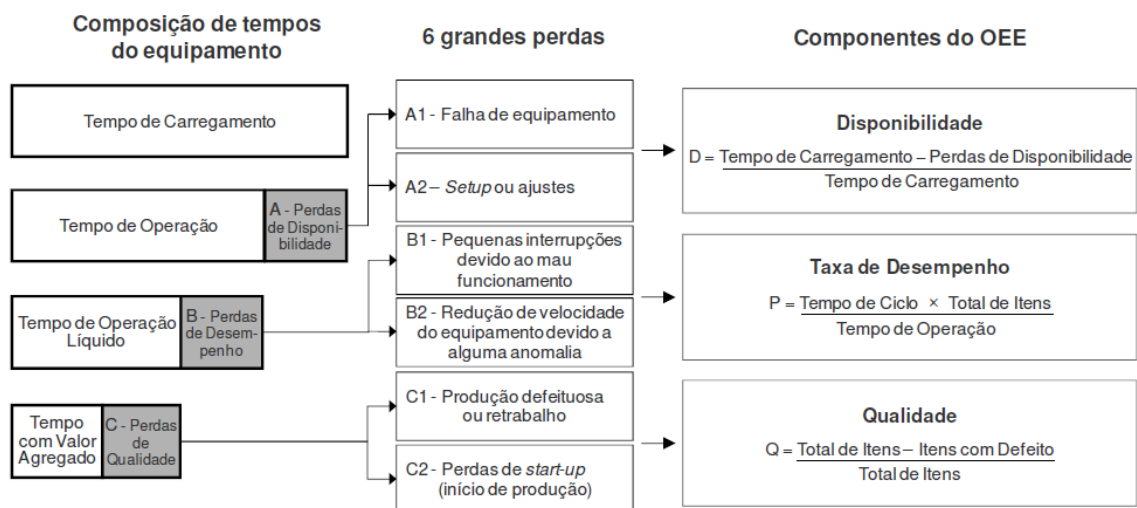


Figura 2 - Estrutura das seis grandes perdas observadas no indicador OEE
 Fonte: Adaptada de BRAGLIA et al (2009) apud Busso (2012, P.63).

O OEE pode ser entendido como uma relação entre o tempo em que houve agregação de valor ao produto e o tempo de carregamento do equipamento, ou seja, descontando-se as perdas de disponibilidade (A), perdas de desempenho (B) e perdas de qualidade (C). Para o seu cálculo, é adotada a Equação 01 que considera as definições para Disponibilidade (D), Desempenho (P) e Qualidade (Q):

$$OEE = D \times P \times Q$$

Alternativamente, o OEE pode ser calculado pela razão entre a quantidade de produto bom obtido no tempo com valor agregado, e a quantidade de produto que poderia ter sido obtida durante o tempo de carregamento, conforme a Equação 02 (KOWN; LEE, 2004, apud BUSSO, 2012).

$$\text{OEE} = \frac{\text{Total de produtos bons}}{\text{Tempo de carregamento} \times \text{Capacidade de produção teórica por hora}}$$

Vale salientar que a eliminação ou redução dos tipos de perdas identificados por este indicador requer que além da Manutenção e Produção, outras áreas como Qualidade e Engenharia colaborem no desenvolvimento de esforços de melhoria de modo mais sistêmico. (BUSSO, 2012).

A utilização do OEE tem sido relevante na avaliação do retorno de investimentos realizados no âmbito de programas de melhoria como baseados no modelo TPM. Para Chand e Shirvani (2000), a efetividade de um sistema de manutenção bem como das práticas de gestão de equipamentos pode ser avaliada medindo-se a eficácia global dos equipamentos por meio do OEE. Segundo Know e Lee (2004), é possível contabilizar como o aumento do OEE resultante de esforços de melhoria contínua para aumentar a disponibilidade de equipamentos reverte-se em redução do custo de manufatura e aumento incremental da margem de lucro. (BUSSO, 2012).

2.7 LIMITAÇÕES DO INDICADOR OEE

Na literatura, são encontrados diversos questionamentos sobre a aplicação do OEE como indicador de desempenho global da manufatura. Johsson e Lesshammar (1999), advertem que a maioria das empresas utiliza de forma incorreta os indicadores de desempenho ou falham na escolha de tais indicadores. Na Figura 03 é apresentada uma síntese da análise elaborada por estes autores considerando seus atributos fundamentais enquanto um sistema de medição do desempenho global, segundo o qual o OEE, como indicado, não atende a todas as dimensões e características examinadas. No que diz respeito a perspectiva da orientação do fluxo, o OEE não considera de forma integrada as atividades, processos e funções encontradas ao longo da cadeia de produção. Em relação a eficiência interna, revela uma visão limitada por contemplar somente as paradas causadas por problemas de manutenção e produção. Além disso, vale salientar que uma grande fragilidade do OEE é a sua falta de visão da eficácia externa o que o impede de refletir o que ocorre na cadeia de valor identificando perdas que afetam o fluxo de processo, entre o recebimento do pedido e sua entrega ao cliente. Isso dificulta a percepção de

trade-offs entre o objetivo da manufatura e o de outras áreas que interagem com a mesma na busca dos resultados do negócio como um todo. (BUSSO, 2012).

		Definição	Avaliação do OEE
Dimensões	Estratégia	Traduz as estratégias corporativas e de negócio para todos os níveis da organização	Quando aplicado junto com as metodologias de TPM/TQM, permite definição de objetivos comuns e estratégias por toda organização
	Orientação do Fluxo	Contempla funções, atividades e processos de forma integrada ao longo da cadeia de produção.	Não contemplada pelo OEE
	Eficiência Interna	Permite medir e comparar a eficiência funcional internamente de uma organização.	OEE é uma medida simples, mas abrangente. Porém nem sempre permite ser comparado entre diferentes áreas ou funções.
	Eficácia Externa	Contempla medições externas, inclusive o nível de satisfação dos clientes.	Não contemplada pelo OEE
Características	Direcionador de Melhoria	Serve não somente para informar mas também para acionar esforços de melhoria contínua.	Oferece grande contribuição quando utilizado como indicador de desempenho em processos de melhoria contínua.
	Simple e Dinâmico	Simple e fácil de entender, calcular e usar. Pode evoluir com o tempo mediante revisões para se manter atualizado como indicador.	Foco no OEE, ao invés de diferentes medições para eficiência dos processos, simplifica o sistema global de medição. Contudo, o OEE tem necessidade de ser complementado por outras medições.

Figura 3 - OEE x dimensões e características de um sistema de medição do desempenho global
Fonte: Adaptada de JONSSON E LESSHAMMAR (1999) apud Busso (2012, P.65).

A conceituação básica do OEE fornece uma boa forma de medir a eficácia de uma única máquina (BRAGLIA *et al.*, 2009). Contudo, a simples extensão da sua aplicação convencional à avaliação de um sistema de produção com mais máquinas não seria suficiente para direcionar sua melhoria global considerando sistematicamente os possíveis impactos num âmbito mais amplo. (BUSSO, 2012).

Assim como Jonsson e Lessahammar (1998) e Braglia *et al.* (2009), outros autores têm identificado limitações se aplicar o OEE em contextos mais amplos, sob condições não previstas e para fins mais complexos que os originalmente admitidos na sua concepção. (BUSSO, 2012).

A Figura 04 resume alguns dos princípios benéficos do que o OEE oferece, mas aponta que existem limitações que dificultam ampliar a utilização do OEE como indicador de desempenho global da manufatura. (BUSSO, 2012).

Assim, faz-se necessário buscar indicadores que não somente meçam o desempenho de um equipamento ou uma área, mas que também possibilitem avaliar os impactos de sistemas de manufatura maiores em sua cadeia de valor, que possam ser usados em comparações intra e interorganizações, que contemplem as necessidades do cliente, e que sejam simples de serem compreendidos, atualizados e utilizados em processos de melhoria contínua. (BUSSO, 2012).

Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilita a análise de problemas de produção ou manutenção e consequente atuação na causa raiz (JEONG; PHILLIPS, 2001) • Possibilita a identificação de máquinas que devem ser foco de atividades de gestão da manutenção (BAMBER <i>et al.</i>, 2003) • Permite comparação interna entre as máquinas de uma mesma planta (BAMBER <i>et al.</i>, 2003) • Registros de paradas para identificação das perdas permitem a complementação dos planos de manutenção já existentes (CHAND; SHIRVANI, 2000)
Limitações	<ul style="list-style-type: none"> • Quando aplicado a um escopo maior que uma única máquina (linha de produção ou planta), não direciona adequadamente as ações para melhoria contínua (BRAGLIA <i>et al.</i>, 2009) • Não fornece visão sistêmica das perdas do negócio, pois não considera interações além do equipamento (JONSSON; LESSHAMMAR, 1999) • A utilização somente do OEE pode definir responsabilidades para a área de produção que não necessariamente são da mesma (LJUNGBERG, 1998) • Dificuldade de reconhecer outras perdas com base na taxonomia das seis grandes perdas do OEE (JEONG; PHILLIPS, 2001)

Figura 4 - Benefícios e limitações do OEE
 Fonte: BUSSO (2012).

2.8 PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO DO TRANSFORMADOR

O princípio de funcionamento de um transformador se dá por um fenômeno conhecido como indução eletromagnética, na prática o circuito é submetido a um campo magnético variável e nele aparece uma corrente elétrica cuja intensidade é proporcional às variações do fluxo magnético.

De maneira simples, um transformador consiste de dois enrolamentos (primário e secundário), que geralmente envolvem os braços de um quadro metálico (o núcleo). Ao se aplicar uma corrente alternada no primário, produz-se um campo magnético proporcional a intensidade da corrente a ao número de espiras do enrolamento. Através do núcleo, o fluxo pouco encontra resistência e, assim, concentra-se no metal, com isso chega ao enrolamento do secundário com um

mínimo de perdas. Pela indução eletromagnética, no secundário surge uma corrente elétrica que varia de acordo com a corrente do primário e com a razão entre o número de espiras dos dois enrolamentos.

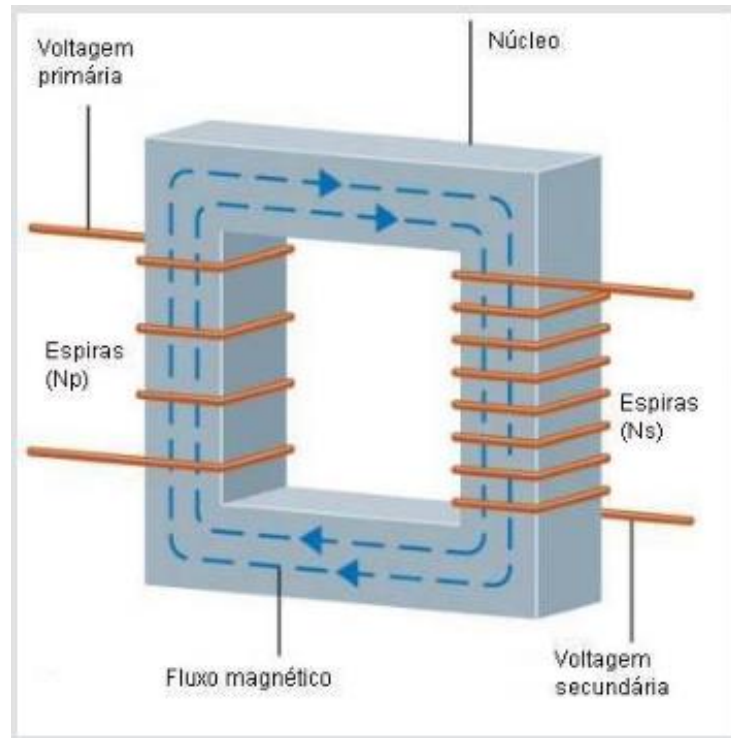


Figura 5 - Princípio de funcionamento do transformador
Fonte: <http://www.sigmatransformadores.com.br/o-transformador> (2016).

3 PROCECIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo será conduzido analisando um processo específico da fabricação de um transformador. A área a ser analisada é a central de corte de núcleos.

A escolha deste segmento do processo produtivo se deu por dois motivos principais: 01 - Pelo elevado valor agregado da matéria prima (aço silício). 02 - Pela grande oportunidade de racionalização do processo dentro das grandes perdas mencionadas do sistema *Lean*, com isto preparando a seção para uma futura implantação do indicador OEE.

3.2 MÉTODO

O método aplicado será basicamente uma pesquisa bibliográfica sobre o tema principal (OEE) e temas afins (*Lean*, TPM, SMED), resultando no final a possíveis sugestões de melhorias na área de estudo tomando como referência tais ferramentas.

3.3 DETALHAMENTO DO ESTUDO

A área de estudo, denominada central de corte de núcleos, tem como finalidade a preparação do aço silício para que seja possível a montagem do núcleo do transformador.

A área possui basicamente duas máquinas de corte longitudinal e seis máquinas de corte transversal.

O fluxo produtivo da área se inicia no corte das bobinas de silício recebidas do fornecedor externo (Figura 06). As chamadas bobinas mãe possuem variação de largura, espessura, diâmetro e peso. As dimensões de maior controle são a largura que varia de 850 a 1020 milímetros e a espessura que pode ser 0,27 ou 0,23 milímetros.



Figura 6 - Estoque de bobinas "mãe"
Fonte: Autoria própria.

A primeira etapa será fracionar as bobinas em larguras menores pré-estabelecidas no projeto do núcleo, conforme Figura 07. Este processo se chama corte longitudinal.

Largura das bobinas em milímetros (mm)							
35	105	175	250	370	510	660	870
40	110	180	260	380	520	680	880
45	115	185	270	390	530	700	900
50	120	190	280	400	540	710	920
55	125	195	290	410	550	720	940
60	130	200	300	420	560	740	960
65	135	205	305	430	570	750	980
70	140	210	310	440	580	760	1000
75	145	215	320	450	590	480	
80	150	220	325	460	600	800	
85	155	225	330	470	610	810	
90	160	230	340	480	620	820	
95	165	235	350	490	630	840	
100	170	240	360	500	640	860	

Figura 7 - Relação de larguras utilizadas nos projetos dos núcleos
Fonte: Autoria própria.

Após corte longitudinal, as bobinas são direcionadas a um estoque intermediário onde são acomodadas em berços metálicos, como pode ser visto na Figura 08. O transporte principal para qualquer movimentação na área é a ponte rolante.



Figura 8 - Estoque de bobinas fracionadas em larguras menores

Fonte: Autoria própria.

A segunda etapa do processo, denominada corte transversal, executa o corte do núcleo propriamente dito. Nesta etapa, as bobinas cortadas largura por largura, recebera o corte transversal que a transformará em 3 principais tipos de chapa (no caso de transformadores trifásicos). Serão transformadas numa chapa do tipo chapa A, uma chapa do tipo B e uma chapa do tipo C (central). A Figura 09 demostra de maneira planificada como ficarão as chapas:

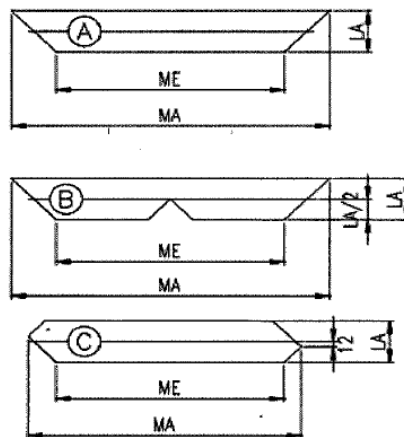


Figura 9 - Chapas cortadas transversalmente nos tipos A, B e C.

Fonte: Autoria própria.

Um núcleo em média é composto por um conjunto de camadas que podem variar de cinco a quatorze. Cada camada representa uma largura diferente e pra cada camada o projeto determina um número de chapas a ser cortado até se alcançar uma certa altura em milímetros. Conforme demonstrado nas Figuras 10 e

11, as chapas são empilhadas e dispostas numa sequência que facilite o próximo processo que seria a montagem dos núcleos.

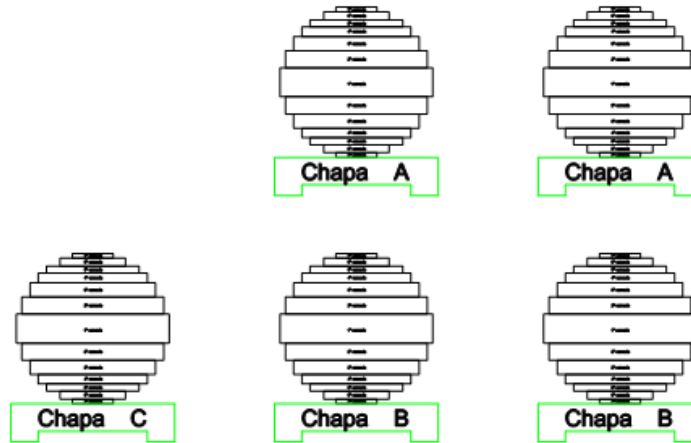


Figura 10 - Layout de empilhamento das chapas no processo transversal
Fonte: Autoria própria.



Figura 11 - Sistema de empilhamento das chapas na máquina de corte transversal
Fonte: Autoria própria.

No processo seguinte denominado montagem de núcleos (já não faz parte da área de estudo em si), a junção destes três tipos de chapa (A, B e C), resultará o núcleo do transformador, conforme podemos observar nas Figuras 12 e 13 a seguir:

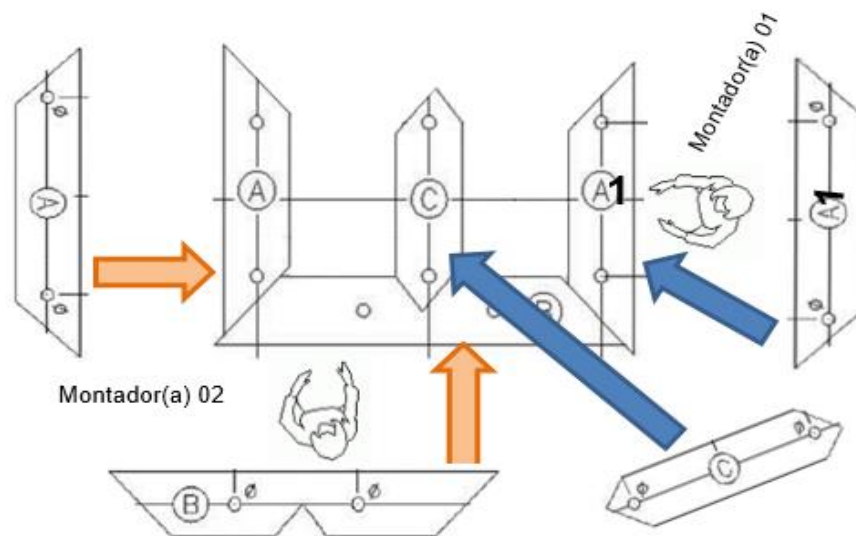


Figura 12 - Layout de montagem dos núcleos de transformador
 Fonte: Autoria própria.



Figura 13 - Processo de montagem dos núcleos de transformador
 Fonte: Autoria própria.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE RESULTADOS

Baseado na fundamentação teórica e após detalhada análise dos micros processos contidos dentro da área de estudo (corte de núcleo de transformador), as sugestões de melhorias no processo serão divididas nos seguintes tópicos:

1. Coleta e análise de dados do processo;
2. Melhorias no setup;
3. Melhorias de layout;
4. Redução de perdas por refugo e sucata;
5. Aplicação de SMED – Troca rápida;
6. Alterações de projetos;

4.1 COLETA E ANÁLISE DE DADOS DO PROCESSO

Ficou evidente que a quantidade de informações gerenciais do processo dificulta a identificação das perdas e conseqüentemente um possível trabalho de melhoria na busca de melhorar tal situação. Na situação atual, a área de estudo basicamente gerencia o nível de refugo e sucata geral. Não havendo possibilidade de entender onde realmente estão as maiores perdas ou problemas. A sugestão deste estudo é que se aplique um sistema de gerenciamento de refugo e sucata por equipamento, preferencialmente por projeto executado. A expectativa é que estas informações alimentem um banco de dados, onde seja possível a análise pontual dos problemas, estabelecendo assim trabalhos específicos onde se possa efetivamente melhorar os desempenhos do processo.

4.2 MELHORIAS NO SETUP

Analisando as perdas do processo, o setup se mostrou um dos pontos onde mais se perde disponibilidade de máquina. Para este tema, podemos subdividi-lo em 3 situações:

1. Abastecimento;
2. Programação de máquina;
3. Descarregamento;

4.2.1 Abastecimento

Analisando as perdas do processo, o setup se mostrou um dos pontos onde mais se perde disponibilidade de máquina. O método de corte exige uma troca constante de material, atendendo as larguras especificadas pelo projeto.

Enquanto a máquina executa o corte da largura programada, o operador se encaminha para preparar a próxima largura que entrará na sequência de corte, conforme demonstrado na Figura 14. As máquinas extremamente modernas executam o corte de maneira muito rápida, fazendo com que em determinado momento o processo fique parado, pois o operador efetuando o abastecimento não consegue vencer este tempo. Esta situação se repete por diversas vezes dentro do ciclo de corte de um projeto completo. Além disto, o operador tem diversas outras atribuições que acabam prejudicando ainda mais o desempenho. Como exemplo destas atividades temos: preenchimento de *check-list*, programação da máquina, operação do equipamento em si e também conferência dimensional do produto cortado.

A sugestão deste estudo é que nos equipamentos mais críticos, onde estas perdas de disponibilidade são mais evidentes e onerosas (equipamentos gargalo), se tenha outro operador ajudante.

A expectativa é que este operador ajudante possa agregar algumas destas atividades, diminuindo assim o tempo de máquina parada e aumentando o desempenho do equipamento.



Figura 14 - Operador executando o processo de abastecimento
Fonte: Autoria própria.

4.2.2 Programação de máquina

A cada projeto novo, o operador precisa interpretar o projeto e com auxílio de pequenos cálculos, programar a máquina para executar o corte daquele núcleo.

Dependendo da complexidade do projeto, esta operação pode custar até uma hora de máquina parada. Este valor somado num período maior, como um ano, acaba se tornando um número a se considerar.

A sugestão deste estudo é que se buscasse uma forma desta programação vir pronta ao operador.

A expectativa é justamente eliminar ou reduzir este tempo de máquina parada para programação do núcleo a ser cortado. Esta operação poderia ser executada por uma mão de obra indireta (auxiliar, técnico, analista, projetista, etc....).

4.2.3 Descarregamento

Uma das grandes perdas de disponibilidade destes equipamentos de corte transversal, está no momento que se finaliza o projeto e se tem que descarregar a máquina e preparar para a próxima sequência a ser cortada (Figura 15). Nesta etapa, a máquina fica parada 100% do tempo. Nas quatro máquinas menores, este tempo varia de 30 a 45 minutos por processo, enquanto nos dois equipamentos maiores está parada passa de 60 minutos.

Cada máquina possui dois (alguns casos três), conjuntos de mesas de empilhamento. Em cada mesa destas, é cortado um dos tipos de chapas do núcleo. As cinco chapas (duas A, duas B e um chapa C), ocupam quase 100% das mesas de empilhamento. Quando é finalizado o projeto, o operador obrigatoriamente precisa primeiramente descarregar os cinco tipos de chapas cortados e somente após, preparar as mesas para o corte do próximo projeto. A sugestão, seria avaliar a possibilidade de duplicação destas mesas de empilhamento.

A expectativa seria ter um segundo sistema de mesas livre, que pudesse ser preparado para o corte do próximo projeto, ainda com o projeto anterior sendo trabalhado na máquina. Quando finalizado, automaticamente se iniciaria o trabalho (sem interrupção), e só depois que a máquina estivesse operando o operador descarregaria as chapas cortadas e já prepararia novamente a máquina para o recebimento de outro projeto.



Figura 15 - Operador executando o processo de descarregamento
Fonte: Autoria própria.

4.3 MELHORIAS DE LAYOUT

Outro ponto de destaque na análise das perdas, foi à disposição da área de estudo, especificamente ao que se refere a estoques intermediários. Existe uma perda de movimentação no método atual. Nestes estoques intermediários estão as bobinas que foram fracionadas em larguras menores pelo processo de corte longitudinal e que servirão para abastecimento das máquinas de corte do processo transversal. A área possui dois grandes estoques. Buscando abastecer as duas principais linhas da seção. (Conforme Figura 16):

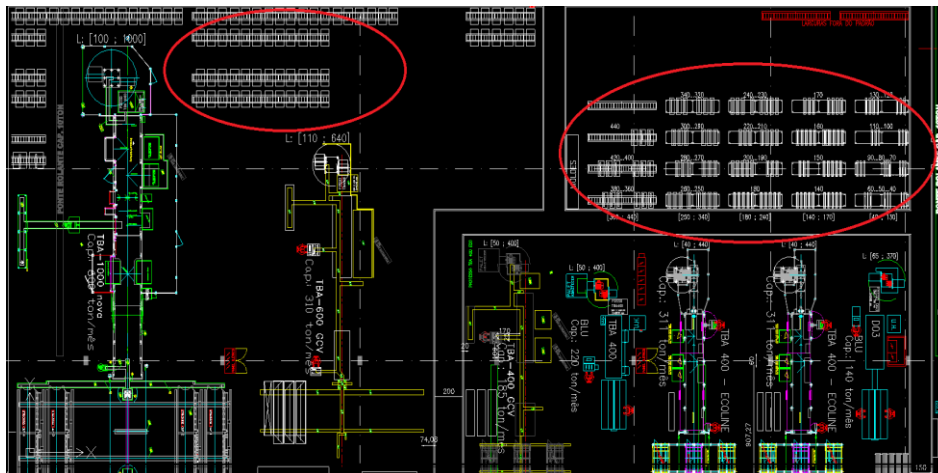


Figura 16 - Layout demonstrando os dois principais estoques intermediários de bobinas
Fonte: Autoria própria.

Um dos estoques (círculo menor) está mais próximo dos dois equipamentos que cortam os maiores núcleos, enquanto o outro estoque (círculo maior), está direcionado a abastecer as quatro máquinas restantes que cortam núcleos intermediários e pequenos.

A falta de um método (sistemática), de abastecimento destes estoques intermediários faz com que as larguras fracionadas pelo processo de corte longitudinal não sejam distribuídas da melhor forma para abastecer estes dois grupos de máquinas.

Os operadores acabam com isso perdendo um tempo considerável buscando as bobinas no estoque para abastecer a máquina e no final do corte de cada camada do núcleo, tendo que fazer o processo inverso para devolve-la.

A sugestão deste estudo é a criação de um método de distribuição destes materiais.

Para esta nova sistemática, seria prudente um estudo de movimentação dos operadores, que daria informações para que as bobinas fossem reagrupadas da melhor maneira possível nestes estoques intermediários, afim de propiciar aos mesmos um menor tempo de deslocamento, conseqüentemente menos tempo de máquina parada. Também sugere-se a implantação de um sistema alternativo de movimentação de carga, pois em vários momentos o congestionamento de pontes rolantes dificulta a distribuição de material nestes estoques intermediários. Uma sugestão facilmente aplicada na área de estudo seriam trens de carga, guiados por trilho.

A expectativa é que se evitem ao máximo as movimentações desnecessárias e que o material esteja disponível no menor tempo possível.

4.4 REDUÇÃO DE PERDAS POR REFUGO E SUCATA

Este talvez seja o tema onde se pode alcançar melhores ganhos financeiros. Conforme relatado diversas vezes, o valor da matéria-prima (silício), é muito representativo dentro do conjunto final do transformador, chegando até 45% da estrutura total de custos do produto. O silício representa hoje o segundo material mais caro na estrutura, ficando abaixo apenas do cobre utilizado na fabricação dos enrolamentos (bobinas).

No ano de 2016, até o mês de novembro, a seção em estudo contabilizou 6,49% da sua produção total como sucata ou refugo (Conforme Figura 17). Sendo mais objetivo, conforme demonstrado na Figura 18 as perdas por refugo representaram 3,13% e as perdas por sucata 3,35%, conforme observado na Figura 19.

Produção Total x Refugo/Sucata 2016			
MÊS	Prod. Longit.	% Geral	Prod. Transv.
Janeiro	501.060,0	3,44%	480.776,0
Fevereiro	844.082,0	5,47%	832.358,0
Março	795.856,0	7,80%	812.264,0
Abril	631.751,0	5,45%	596.507,0
Maio	663.589,0	5,80%	651.057,0
Junho	674.767,0	7,53%	685.537,0
Julho	636.223,0	8,15%	603.702,0
Agosto	918.871,0	6,33%	861.777,0
Setembro	826.395,0	5,11%	808.200,0
Outubro	604.174,0	8,74%	638.234,0
Novembro	653.367,0	7,40%	626.129,0
Dezembro			
Acumulado	7.750.135,0	6,49%	7.596.541,0

Figura 17 - Acompanhamento produção (Kg) e percentual de Refugo + Sucata
Fonte: Autoria própria.

Refugo do Processo				
Transversal	Longitudinal	Tranversal	Total	%
0,0	5.010,6	0,0	5.010,6	1,00%
9.660,0	8.440,8	7.420,0	25.520,8	3,02%
10.912,0	7.958,0	10.502,0	29.372,0	3,69%
6.373,0	6.317,0	1.950,0	14.640,0	2,32%
7.035,0	6.635,0	2.692,0	16.362,0	2,47%
5.700,0	6.747,0	3.293,0	15.740,0	2,33%
17.010,0	8.870,0	2.950,0	28.830,0	4,53%
12.490,0	9.390,0	3.100,0	24.980,0	2,72%
14.660,0	8.100,0	2.840,0	25.600,0	3,10%
28.540,0	6.280,0	1.350,0	36.170,0	2,80%
11.320,0	6.780,0	2.470,0	20.570,0	3,00%
123.700,0	80.528,4	38.567,0	242.795,4	3,13%

Figura 18 - Acompanhamento refugo do processo transversal e longitudinal
Fonte: Autoria própria.

Sucata e Refugo gerados 2016							
Sucata das Máquinas / Montadoras							
MÊS	Máquinas	Montadora 1	Montadora 2	Montadora 3	Montadora 4	Total	%
Janeiro	7.114,0	5.100,0	0,0	0,0	0,0	12.214,0	2,44%
Fevereiro	14.338,0	6.350,0	0,0	0,0	0,0	20.688,0	2,45%
Março	12.664,0	11.634,0	4.484,0	3.916,0	0,0	32.698,0	4,11%
Abril	13.400,0	2.930,0	3.446,0	0,0	0,0	19.776,0	3,13%
Maior	17.735,0	4.405,0	0,0	0,0	0,0	22.140,0	3,34%
Junho	19.233,0	5.160,0	3.300,0	0,0	7.380,0	35.073,0	5,20%
Julho	14.817,0	7.935,0	0,0	277,2	0,0	23.029,2	3,62%
Agosto	21.781,0	11.444,0	0,0	0,0	0,0	33.225,0	3,62%
Setembro	9.955,0	0,0	0,0	0,0	6.650,0	16.605,0	2,01%
Outubro	12.723,0	3.913,0	0,0	0,0	0,0	16.636,0	2,75%
Novembro	12.400,0	9.106,0	6.260,0	0,0	0,0	27.766,0	4,25%
Dezembro							
Acumulado	156.160	67.977	17.490	4.193	14.030	259.850	3,35%

Figura 19 - Acompanhamento sucatas geradas nas máquinas e nas montadoras
Fonte: Autoria própria.

Para entendermos estas perdas do processo, precisamos dividi-las em duas situações:

1. Perdas por refugo: São as chamadas perdas inerentes ao processo (Figura 20), ou seja, para fabricarmos as três chapas que compõe o núcleo dos transformadores (Chapa A, B e C), perco um percentual deste material para dar forma final a estas chapas, o processo não permite que se faça diferente;
2. Perdas por sucata: São as perdas que não são contabilizadas no custo e não fazem parte do processo (Figura 21). Geralmente são chapas que apresentam problemas de qualidade, erros de execução, falhas, erros de medidas, etc. Quanto maior for este percentual, menor a lucratividade a ser alcançada na venda do produto final.



Figura 20 - Refugo corte longitudinal
Fonte: Autoria própria.



Figura 21 - Sucata corte transversal
Fonte: Autoria própria.

Se contabilizarmos somente as perdas por sucata, este percentual representa em massa aproximadamente 260.000 Kg de material. Em valores, este número fica próximo a R\$ 2.600.000,00. Este valor é perda financeira da operação, pois o cliente não paga este material desperdiçado. Este montante é a oportunidade de ganhos da seção. Todas estas informações são acompanhadas em uma única planilha demonstrada a seguir na Figura 22 e a mesma é a única informação gerencial sobre o tema utilizada na seção:

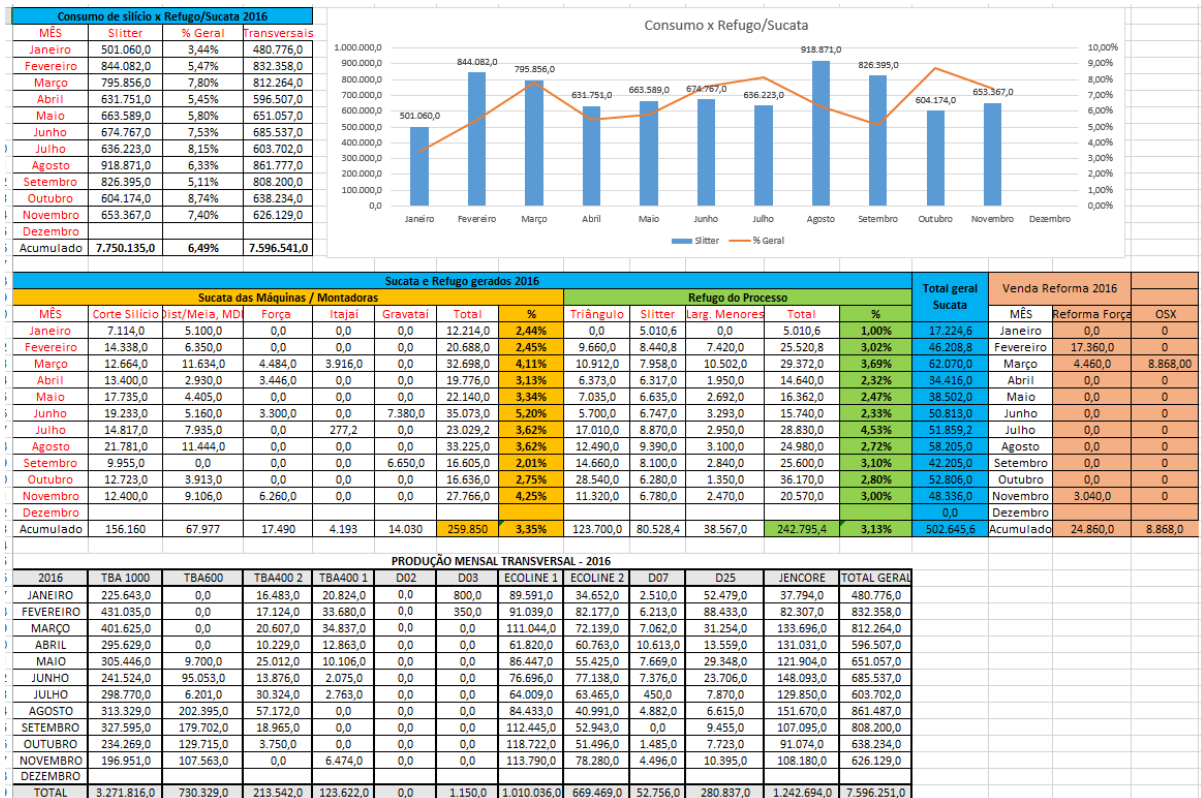


Figura 22 - Acompanhamento geral da produção e índices de sucata e refugo
Fonte: Autoria própria.

Com isso, um dos pontos observados foi a falta de dados mais contundentes que pudessem orientar a gestão da área e equipe de apoio como melhorar e reduzir estes percentuais de perdas. Conforme verificado na planilha de controle, Figura 22, as informações são tratadas a níveis gerais, ou seja, não existe uma forma de se afirmar onde efetivamente está a fonte de geração de 3,35% de sucata na seção em estudo.

Como sugestão, o primeiro passo a ser dado seria melhorar o controle, consequentemente a informação. A Figura 23, mostra um exemplo simples de controle que poderá ser utilizado a nível operacional, onde diariamente a informação

essencial para formação de um banco de dados adequado fosse extraída diretamente no processo de cada máquina. O operador no final do seu período de trabalho, ficaria responsável no preenchimento da mesma, e um técnico de apoio ficaria responsável em estratificar esta informação no fechamento de um período maior, como por exemplo, um mês.

CONTROLE DE PRODUÇÃO & SUCATA – DEZEMBRO – Máq: _____												
Dia	1º Turno				2º Turno				3º Turno			
	Produção	Camada	Refugo	Sucata	Produção	Camada	Refugo	Sucata	Produção	Camada	Refugo	Sucata
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												

Figura 23 - Documento de fábrica para acompanhamento de produção, sucata e refugo
Fonte: Autoria própria.

A expectativa é que a curto e médio prazo, o banco de dados gerado pela coleta destas informações possibilite ao grupo de melhoria, fazer um diagnóstico mais preciso da seção como um todo, podendo identificar os maiores focos de perdas de matéria-prima e a partir daí concentrar seus trabalhos para que os

problemas fossem resolvidos respeitando sempre uma linha de priorização do maior problema para o menor.

4.5 APLICAÇÃO DE SMED – TROCA RÁPIDA

Uma das características do produto (núcleo), é que as chapas estampadas no processo de corte transversal apresentam duas furações, que basicamente tem duas funcionalidades na concepção do produto: 1 – Auxiliar na montagem do núcleo em si, enquanto o mesmo ainda está nesta etapa do processo. 2 – Quando existe a necessidade de um reforço e ou fixação diferente do núcleo com relação as ferragens do tanque, havendo necessidade de utilização de tirantes (barras roscadas de aço), neste caso a furação servirá para passagem dos tirantes. Estas furações variam de um projeto para o outro e também podem variar de medida, dependendo da característica do projeto, dimensão, aplicação, etc. Basicamente a seção possui quatro variações de furo. São eles: 16, 22, 24 e 30 milímetros. A furação é feita na chapa da mesma forma que a mesma é cortada no sistema longitudinal ou transversal, por intermédio de ferramentas de corte (estampos).

Para este setup, a seção é totalmente dependente de uma área de apoio, no caso Manutenção. A cada nova necessidade de troca dos punções de corte a manutenção é acionada e os mesmos efetuam a troca das ferramentas. Este processo, desde acionada a Manutenção, até a liberação da máquina com o punção de corte trocado pode levar de 30 a 60 minutos. Não é raro os casos onde este procedimento é feito por mais de uma vez num dia inteiro de trabalho, ocasionando até duas horas de máquina parada apenas por este motivo. Como sugestão, poderia ser avaliado uma forma de melhorar ou alterar o sistema de troca das punções de corte, diminuindo assim a criticidade (dificuldade) da operação e com isso melhorando o tempo total de setup. A expectativa é que desta forma, o próprio operador possa ser treinado a executar esta operação. Elimina-se também com isto a dependência de uma área de apoio para esta finalidade.

4.6 ALTERAÇÕES DE PROJETO

Algumas das perdas existentes no processo de corte dos núcleos, acabam sendo intensificadas pela forma construtiva (projeto), dos mesmos. O melhor

exemplo disto seria o número de camadas por núcleo. Quando mais camadas o núcleo tiver, maior será a necessidade de troca de rolos de bobinas na máquina, e conforme já mencionado este momento de troca das bobinas por muitas vezes acaba também gerando um tempo de máquina parada.

Como sugestão, alguns itens avaliados poderiam ser repensados e analisados pela equipe de Engenharia de produto e Engenharia de Processos, para verificar o que é mais vantajoso para a empresa. Seriam:

- Diminuir a quantidade de camadas por rolo;
- Diminuir o número de furações diferentes por núcleo. Hoje temos quatro tipos;
- Diminuir o número de furos por chapa do núcleo. Hoje temos dois furos por chapa;
- Avaliar possibilidade de cortar o núcleo todo somente com chapas do tipo A e C. Este tipo de chapa é o que gera menor número de refugo. Hoje o núcleo é montado a partir da junção dos três tipos de chapa (A, B e C);
- Diminuir o número de variações de espessura de chapa. Hoje temos dois tipos (0,27 e 0,23 milímetros). Melhoraria o estoque e também o problema ocasionado pela variação da altura das chapas com a mistura dos dois tipos no momento do corte;
- Reavaliar o sistema de empilhamento das chapas para os núcleos de menor porte;

A expectativa com estas sugestões é melhorar os desperdícios da seção, pois em todos os itens citados, de alguma forma a concepção do projeto atual acaba favorecendo para aumentar alguns desperdícios que temos na seção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no referencial teórico e analisando a área em estudo ficou mais evidente que existem inúmeras possibilidades em se aplicar as ferramentas demonstradas e com isso melhorar significativamente os resultados da seção. Dois pontos se mostraram de maior relevância na análise da área e com grandes possibilidades de melhoria. O primeiro seria a perda financeira ocasionada pelo refugo e sucata do processo e segundo seria a perda de disponibilidade dos equipamentos diante dos desperdícios mencionados como: movimentação de material em excesso, setup, abastecimento e descarregamento entre outros.

A área em estudo também se mostrou carente de informações (dados), para que trabalhos com maior efetividade pudessem ser aplicados. A inexistência de indicadores também é um fator que dificulta a tomada de decisão. A partir do momento que as informações forem sendo organizadas e estruturadas, o indicador OEE poderá ser aplicado e se tornar a principal referência de gestão para a área. As sugestões apresentadas neste estudo, facilitarão para que este indicador seja implantado. Em linhas gerais, as propostas de melhoria, auxiliarão a melhora do indicador OEE mesmo antes de ser aplicado pois de acordo com os objetivos iniciais traçados, a utilização das ferramentas *Lean* e TPM, auxiliarão na redução de perdas, tais como:

- Disponibilidade – Aplicação do SMED reduzindo tempos de setup, estudo de redução de paradas de máquina no carregamento e descarregamento, redução de movimentações de materiais e pessoas, aumentarão a disponibilidade dos equipamentos;
- Desempenho – A participação da equipe de manutenção no grupo multifuncional sugerido neste estudo, ajudará na melhora das perdas por pequenas falhas nos equipamentos;
- Qualidade – A aplicação de uma ferramenta de acompanhamento de sucata e refugo na produção mostrará as oportunidades de melhoria disponíveis no processo, possibilitando assim, trabalhos dedicados de contenção nas perdas de maior relevância;

Como sugestão final, a proposta futura é que seja formado um grupo de colaboradores de diversas áreas (produção, processos, engenharia de produto,

qualidade, manutenção), e que este, ficasse encarregado de analisar todos os pontos colocados neste estudo verificando a possibilidade de implantação das sugestões. Nesta análise deverá ser observado os ganhos efetivos e retorno de investimento na aplicação das melhorias sugeridas, pois este estudo não se preocupou com este detalhe. É dito isto, pois pode haver situações de melhorias mencionadas neste estudo que não sejam viáveis a serem aplicadas.

REFERÊNCIAS

BAMBER, C.J.; CASTKA, P.; SHARP, J.M.; MOTORA, Y. Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v.9, n.3, pp. 223-238, 2003.

BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M; ZAMMORI, F. Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML) – an integrated approach to assess systems performance. **Journal of Manufacturing Management**, v.20, n.1, pp. 8-29, 2009.

BUSSO, C. M. **Aplicação do indicador de overall equipment effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização da capacidade de produção**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHAND, G.; SHIRVANI, B. Implementation of TPM in cellular manufacture. **Journal of Material Processing Technology**, v.103, p. 149-154, 2000.

FIRMINO, M. B. **Gestão das organizações: conceitos e tendências atuais**. 2002. Editora Escolas. 4 ed. (Edição Reimpresa em 2010).

GHINATO, P. **Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente um Just in time**. Caxias do Sul: Editora Educus, 1996.

JEONG, K.Y.; PHILLIPS, D.T. Operational Efficiency and Effectiveness Measurement. **International Journal of Operations & Production Management**, v.21, n.11, p. 1404-1416, 2001.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE. **International Journal of Operations & Production Management**, v.19, n.1, p. 55-78, 1999.

KWON, O.; LEE, H. Calculation methodology for contributive managerial effect by OEE as a result of TPM activities. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v.10, n.4, p. 263-272, 2004.

LJUNGBERG, O. Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. **International Journal of Operations & Production Management**, v.18, n.5, p. 495-507, 1998.

MOREIRA, S. P. da S. **Aplicações das ferramentas lean** – Caso de estudo. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

NOVASKI, O.; SUGAI, M. ; MCINTOSH, R. I. **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED)**: análise crítica e estudo de caso. 2007. Gestão de Produção. p. 323-335.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEREIRA, C. A. dos S. **Lean manufacturing**: aplicação dos conceitos a células de trabalho. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade da Beira Interior, Covilhã.

PINTO, J. P. **Pensamento lean**: a filosofia das organizações vendedoras. Lisboa: Lidel Edições Técnicas, 2008.

_____. **Novas oportunidades**. Exame, 2006, p.24.

_____. **Princípio de criação de valor nas organizações**. 2006. Disponível em: <www.leanthinkingcommunity.org>. Acesso em: 05 jan. de 2010.

_____. **Lean thinking**: introdução ao pensamento enxuto. 2008. Disponível em: <http://molar.crb.ucp.pt/>>. Acesso em: 05 jan. de 2010.

TRANSFORMADORES, Sigma. Disponível em: <<http://www.sigmatransformadores.com.br/o-transformador/>>. Acesso em: 13 dez. 2016.