



UTILIZAÇÃO DO INDICADOR DE EFICÁCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS (OEE) NA GESTÃO DE MELHORIA CONTÍNUA DO SISTEMA DE MANUFATURA - UM ESTUDO DE CASO

Ana Carolina Oliveira Santos (UNIFEI)

ana_carolyna@yahoo.com.br

Marcos José Santos (UNIFEI)

magal.santos@yahoo.com.br

Nos dias de hoje, com a economia globalizada e com a grande competitividade do mercado, as empresas de manufatura vem procurando se adequar cada vez mais às exigências dos clientes. Por esse motivo, a medição do sistema de manufatura vem se tornando cada vez mais essencial para a resolução de problemas e para a própria melhoria contínua desses sistemas de manufatura. Assim, sob este aspecto, faz-se necessário que as empresas brasileiras busquem melhorar continuamente a eficácia de seus equipamentos, identificando e eliminando as perdas e, conseqüentemente, reduzindo custos de fabricação. A eficácia global dos equipamentos é utilizada na metodologia TPM - Total Productive Maintenance, onde é proposto um indicador conhecido na literatura internacional como OEE - Overall Equipment Effectiveness. Este trabalho pretende discutir, através de um estudo de caso, como a eficácia global dos equipamentos pode auxiliar na melhoria contínua dos equipamentos e na eficiência de produção do sistema de manufatura.

Palavras-chaves: TPM, OEE, Melhoria contínua

1. Introdução

Atualmente, com a economia globalizada e com a grande competitividade do mercado, as empresas de manufatura vêm procurando se adequar cada vez mais às exigências dos clientes. Produzir cada vez mais, com menos recursos e mais rapidamente, passaram a ser desafios comuns para aquelas indústrias que pretendem permanecer no mercado. Por esse motivo, a medição do sistema de manufatura vem se tornando cada vez mais essencial para a resolução de problemas e para a própria melhoria contínua desses sistemas de manufatura.

O mercado brasileiro, de acordo com Chiaradia (2004), possui características econômicas relacionadas aos custos dos equipamentos de usinagem comparados aos custos de mão-de-obra diferente aos de outros países desenvolvidos, que são os maiores produtores de automóveis no mundo. Segundo Chiaradia (2004), no Brasil, os custos de depreciação horária dos equipamentos são em média maiores que os custos de mão-de-obra. No Japão, por exemplo, esta relação entre os custos de depreciação dos equipamentos e os custos de mão-de-obra se comporta de maneira contrária a do Brasil. Desse modo, o parque industrial brasileiro, com sua capacidade instalada próxima ou, algumas vezes, menor que a demanda, necessita de flexibilidade de recursos para maximizar sua utilização. Esta característica não ocorre em países desenvolvidos, onde a ociosidade dos equipamentos é alta por definição estratégica. Assim, sob este aspecto, faz-se necessário que as empresas brasileiras busquem melhorar continuamente a eficácia de seus equipamentos, identificando e eliminando as perdas e, conseqüentemente, reduzindo custos de fabricação.

Este trabalho aborda o estudo da eficácia global de equipamentos, como forma de gestão e monitoramento da melhoria contínua dos mesmos em uma empresa do setor automobilístico do sul de Minas Gerais. A principal justificativa para o tema proposto está apoiada na dificuldade de analisar as condições reais de utilização dos recursos produtivos. Estas dificuldades tendem a impedir a adequada utilização dos recursos produtivos que tem caráter estratégico na busca de redução de custos e de investimentos em ativos imobilizados, bem como na melhoria e manutenção da produtividade econômica.

A eficácia global dos equipamentos é utilizada na metodologia TPM – Total Productive Maintenance, onde é proposto um indicador conhecido na literatura internacional como OEE – Overall Equipment Effectiveness.

O objetivo principal deste trabalho consiste em estudar e desenvolver o indicador de eficácia global dos equipamentos, definindo os índices que compõem seu cálculo. A eficácia deve ser avaliada considerando tanto as perdas existentes nos equipamentos, conforme a metodologia TPM, quanto às perdas por gestão (que se caracterizam por perdas não associadas diretamente ao equipamento, porém impedem que este permaneça em produção), qualidade e performance.

Por fim, este trabalho pretende discutir, através de um estudo de caso, como a eficácia global dos equipamentos pode auxiliar na melhoria contínua dos equipamentos e na eficiência de produção do sistema de manufatura em questão.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Indicadores de desempenho

Johnson e Kaplan (1987) defendem a utilização de indicadores de desempenho de cunho não financeiro para avaliar o desempenho mensal da empresa. Argumentam que apenas

a utilização de indicadores financeiros já não reflete o desempenho recente da organização. Sustentam que podem ser contestados pelas rápidas mudanças na tecnologia, pelos ciclos de vida reduzidos dos produtos, pelas inovações na organização das operações de produção e por inclusão de despesas de períodos passados ou aquelas que incluem benefícios que serão concretizados no futuro. Indicadores não financeiros permitem fixar e prever melhor as metas de rentabilidade de longo prazo da empresa.

Ainda segundo Johnson e Kaplan (1987), este panorama justifica a necessidade de novos atributos de avaliação do desempenho das empresas que efetivamente reflitam a integração e a flexibilidade de seus recursos. Permite ainda concluir que o desempenho é gerenciável na proporção em que é medido. Sem medidas, os gerentes não conseguem fundamentar argumentos para comunicar especificamente quais as expectativas de desempenho, quais os resultados esperados dos subordinados.

Slack (2002) destaca que somente através de uma função de manufatura saudável é possível cumprir as metas e objetivos estratégicos definidos pela organização. Sendo assim, a adequada utilização dos ativos fixos das empresas, componentes importantes de manufatura, deve ser priorizada.

2.2 Lean Manufacturing

De acordo com Womack, Jones e Roos (1992), a verdadeira importância da indústria japonesa está no fato de não ter replicado o venerável enfoque da produção em massa norte-americano. Os japoneses estavam desenvolvendo uma maneira inteiramente nova de se produzir, que se chama produção enxuta. Conforme Womack, Jones e Roos (1992) “A grande diferença entre o produtor enxuto e o produtor em massa é a constante busca pela perfeição, seja ela no processo ou produto.” O produtor enxuto combina as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando os altos custos dessa primeira e a rigidez desta última. Com essa finalidade, emprega na produção enxuta: as equipes de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização, além de máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas, para produzir imensos volumes de produtos de ampla variedade.

A eficiência do modelo clássico (taylorista-fordista) na fabricação de grandes volumes iguais (produção em massa para consumo em massa) era questionada pelo sucesso da produção enxuta (*lean production* ou modelo japonês), que utilizava um sistema produtivo em que diferentes produtos poderiam ser fabricados na mesma configuração produtiva ou cédula de produção, eliminando desperdícios na produção e defeitos no produto final (LIMA, 2004).

Segundo Invernizzi (2006), a produção, por sua vez, praticada dentro dos princípios Lean de Manufatura assume características opostas à produção em massa. Os estoques são reduzidos, o comprometimento do trabalhador no processo produtivo é maior, a multifuncionalidade é incentivada para dar suporte a novas responsabilidades que são assumidas pelos trabalhadores, possibilitando assim a redução dos lotes de fabricação, redução no lead time, isto é, redução no tempo a partir da colocação do pedido pelo cliente até o momento em que o produto esteja disponível para embarque, além do incremento na qualidade dos produtos.

Ainda segundo Invernizzi (2006) o sucesso alcançado pelo sistema criado por Ohno foi tão grande que o sistema ultrapassou os muros das fábricas da Toyota e hoje em dia é um modelo que está sendo seguido por outras empresas em diversas partes do Mundo. No caso específico do Brasil pode-se encontrar vários exemplos de empresas que adotaram o Sistema Lean de Manufatura e obtiveram expressivos resultados.

Segundo Shingo (1996), toda produção, executada tanto na fábrica como no escritório, deve ser entendida como uma rede funcional de processos e operações. Processos transformam matéria prima em produtos. Operações são ações que executam essas transformações. Esses conceitos fundamentais e sua relação devem ser entendidos para alcançar melhorias efetivas na produção. Para maximizar a eficiência da produção, analise profundamente e melhore o processo antes de tentar melhorar as operações.

2.3 Total productive maintenance (TPM) e overall equipment effectiveness (OEE)

Total productive maintenance (TPM) é uma metodologia que tem como objetivo melhorar a eficácia e a longevidade das máquinas. É uma ferramenta do Lean Manufacturing porque ataca os maiores desperdícios nas operações de produção. De acordo com The Productivity Development Team (1999), esta metodologia se originou de uma necessidade de um fornecedor atender os exigentes requisitos do Sistema Toyota de Produção. Atualmente o TPM é utilizado em várias empresas em todo o mundo para melhorar a capacidade de seus equipamentos e atingir metas para a redução de desperdícios, incluindo restauração e manutenção de condições padrão de operação.

A metodologia TPM também promove melhorias no sistema do equipamento, procedimentos operacionais, manutenção e desenvolvimento de processos para evitar problemas futuros.

Overall equipment effectiveness (OEE) é uma ferramenta utilizada para medir as melhorias implementadas pela metodologia TPM. A utilização do indicador OEE, conforme proposto pela metodologia TPM, permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos. Estas análises das condições ocorrem a partir da identificação das perdas existentes em ambiente fabril, envolvendo índices de disponibilidade de equipamentos, performance e qualidade.

A medição da eficácia global dos equipamentos pode ser aplicada de diferentes formas e objetivos. Segundo Jonsson e Lesshmmar (1999), o OEE permite indicar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias bem como pode ser utilizado como benchmark, permitindo quantificar as melhorias desenvolvidas nos equipamentos, células ou linhas de produção ao longo do tempo. A análise do OEE e output de um grupo de máquinas de uma linha de produção ou de uma célula de manufatura permite identificar o recurso com menor eficiência, possibilitando, desta forma, focalizar esforços nesses recursos.

A importância de se aperfeiçoar os equipamentos e atuar nas maiores perdas (obtidas através do OEE) se concretiza quanto há aumento de produção: a melhoria da eficácia descarta a necessidade de novos investimentos.

Segundo Nakajima (1989), o OEE é uma medição que procura revelar os custos escondidos na empresa. Conforme Ljungberg (1998), antes do advento desse indicador, somente a disponibilidade era considerada na utilização dos equipamentos, o que resultava no superdimensionamento de capacidade.

De acordo com Nakajima (1989), o OEE é mensurado a partir da estratificação das seis grandes perdas e calculado através do produto dos índices de Disponibilidade, Performance e Qualidade. Segundo ainda 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 * 99% qualidade.

A figura 1 ilustra o indicador OEE, bem como seus índices e as perdas relacionadas a cada um.

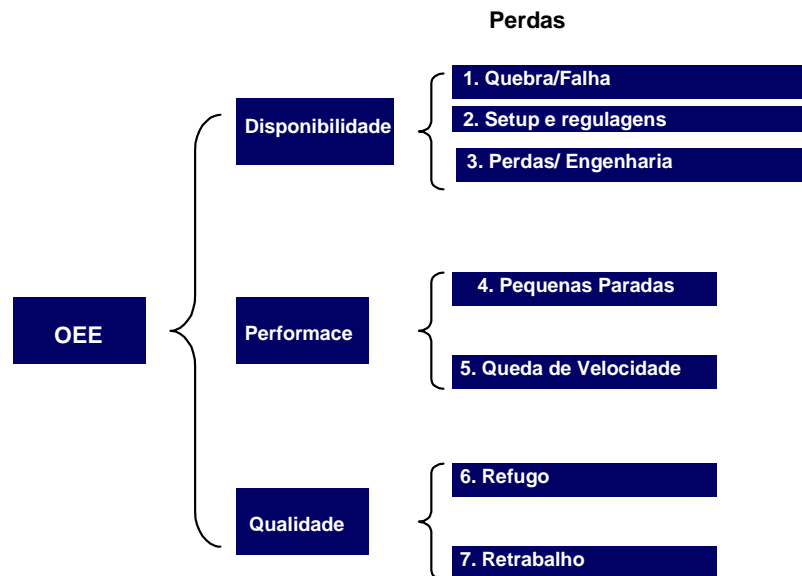


Figura 1- Elementos da eficácia global de uma máquina

A figura 2 abaixo representa a sistemática de cálculo do indicador OEE.

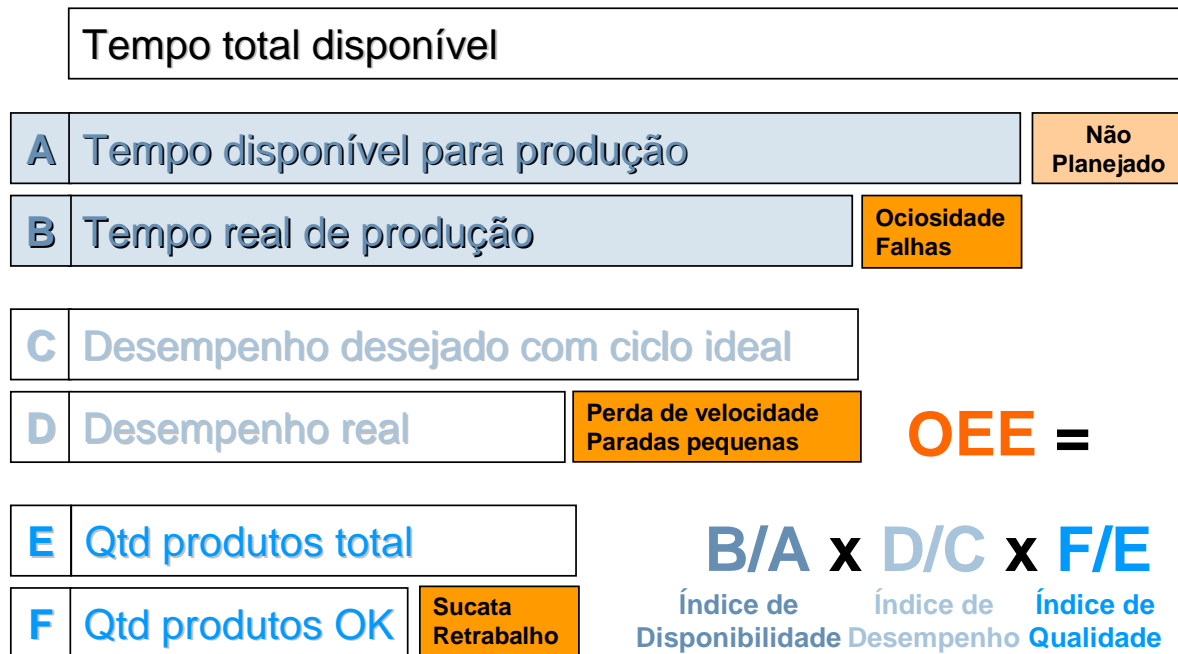


Figura 2 - OEE : Sistemática de cálculo

Segundo Chiaradia (2004), os índices do OEE podem ser calculados através das expressões abaixo:

Índice de disponibilidade: Este índice responde a seguinte questão: “A máquina está funcionando?”. Para isso, são consideradas as seguintes perdas:

- perdas de **gestão** (aguardando programação, falta de operador, falta de ferramental, aguardando produto da operação anterior, etc.);
- perdas por **paradas não programadas** (manutenção, setup, aguardando laudo, falta de energia elétrica, etc.).

A equação (3) refere-se ao cálculo da disponibilidade:

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

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

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

Sendo consideradas que paradas programadas: manutenção preventiva ou programada, almoço, treinamentos, reuniões, etc.

Índice de Performace: O segundo índice responde a seguinte questão: “A máquina está rodando na velocidade máxima?”. Este índice pode ser obtido através da equação (4).

$$\text{Performace(\%)} = \frac{\text{Peças Produzidas (pçs)}}{\text{Tempo S tan dard (pçs / h)} \times \text{Tempo real Disponível (h)}} \times 100 \quad (4)$$

Para Nakajima (1989), a diferença entre a performace teórica e real deve-se às perdas relacionadas às pequenas paradas e à queda de performace da máquina (queda da velocidade para qual a máquina foi projetada).

Índice de Qualidade: O terceiro índice que compõe o OEE responde a seguinte questão: “A máquina está produzindo com as especificações certas?”. Este índice pode ser obtido através da equação (5).

$$\text{Qualidade(\%)} = \frac{\text{Peças Produzidas} - \text{Peças Re fugadas} - \text{Peças Re trabalhadas}}{\text{Peças Produzidas}} \quad (5)$$

Eficácia Global do Equipamento (OEE): O indicador OEE, como já foi citado anteriormente, é composto dos três índices anteriores. De acordo com The Productivity Development Team (1999), seu objetivo é analisar unicamente a eficácia dos equipamentos e não dos operadores. Sendo assim, ele é utilizado para verificar se a máquina continua trabalhando na velocidade e qualidade especificadas no seu projeto e também para apontar as perdas originadas do sistema produtivo como um todo. Este índice pode ser obtido através da equação (6).

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

Por esse motivo, 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, garantindo alcançar a eficácia global, conforme estabelecido quando o equipamento foi adquirido ou reformado.

O estudo de caso a seguir trata-se da implementação do indicador OEE e da sua utilização como ferramenta para a melhoria contínua dos equipamentos.

3. Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado em uma empresa do setor automobilístico do sul do estado de Minas Gerais. O sistema de manufatura aqui estudado trata-se de uma linha de produção enxuta, com fluxo contínuo e com foco na eliminação de desperdícios.

A principal justificativa para esse trabalho foi o aumento da demanda e a escassez de investimento. Diante desse cenário, optou-se por projetos de melhoria da eficiência do sistema de manufatura.

Como o projeto de implementação da metodologia TPM já estava em andamento há mais de um ano, a medição da eficácia global dos equipamentos (OEE) passou a ser prioridade para a gestão e as primeiras medições foram obtidas nos equipamentos.

A primeira etapa do processo de medição do OEE consistiu na modificação do sistema de coleta de dados. Isto porque houve a necessidade de alguns dados que até então não eram apontados pelos operadores: produção, refugo e retrabalho por máquina. Em seguida, teve-se uma padronização da codificação dos tipos de perdas para os diversos tipos de máquinas. Depois de coletados, os dados apontados pela produção são inseridos no banco de dados onde já estão cadastrados os tipos de produtos, perdas, máquinas e os tempos padrão de cada produto em cada máquina.

O quadro 1 é o resultado da pesquisa realizada na empresa e apresenta como esse indicador pode auxiliar na melhoria contínua no sistema de manufatura.

Questão de pesquisa	Técnica de coleta de dados		Comentários
	Análise documental	Entrevista (supervisor de Produção)	
Como OEE auxiliou na melhoria contínua dos equipamentos?	Gráfico de tendência do OEE; Pareto de ocupação do tempo; Pareto de frequência das ocupações do tempo.	O indicador foi essencial para quantificar as perdas dos equipamentos e, com isso, foi possível implementar projetos de melhorias.	A equipe envolvida acredita que esse indicador retrata e comprova os vários tipos de dificuldades enfrentadas no dia-a-dia do chão de fábrica.
Dificuldades?		Comprometimento da equipe envolvida no projeto; Sistema de apontamento (coleta de dados). Atualização dos tempos padrão. Volume de dados coletados.	As principais dificuldades enfrentadas observadas foram: apontamento correto dos dados e comprometimento das equipes envolvidas.
Restrições da		O elevado número de tipos de produtos requer um banco de dados para auxiliar	

técnica?		na obtenção do indicador.	
Coleta de dados?	Apontamento manual pelos colaboradores.		A coleta de dados manual gera um grande volume de trabalho (digitação). Por isso o grande interesse em implementar o sistema de coleta automático (no próprio CLP das máquinas)

Quadro 1 - Protocolo (planejamento) de coleta de dados (continua)

Questão de pesquisa	Técnica de coleta de dados		Comentários
	Análise documental	Entrevista (supervisor de Produção)	
Quais fatores que mais contribuíram para a obtenção dos resultados?		Análise crítica dos dados e o comprometimento da equipe de melhoria são fundamentais.	Ações simples foram implementadas. Consegui-se assim reduzir em 20% as perdas (ex: troca de ferramentas).
Lições aprendidas?		As perdas no chão de fábrica podem “mudar” o gargalo em uma célula de manufatura. A redução dessas perdas melhora a eficácia dos equipamentos e consequentemente, o output da célula.	O indicador promove uma visão geral do comportamento do equipamento e, consequentemente, do processo produtivo e suas restrições.
Propostas futuras (planejado empresa – proposta pela pesquisadora)		Aplicar o OEE integrado ao conceito da teoria das restrições; Estudo retorno financeiro com o aumento do OEE. Implementação do sistema automático de coleta de dados.	Outro fator relevante desse trabalho é o apontamento correto de peças retrabalhadas na própria operação. Assim, será obtido um fator de qualidade mais preciso e, consequentemente, o OEE.

Quadro 1 - Protocolo (planejamento) de coleta de dados

Sendo assim, diante dessas informações, a equipe envolvida pretende dar continuidade neste trabalho, que consiste na melhoria contínua do sistema. Contudo, vale ressaltar que os indicadores apenas mostram dados a respeito do sistema de manufatura e que cabe a gestão elaborar e implementar planos de ação de forma que se obtenha uma eficácia global dos equipamentos cada vez maior, assim como os outros indicadores utilizados pela empresa.

3. Conclusões e recomendações

As perdas e as ineficiências são como uma fábrica escondida: representam que uma parte dos recursos da empresa não está sendo utilizada com toda a sua capacidade.

Este trabalho demonstrou, através de um estudo de caso, como a eficácia global dos equipamentos pode auxiliar na melhoria contínua dos equipamentos e na eficiência de produção do sistema de manufatura - as pequenas perdas, até então não quantificadas, não

eram o alvo de ações de melhorias. Com a medição do OEE, essas paradas começaram a ser vistas como “problemas” e as pessoas envolvidas passaram a intervir nessas perdas - para que essas se tornassem horas produtivas. Também se pode verificar que os retrabalhos não eram apontados quando feitos na própria operação: o que implica que, na verdade, o total de peças produzidas era maior e o indicador de qualidade era menor do que o medido até então. Sendo assim, os próximos passos provavelmente contarão com projetos de melhorias de processo e qualidade para que haja o aumento desse fator do indicador.

Outro fator que foi verificado durante a pesquisa é que a medição desse indicador por máquina é favorável, pois as máquinas processam seu trabalho individualmente e a medição do OEE pode identificar qual máquina está com a pior performance, e conseqüentemente, identificar onde focalizar os recursos.

A utilização do indicador OEE vai além da determinação de um número que retrate a eficácia do equipamento. O OEE permite, através do desdobramento, identificar onde se encontram os potenciais de melhoria dos equipamentos. Esses estão associados às perdas existentes no equipamento que, se analisadas de maneira adequada, indicarão a direção de atuação que as equipes de trabalho deverão seguir para obter o aumento da eficácia dos equipamentos. Para isso, a orientação conceitual do OEE é agir no fator que compõe o indicador que possui o menor valor:

- Disponibilidade: que requer ações da manutenção e da própria produção
- Desempenho: exigirá ações de processo ou manutenção
- Qualidade: exigir ações de todos os envolvidos para a melhoria do equipamento.

A análise do OEE permite, desta forma, envolver todas as áreas da empresa por meio de um indicador, auxiliando a liderança na administração de recursos de suas áreas de negócio, bem como direciona os esforços da equipe em busca do aumento da eficácia global da empresa.

4. 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

INVERNIZZI, G. *O Sistema Lean de Manufatura aplicado em uma indústria de autopeças produtora de filtros automotivos.* Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP.2006.

JOHNSON, H. T. & KAPLAN, R.S. *Relevance Lost: The Rise and Fall of Management Accounting.* Boston: Harvard Business School Press, 1987.

JONSSON, P. & LESSHAMMAR, M. *Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – The role of OEE.* Internacional Journal of operation & Production management;

LJUNGBERG, O. *Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities;*

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

SLACK, N. *Vantagens competitivas em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais.* São Paulo, Atlas, 2002

SHINGO, S. *O sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.* Porto Alegre, Bookman, 1996.

THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM, *OEE for operators;* Shopfloor Series; 1999.

WOMACK, J. P. & JONES, D.T. & ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo.* Rio de Janeiro: Campus,



1992.