

# Utilização do índice de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua do laminador em empresa fabricante de cilindros de alta pressão

Gláucia Rozatto Alves Inácio  
Universidade Federal Fluminense  
[glauciarozatto@hotmail.com](mailto:glauciarozatto@hotmail.com)

Ilton Curty Leal Junior  
Universidade Federal Fluminense  
[iltoncurty@vm.uff.br](mailto:iltoncurty@vm.uff.br)

## RESUMO

*A medição do sistema de manufatura é de fundamental importância para as empresas otimizarem seus processos e conseguirem sobreviver no mercado competitivo. Este trabalho tem como objetivo descrever e analisar a utilização do índice de eficiência global de equipamentos como auxílio na gestão e melhoria contínua do laminador de tubos de uma empresa fabricante de cilindros. Por meio da utilização desta ferramenta foi possível identificar os pontos ineficientes do sistema visando à proposição de ações, com subsídio das ferramentas estatísticas e de qualidade, que gerem melhoria da produtividade e qualidade dos produtos. Com base no estudo de caso desenvolvido, observou-se que os resultados obtidos apresentaram melhorias nos valores do índice de eficiência global.*

Palavras-chave: Disponibilidade. Performance. Qualidade.

## 1. INTRODUÇÃO

Devido à economia globalizada e à grande competitividade do mercado as empresas de manufatura vêm procurando se adequar às exigências dos clientes. Slack (2002) destaca que somente por meio de uma função de manufatura saudável é possível cumprir as metas e objetivos estratégicos definidos pela organização. Por esse motivo, a medição do sistema de manufatura vem se tornando de grande importância para a resolução de problemas e para a própria melhoria contínua desses sistemas.

Dessa forma, faz-se necessário que as empresas busquem melhorar continuamente a eficiência de seus equipamentos, identificando e eliminando as perdas e, conseqüentemente, reduzindo custos de fabricação.

De acordo com o apresentado em 1999 na conferência de Sociedade de Profissionais da manutenção e Confiabilidade, a Rihm & Hass Corporation conclui que desenvolver a “fábrica oculta” (ou seja, a capacidade perdida devido às paradas e falhas) custa cerca de 10 vezes menos do que construir nova capacidade (Pellegrin et al.,2006).

A principal justificativa para o tema proposto está apoiada na dificuldade de analisar as condições reais de utilização dos recursos produtivos, devido à falta de métodos e ferramentas adequadas. Estas dificuldades tendem a impedir a adequada utilização desses recursos que tem caráter estratégico na busca de redução de custos e de investimentos, bem como na melhoria da produtividade dos equipamentos e qualidade de seus produtos.

Posto isso, surgem as seguintes perguntas que deverão ser respondidas por este trabalho: Como é possível medir a eficiência do equipamento de forma que ações possam ser tomadas visando eliminar as perdas? Quais são os índices que mais influenciam na eficiência global do laminador? É possível aumentar a produtividade do laminador desenvolvendo sua capacidade perdida com as falhas?

O presente trabalho tem por objetivo identificar a capacidade perdida com as perdas, abordando o estudo da eficiência global do laminador de tubos de uma empresa fabricante de cilindros de alta pressão, como forma de gestão e melhoria contínua deste equipamento, conseqüentemente melhoria da qualidade do seu produto.

## 2. BASE TEÓRICA

O índice de eficiência global de equipamentos (OEE), originário da metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total), é um sistema de medição de manufatura que busca revelar os custos escondidos na empresa, é utilizado para identificar as áreas que necessitam de melhorias, bem como serve como benchmark para quantificar as melhorias obtidas nos equipamentos (Nakajima,1989).

O OEE envolve os índices de performance, disponibilidade e qualidade, utilizados para atacar as “6 grandes perdas” conforme a figura 1.

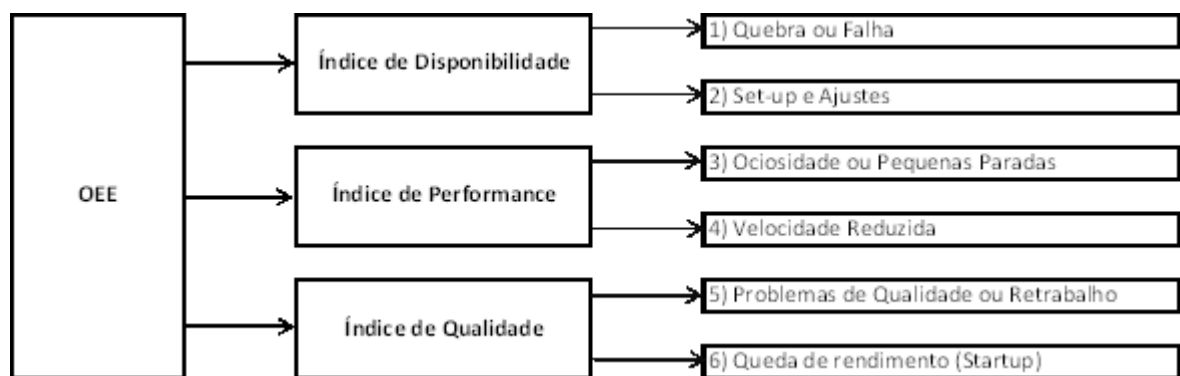


FIGURA 1- Relacionamento entre OEE, seus índices e perdas. Fonte: Adaptado Santos e Santos (2007).

O índice de disponibilidade está relacionado às duas primeiras perdas, que são: quebra ou falha do equipamento, e set-up e ajustes para troca do modelo a ser fabricado.

O índice de performance é influenciado somente pela velocidade reduzida do equipamento, ou seja, quando o equipamento está trabalhando abaixo da velocidade em que foi especificado, e por ociosidade e pequenas paradas onde o próprio operador faz a correção do equipamento.

O índice de qualidade contempla as perdas por problemas de qualidade, ou seja, quando o equipamento produz sucatas e por queda de rendimento ou start up, que é o tempo que o equipamento leva para retomar ao seu regime normal depois de um tempo de paradas.

Para se chegar ao valor do OEE é necessário a realização de uma série de cálculos. Conforme as equações a seguir, segundo Santos e Santos (2007):

$$\text{Tempo de Carga (TC)} = \text{Tempo teórico disponível} - \text{paradas programadas (horas)} \quad (1)$$

$$\text{Tempo Real Disponível (TRD)} = \text{Tempo de carga} - \text{paradas não programadas (horas)} \quad (2)$$

Índice de disponibilidade: Este índice representa a relação entre o tempo total disponível do equipamento e o tempo efetivo que o mesmo ficou em operação. A equação (3) refere-se ao cálculo da disponibilidade:

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{TRD}}{\text{TC}} \times 100 \quad (3)$$

Índice de Performance: Apresenta uma relação entre o total de peças produzidas real e teórico, levando em consideração o tempo de ciclo. Ou seja, avalia o ritmo de produção do equipamento. Este índice pode ser obtido através da equação (4).

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Peças Produzidas (pçs)}}{\text{Tempo Standard (pçs/h) x Tempo Real Disponível (h)}} \times 100 \quad (4)$$

Índice de Qualidade: O terceiro índice que compõe o OEE refere-se à geração de produtos defeituosos, que resultam em refugo ou retrabalhos. Este índice pode ser obtido através da equação (5).

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Peças Produzidas} - \text{Peças Refugadas} - \text{Peças Retrabalhadas}}{\text{Peças Produzidas}} \times 100 \quad (5)$$

Eficiência Global do Equipamento (OEE): O indicador OEE é o produto dos três índices relacionados acima, disponibilidade, performance e qualidade. Este índice pode ser obtido através da equação (6).

$$\text{OEE(\%)} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \quad (6)$$

De acordo com Nakajima (1989), um OEE de 85% deve ser buscado como meta ideal para os equipamentos. Empresas que obtiveram OEE superior a 85% ganharam o prêmio TPM Award. Para se obter esse valor de OEE é necessário que seus índices sejam de: 90% para disponibilidade, 95% performance e 99% qualidade.

Hansen (2006) destaca que valores menores que 65% são inaceitáveis e a empresa está desperdiçando dinheiro. Entre 65% e 75% é aceitável somente se as tendências trimestrais estiverem melhorando. Entre 75% e 85% é muito bom, porém deve-se buscar os níveis de classe mundial que é maior que 85% para processos em lotes e maior que 90% para processos discretos e contínuos. Indústrias de fluxo contínuo devem ter valores de OEE de 95% ou superior.

A identificação das perdas é a atividade mais importante no processo de cálculo do OEE. A limitação da empresa em identificar suas perdas impede que se atue no restabelecimento das condições originais dos equipamentos, impedindo de se alcançar a eficiência global, conforme estabelecido quando o equipamento foi adquirido ou reformado.

### 3. METODOLOGIA

Na realização do estudo foi abordada a pesquisa aplicada cujo objetivo é gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. O estudo é de natureza qualitativa e quantitativa, sendo desenvolvida por meio de pesquisas bibliográficas e pesquisa de campo.

A melhoria do OEE envolve várias etapas. A figura 02 apresenta a metodologia de aplicação do OEE e das ferramentas estatísticas e de qualidade utilizadas neste trabalho.

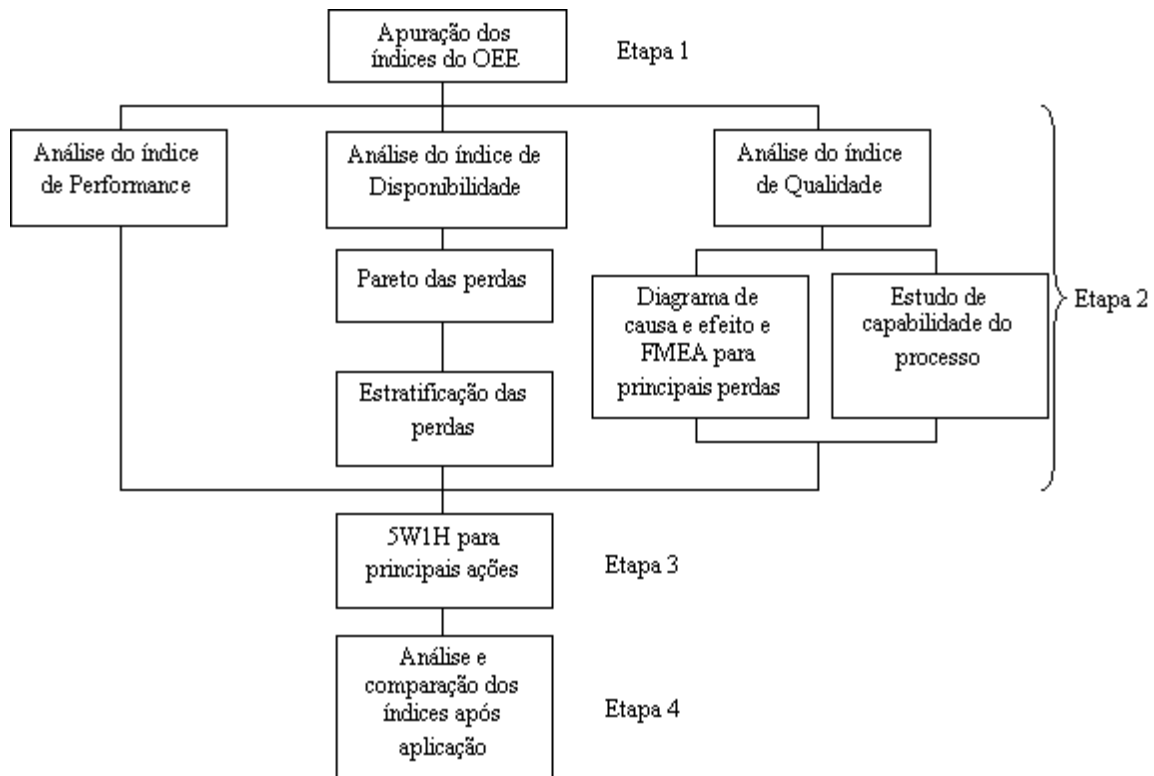


FIGURA 02 - Proposta de aplicação do OEE e ferramentas da qualidade. Fonte: Elaborado pelo Autor.

As melhorias no valor do OEE ocorreram por meio das etapas a seguir:

Etapa 1) Cálculo do OEE: Foi realizado o cálculo do valor do OEE atual do laminador, através dos índices de disponibilidade, performance e qualidade.

Etapa 2) Tratativa dos dados: Cada índice foi tratado individualmente por se referir à perdas diferentes. Para o Índice de Performance foi realizada a análise do índice, bem como foi feita sugestões de melhorias. Para o Índice de Disponibilidade foi elaborado um gráfico de Pareto para as principais perdas e estratificação das mesmas. Para o Índice de Qualidade foi construído diagramas de Ishikawa através de brainstorming que serviram de base para a elaboração do FMEA com o objetivo de identificar os problemas de qualidade que ocorrem com mais frequência, as suas causas e efeitos. Foi realizado também, um estudo de capacidade do processo de laminação.

Etapa 3) Elaboração do Plano de Ação: a seguir foi elaborado um plano de ação 5W1H para atuar nas principais perdas.

Etapa 4) Análise após a Aplicação das Ações: Finalmente foi feita a análise do indicador após a implementação das ações.

#### 4. DESENVOLVIMENTO

O processo de laminação é um dos mais importantes para a fabricação de cilindros de alta pressão. É um processo de conformação mecânica onde o tubo sofre deformação plástica, aumentando seu comprimento e reduzindo a espessura de parede, permitindo dessa forma um produto mais leve.

A tipologia de paradas dos equipamentos é uma etapa importante no cálculo do OEE e é realizada pela própria empresa, para entender como ocorrem as perdas existentes em seus equipamentos.

Os códigos utilizados são mostrados a seguir, na Tabela 1. As paradas foram classificadas em paradas programadas e não programadas.

Tabela 1. Código de Paradas de Equipamentos

Código	descrição da parada do equipamento
1	engenharia industrial/tecnologia & qualidade (experiências)
2	falta de matéria prima
3	ajuste no processo
4	fluxo processo
5	gerencial
6	limpeza e organização da célula
7	manutenção não programada
8	manutenção programada
9	parada devido à manutenção corretiva no equipamento anterior ou posterior
10	reuniões do setor
11	set-up
12	reunião emergencial
13	treinamentos e reuniões ssma
14	troca de ferramenta
15	rede de utilidades (falta d'água,falta de ar,falta de energia ,gás...)
16	educação física
17	outras paradas não programadas
Programadas	1,5,6, 8, 10, 11, 13,16
Não Programadas	2,3,4,7,9,12,14,15,17

Fonte: Empresa Pesquisada, 2009

O mês de março foi utilizado como exemplo para retratar a funcionalidade e os objetivos do OEE. Para o cálculo do OEE foi necessário a atualização dos tempos de ciclo que foram cronometrados pela equipe do processo. O gráfico 1 apresenta o OEE do mês, calculado a partir das equações 3, 4, 5 e 6 . Os dias 26, 28 e 29 não aparecem no gráfico pois não houve programação para estes dias.

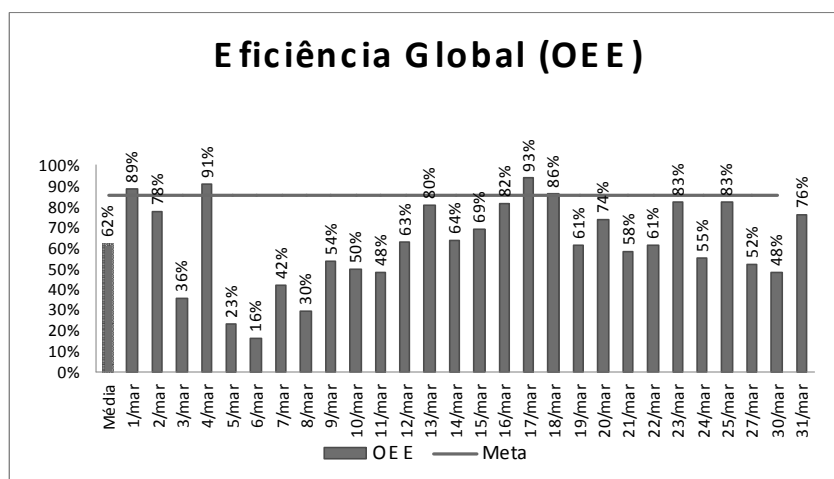


Gráfico 1. OEE de Março de 2009. Fonte: Elaborado pelo autor com dados da empresa.

Com o monitoramento diário foi possível identificar que no mês de março a meta de 85% foi alcançada somente nos dias 1,4, 17 e 18. Foi possível identificar ainda, uma queda do índice entre os dias 3 e 11 de março ficando igual ou abaixo de 50%, com exceção dos dias 4 e 9. As causas para a baixa performance do OEE devem ser analisadas por meio de um estudo detalhado dos índices de performance, disponibilidade e qualidade do equipamento no período, antes do advento do OEE, somente a disponibilidade era considerada na utilização dos equipamentos, o que resultava no super-dimensionamento de capacidade.

#### 4.1 ÍNDICE DE PERFORMANCE

O índice de performance, fechou o mês com média de 78%, o que gerou um impacto negativo nos valores do OEE, não alcançando a meta de 95% em nenhum dia do mês, conforme mostra o gráfico 2.

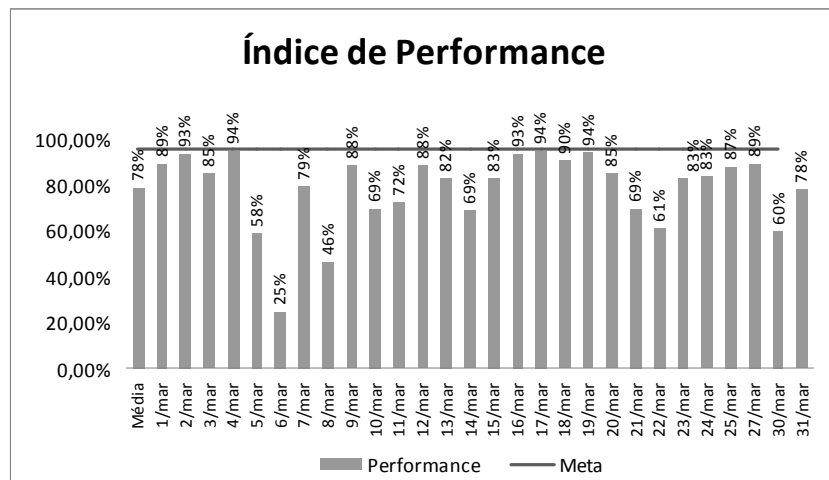


Gráfico 2. Índice de Performance do Laminador. Fonte: Empresa Pesquisada.

Os valores da performance são influenciados somente pela queda de velocidade do equipamento e por pequenas paradas onde o próprio operador faz a correção da anomalia. Por meio de medições sistemáticas do tempo de ciclo não foi observado queda na velocidade do equipamento durante o mês, portanto o índice está sendo afetado somente pelas pequenas paradas. Como de modo geral esta perda é eliminada rapidamente, a identificação e contabilização são dificultadas. O menor índice foi atingido no dia 6 de março devido à diversas pequenas paradas para o setor de engenharia e qualidade avaliar defeitos no tubo laminado e como a avaliação é feita rapidamente e repetidas vezes, é difícil a contabilização exata do tempo em que o equipamento ficou parado, afetando o índice.

O índice de performance foi influenciado pela anotação dos operadores, muitas vezes imprecisas, por exemplo, foi observado que muitas vezes os operadores não anotam paradas para lanche e ginástica laboral.

#### 4.2 ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE

O índice de disponibilidade fechou o mês com média de 81%, ficando acima da meta apenas em 9 dias do mês, conforme o gráfico 3.

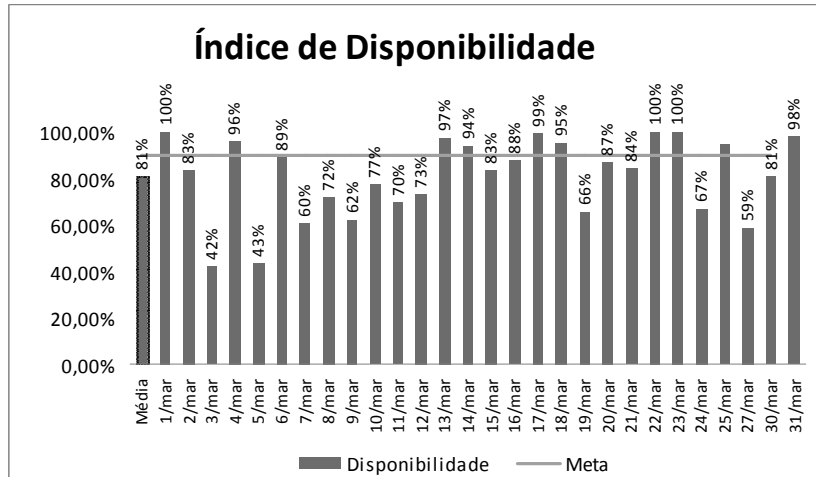


Gráfico 3. Índice de disponibilidade do laminador. Fonte: Empresa Pesquisada.

As principais perdas que afetaram o índice de disponibilidade no período estão representadas no gráfico de Pareto a seguir.

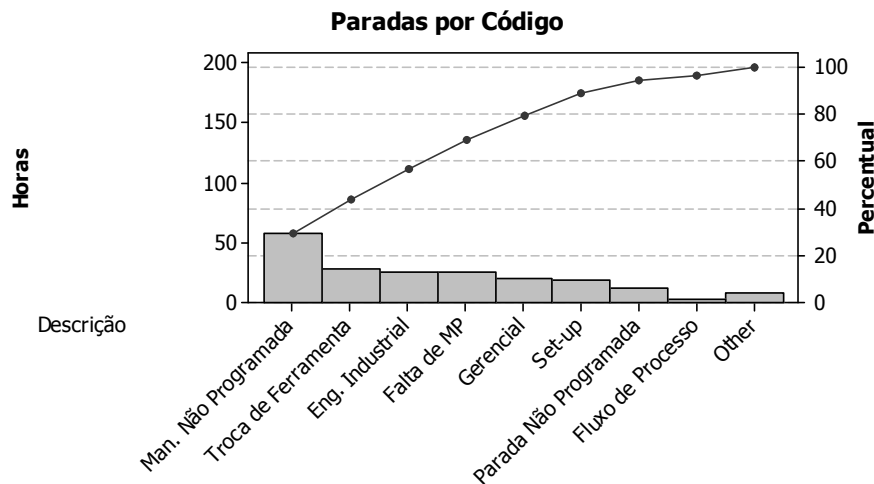


Gráfico 4. Paradas por código. Fonte: Empresa Pesquisada.

A maior perda no período foi por manutenção não programada, por meio de estratificação do gráfico 4 conclui-se que foi devido à entrada de ar na bomba, ajuste no contra-ponta e na régua. A segunda maior perda foi para troca de ferramentas, principalmente rolos e mandril. A terceira maior perda é de engenharia industrial, deve-se principalmente às paradas para realização do check-list diário do equipamento. Quanto à falta de matéria-prima foi devido a um atraso na entrega do fornecedor. As outras perdas não serão detalhadas por serem de pouca representatividade no total do tempo perdido.

#### 4.3 ÍNDICE DE QUALIDADE

Apesar do índice atingir 100% grande parte dos dias, o mesmo fechou o mês de março com média de 97%, ficou 9 dias abaixo da meta de 99%, conforme mostra o gráfico 5, representando grande ônus para a empresa devido ao elevado custo da matéria prima perdida, sem contar com o tempo desperdiçado produzindo sucatas.

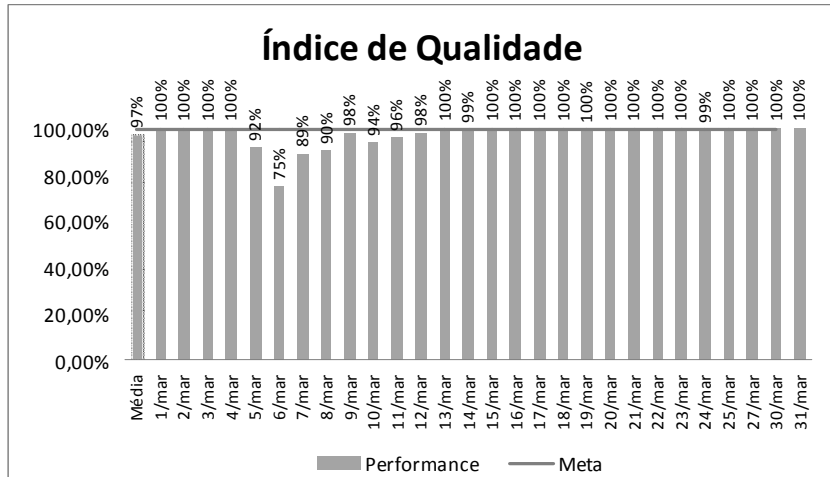


Gráfico 5. Índice de Qualidade do Laminador. Fonte: Elaborado pelo autor com dados da empresa.

O Gráfico 6 mostra os defeitos apresentados no produto. Qualquer um destes defeitos levam ao refugo da peça pois a mesma não é passível de retrabalho, com exceção das peças com tamanho menor que, em alguns, casos podem ser laminadas novamente.

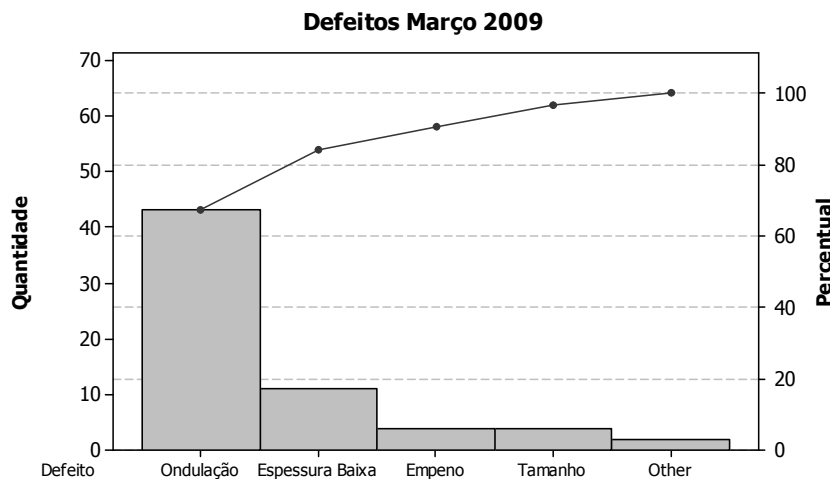


Gráfico 6. Defeitos no mês de março de 2009. Fonte: Elaborado pelo autor com dados da empresa.

Por meio da identificação dos maiores problemas, foram construídos diagramas de causa e efeito para identificação das principais causas, que serviram de base para a elaboração do FMEA. Foi possível identificar, então, os modos de falha, os efeitos, as causas, avaliação das formas de detecção, determinação do número de prioridade de risco e ações a serem tomadas. De acordo com o FMEA deve-se dar prioridade às ações que minimizem os defeitos de ondulação e espessura baixa. Para ondulação foram propostas algumas ações que serão detalhadas na seção 4.4.

Para espessura baixa foi realizado um estudo de capacidade do processo, o estudo foi realizado com diâmetro 230 e 356 que representam os dois extremos do processo, o de menor e maior diâmetro fabricado atualmente, conseqüentemente exige menor e maior esforço do equipamento, respectivamente. Onde foi possível observar que para o Ø356 o processo não é capaz de atender as exigências dos clientes. Devido ao resultado da análise foi necessário aumentar o comprimento de corte em 20 mm para fabricação de cilindros 60.356.200, não apresentando mais problemas de espessura baixa.



#### 4.4 PLANO DE AÇÃO 5W1H

A partir da observação dos três índices foi elaborado um plano de ação para redução das perdas. Tanto de produtividade quanto de custo com peças refugadas. Dentre as principais ações tomadas entre os dias 3 e 11 de março, foi realizado a troca do mandril e dos rolos de laminação que se apresentavam com desgaste, provocando problemas de qualidade, e conseqüente queda da performance pelas pequenas paradas para avaliação do produto. Outra ação que foi realizada minimizando o problema de ondulação foi o ajuste da régua prismática pela manutenção, que influencia diretamente no processo podendo causar ondulações no tubo.

A redefinição do diâmetro do rolo de laminação para trabalhar com ângulo de ataque correto do mesmo, reduzindo o esforço na laminação foi mais uma ação que contribuiu para minimizar os problemas de qualidade.

Para problemas de espessura foi recomendada a instalação de ultrassom por varredura na entrada e saída do laminador para conhecimento da variação de espessura da matéria prima e do tubo laminado para a realização dos ajustes na abertura e fechamento dos rolos, para maior precisão nesta operação foi recomendado também, a instalação de sistema de ajuste dos rolos de laminação através de encouder para maior precisão do mesmo.

Para a redução do tempo de troca de ferramenta foi feito teste em duas parafusadeiras para melhoria no tempo de set-up de troca dos rolos, e melhoria também da ergonomia do operador.

#### 4.5 ANÁLISE DOS ÍNDICES APÓS A APLICAÇÃO DAS AÇÕES

Como pode ser observado no gráfico 7, o índice passou de uma média de 50% até o dia 11 para 70% no restante do mês, ou seja, após a aplicação das ações imediatas recomendadas no plano de ação 5W1H, fechando o mês com média de 62%.

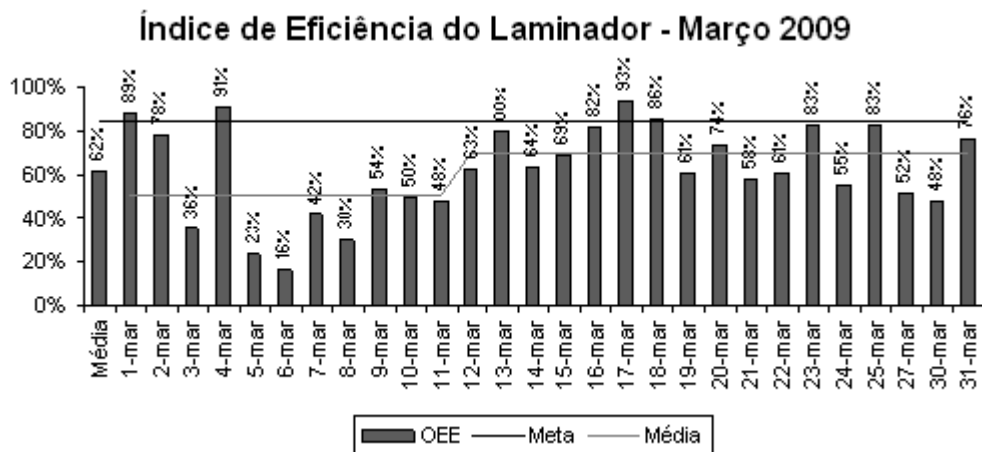


Gráfico 7. OEE após a aplicação das ações. Fonte: Elaborado pelo autor com dados da empresa.

Considerando as empresas de classe mundial, um OEE ideal é de 85% portanto, ainda deve haver maiores esforços para a obtenção deste índice. Porém o período de análise não é o suficiente para concluir que o processo está ruim, é preciso a análise de um período maior para observação deste índice, o que não foi possível devido à redução de demanda de produtos laminados nos meses de abril, maio e junho.

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O índice de performance está fortemente influenciado pela imprecisão dos tempos de paradas anotadas pelos operadores. Para melhorar este índice seria necessário treinamento da mão de obra sobre a importância da anotação correta de todas as paradas que ocorrem no equipamento, programas de melhoria devem consistir primeiramente em esforços de educação e na constituição de equipes para coletar e analisar a causa raiz dos problemas, é necessário um mínimo de investimento de tempo e recursos em treinamento de pessoal sobre as medições do OEE. Por meio do entendimento das classificações para coleta de dados e como as perdas impactam no OEE, irão se formar equipes com sinergia, podendo estas eliminar as causas básicas dos problemas rapidamente.

Durante o mês analisado, e também por observação do histórico da empresa, a manutenção não programada aparece com uma das principais perdas de disponibilidade, o que reflete a necessidade de implementação de manutenção baseada na confiabilidade.

De acordo com Hansem (2006), princípio da confiabilidade começa a tomar forma quando a comunidade de trabalho modifica seus conceitos em relação à manutenção, passando de uma atitude de “conserte quando quebra” para uma atitude de desenvolver uma função contínua e importante do equipamento. O princípio da confiabilidade se torna mais poderoso quando é apoiado e promovido pelos gerentes das plantas, da produção e das operações, bem como os supervisores da produção e manutenção. Deve desenvolver a idéia de que “se não se promove a confiabilidade, está promovendo as falhas”.

A segunda maior perda por disponibilidade foi para troca de ferramentas. A redução do tempo de troca de ferramentas melhora consideravelmente o OEE por proporcionar maior tempo de operação. A metodologia de troca rápida de ferramentas (SMED) é um método eficiente para minimização do set-up e consiste basicamente na elaboração de um vídeo da operação de troca da ferramenta. A equipe deve assistir ao vídeo, documentar cada ação e o tempo gasto para realizá-la. Cada ação é colocada em um papel adesivo temporariamente sobre uma linha de tempo, deve ser verificado quais são as oportunidades para a redução do tempo. A metodologia é melhor implementada pelos empregados durante a realização das tarefas. Eles têm a credibilidade do conhecimento do local de trabalho e podem se responsabilizar pelos resultados.

De acordo com Hansem (2006), as áreas que realizam o processo de troca rápida de ferramentas pela primeira vez, em geral reduzem a linha de tempo em 20% a 50%. Após ser estabelecida uma nova linha de tempo (entre seis meses e um ano), realizar novamente o exercício pode resultar em uma melhoria de 10 % a cada interação. Portanto, aplicar os métodos e princípios da troca rápida de ferramentas na troca de produtos e nas intervenções de manutenção impactam positivamente no OEE.

Por meio da análise do índice de qualidade no mês de março observou-se uma queda significativa nos dias 5 à 11 de março, devido principalmente à problemas de ondulação de espessura baixa. Por meio das ações recomendadas o índice voltou a subir no dia 12 de março, ressaltando a importância da análise sistemática do OEE. As ações corretivas foram de grande importância para a redução das sucatas, porém para evitar a ocorrência de novas falhas, foi realizado um FMEA para a identificação das causas do problema, e um estudo de capacidade para verificar se o processo é capaz de atender aos requisitos da norma de fabricação do produto. O prosseguimento do FMEA e dos estudos de capacidade é fundamental para a garantia de produção de peças conforme as especificações do cliente.

## 6. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal aplicar o OEE no laminador para conhecer os pontos ineficientes do sistema e propor ações para melhoria do índice. Com o estudo de caso foi possível demonstrar como o índice de eficiência global dos equipamentos pode auxiliar na melhoria contínua dos mesmos e na eficiência da produção do sistema de manufatura, as pequenas perdas, até então não quantificadas começaram a ser vistas como “problemas” e as pessoas envolvidas passaram a intervir nessas perdas - para que essas se tornassem horas produtivas.

Outro ponto importante foi a mudança de conceito, havia um sentimento na empresa de que a produtividade do equipamento era influenciada somente pelas paradas por quebra de máquina, como pode ser visto, no mês de março os índices de qualidade e performance também influenciaram fortemente para a baixa performance do OEE.

O estudo de caso apresentou melhoria no índice do OEE no período analisado, foi demonstrado a funcionalidade do indicador, sendo um documento dinâmico onde análises são feitas diariamente, ou seja, qualquer anomalia pode ser identificada rapidamente e as ações corretivas são tomadas, as ações preventivas envolvem um esforço maior da equipe para análise da causa fundamental do problema, como foi feito para o índice de qualidade.

A ferramenta OEE se mostrou de grande importância na mensuração da eficiência e da real capacidade do equipamento, a participação de todos os setores foi importante para a identificação da causa raiz dos problemas. Foi possível com este estudo obter maior conhecimento do processo e das variáveis o influenciam. Segundo Chiarádia, a ferramenta vem sendo empregada como um importante indicador operacional, independentemente da implantação (ou não) da metodologia TPM nas respectivas empresas.

Algumas ações recomendadas não foram aplicadas, devido à limitação de recursos financeiros para investimentos e manutenção do equipamento.

Outra limitação para o estudo foi o curto período de tempo para coleta de dados e análise do índice, nos meses de abril, maio e junho houve uma redução da demanda para fabricação de produtos laminados, a maior parte da demanda foi suprida com os itens que estavam em estoque.

Como sugestão para desdobramentos futuros desta pesquisa, destaca-se um estudo sobre implantação de método de coleta automática de dados, possibilitando vantagens quanto à acuracidade dos dados coletados e quanto à possibilidade de obtenção de informações em tempo real, aumentando a confiabilidade do OEE. Outra sugestão seria um estudo sobre viabilidade de implantação da metodologia TPM na empresa e a manutenção baseada na confiabilidade. Proporcionando uma mudança de cultura para a prevenção das falhas, aumentando o valor do OEE.

Ainda com o intuito de melhorar o OEE sugere-se um estudo sobre a viabilidade de implantação do Controle estatístico do processo (CEP), nos gargalos da operação, para redução de sucatas e do tempo gasto produzindo as mesmas e conseqüentemente redução dos custos de fabricação.

## 7. REFERÊNCIAS

CHIARADIA, A. - Utilização do indicador de eficiência global dos equipamentos na gestão de melhoria contínua dos equipamentos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia. Porto Alegre, RS. 2004

HANSEN;R.C. – Eficiência Global de Equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre, Bookman, 2006.

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

PELLEGRIN; I.;KLIPPEL;A.F; KLIPPEL;M.;JÚNIOR;J.A.V.A. – Apresentação à edição brasileira do livro “Eficiência Global de Equipamentos” de Robert C. Hansen; Porto Alegre, Bookman,2006

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