

APLICAÇÃO DO INDICADOR OEE COMO FERRAMENTA PARA AUMENTO DA EFICIÊNCIA EM UMA CALDEIRA

Joao Matheus Coimbra Stortte (UNIVEM)

jm-stortte@bol.com.br

Fabio marciano zafra (UNIVEM)

zafra@dori.com.br

Danilo Correa Silva (UNIVEM)

danilocsilva@univem.edu.br

Edson Detregiachi Filho (UNIVEM)

engedson2009@gmail.com

Jussara Mallia Zachi (UNIVEM)

sarazachi@yahoo.com.br



Este artigo trata da análise e cálculo do indicador de Eficiência Global do Equipamento (OEE) em uma caldeira de uma usina sucroalcooleira. Com isso, pretende-se aumentar a eficiência do equipamento e reduzir custos operacionais. Os índices de disponibilidade, desempenho e qualidade foram calculados a partir de informações coletadas no sistema MES (Manufacturing Execution System) implantado no local. Foram levantadas junto aos colaboradores responsáveis pela manutenção as causas das perdas encontradas nos índices de maior impacto. Os resultados incluem um plano de ação para maximizar a produção de vapor utilizando as horas paradas por falta de demanda do processo para realizar manutenções no equipamento. As medidas propostas têm caráter organizacional,

portanto não requerem grandes investimentos financeiros e é previsto que tenham impactos expressivos na produção de vapor do equipamento.

Palavras-chaves: OEE, Eficiência, Manutenção

1. Introdução

Com o aumento da competitividade, é extremamente importante reduzir custos nas operações e aproveitar ao máximo os recursos disponíveis. Isso pode tanto alavancar os negócios quanto garantir a permanência da empresa no mercado. Tal redução pode ser alcançada por meio de várias medidas, como o gerenciamento eficaz dos ativos das instalações industriais.

Analisando a eficiência dos equipamentos nas instalações é possível saber quanto se está deixando de ganhar por não utilizá-los em sua capacidade máxima. O indicador de Eficiência Global do Equipamento - OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) fornece um panorama da eficiência da empresa através do uso dos ativos nela instalados.

Esse indicador é calculado através de três índices: disponibilidade, que relaciona tempo de produção e ociosidade do equipamento; desempenho, que relaciona a velocidade ideal e a velocidade real de trabalho; e a qualidade, que relaciona o total produzido com os refugos do processo.

Este trabalho discute a aplicação do indicador OEE em uma caldeira de uma usina de açúcar e álcool. A caldeira é um equipamento essencial à planta, pois o processo requer muitas trocas térmicas, além disso, o vapor é a força motriz que movimenta as turbinas dos geradores de energia elétrica.

Esse também é um equipamento de alto custo de aquisição e manutenção. Com a aplicação do indicador será possível monitorar e avaliar a situação do equipamento. É possível identificar as causas das paradas de máquina, as perdas de desempenho e perdas de qualidade do produto. Dessa forma, é possível reduzir custos e aumentar a eficiência desse equipamento.

2. Revisão Teórica

2.1 *Total Productive Maintenance* (TPM)

Por volta da década de 1970 as indústrias de fabricação e montagem do Japão investiam cada vez mais em novos equipamentos e em automação dos processos, se tornando cada vez mais sofisticadas e modernas. Com a tendência da constante automação e da produção em tempo correto, cresceu o interesse em melhorar a gestão da manutenção, e é neste cenário que se desenvolve a Manutenção Produtiva Total - TPM (SUZUKI, 1994).

Paralelamente, a TPM tem seu surgimento pelo aperfeiçoamento da manutenção preventiva, que já era empregada pelas indústrias de processos. Takahashi e Osada (1993) definiram cinco objetivos básicos dessa técnica:

- Promover a plena utilização dos equipamentos;
- Considerar toda a vida útil do equipamento;
- Envolver todos os departamentos na implantação da TPM;
- Envolver todos os colaboradores, desde a alta administração até o chão de fábrica;

A TPM se desenvolveu e cresceu primeiramente na indústria automobilística, mas se enraizou também para seus clientes e fornecedores. Posteriormente, a TPM foi disseminada para indústrias de vários segmentos. A sua popularização se deu principalmente por garantir resultados expressivos, por transformar o local de trabalho, e por aumentar o nível de conhecimentos e habilidades dos colaboradores envolvidos (SUZUKI, 1994).

Tavares (1999 apud SILVA, 2004) afirma que o principal conceito da TPM é a reestruturação empresarial, a partir da melhoria das pessoas e dos equipamentos. A TPM é uma filosofia que visa a eficácia da empresa com a qualificação das pessoas e melhoria contínua nos equipamentos.

Todos os colaboradores devem ser treinados e se desenvolver, desde os operadores, que apoiam atividades mais simples, como limpeza e lubrificação, até os mantenedores e engenheiros, com as atividades mais complexas e técnicas (PINTO; XAVIER, 2010; XENOS, 2004).

Ainda segundo Pinto e Xavier (2010), a TPM está apoiada em oito pilares que devem ser atingidos paulatinamente:

- Melhoria focada;
- Manutenção autônoma;
- Manutenção planejada;
- Educação e treinamento;
- Controle inicial;
- Manutenção da qualidade;
- TPM Office ou controle administrativo;
- Sistema de segurança, saúde e meio ambiente.

Suzuki (1994) apresenta alguns benefícios trazidos pela adoção da TPM, entre eles a redução de paradas de equipamentos; diminuição de defeitos de qualidade e reclamações; redução de trabalhos extras e custos; inventários; redução ou eliminação de acidentes; transformação do ambiente de trabalho etc. A tabela 2 detalha as melhorias da TPM.

Tabela 1 - Benefícios da TPM

Benefícios Tangíveis	Benefícios Intangíveis
Número de paradas repentinas	Alcançar gerenciamento próprio por completo – os operadores cuidam de seus próprios equipamentos sem direcionamento
Descrição global da eficácia da planta	Eliminar paradas e defeitos e estabelecer confiança e atitude própria
Razão de defeito de processo abaixo de 90%	Fazer de locais sujos e engraxados, limpos, claros e alegres
Reivindicações do cliente abaixo de 75%	Dar a visitantes da planta uma melhor imagem da companhia e conseqüentemente, obter mais pedidos
Custos de produção abaixo de 30%	
Acidentes 0	
Poluição 0	

Adaptado de: Suzuki (1994)

Para Campos (2004), qualquer decisão deve ser precedida por uma análise de processo. Aquelas baseadas apenas em experiências e naquilo que se julga ser o correto devem ser substituídas por decisões embasadas em fatos e dados.

A análise de problemas é uma sequência de procedimentos lógicos, com o objetivo de localizar as suas causas fundamentais e, para isso, é necessário usar métodos e técnicas confiáveis. Entre essas, pode-se citar o cálculo da eficiência global do equipamento, que retorna o indicador OEE.

2.1.1 Eficiência Global do Equipamento - OEE

O OEE - *Overall Equipment Effectiveness*, é umas das ferramentas utilizadas na TPM, a qual fornece uma medida para a produtividade da fábrica, processo ou equipamento, considerando os critérios de disponibilidade; desempenho; e qualidade da produção final (KODA; SALTORATO; FERRARINI, 2012).

O OEE é um indicador que apresenta a eficiência do processo, ele é o produto da disponibilidade (tempo real de operação versus tempo programado de operação) multiplicada pelo índice de desempenho (taxa de velocidade real versus taxa de velocidade teórica) multiplicada pelo índice de qualidade (produtos bons versus total de produtos fabricados) (HANSEN, 2006).

Assim o OEE indica as áreas e quantifica as melhorias a serem desenvolvidas nos equipamentos ou processos analisados. Com isso, é possível identificar os recursos com menor eficiência e centrar os maiores esforços neles (JONSSON; LESSHMMAR, 1999 apud SANTOS; SANTOS, 2007).

De acordo com Pintelon e Muchiri (2010 apud ALBERTIN *et al.*, 2012), deve-se focar nos gargalos do processo, nas áreas críticas e nas áreas altamente dispendiosas. Estas áreas representam as maiores perdas e, quando gerenciadas corretamente, trazem os ganhos mais expressivos para a empresa. As principais perdas associadas aos índices do OEE estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Perdas associadas aos índices do OEE.

OEE		
Disponibilidade	Desempenho	Qualidade
1. Quebra / Falha	4. Pequenas paradas	6. Refugo
2. Setup e regulagens	5. Quedas de Velocidade	7. Retrabalho
3. Perdas / Engenharia		

Adaptado de: Santos e Santos (2007, p. 5)

Hansen (2006) diz que um dos benefícios do OEE é a capacidade de transmitir as informações dos impactos financeiros obtidos em sua implementação. Segundo ele, projetos importantes são negligenciados ou não priorizados pela dificuldade em se avaliar com precisão os seus ganhos financeiros. Compreender essa relação é de extrema importância para a apresentação de projetos na área de produção.

Uma avaliação completa a partir desse indicador é realizada em etapas, que Hansen (2006) definiu como:

- Calcular o valor do OEE do desempenho atual;
- Elaborar um plano de ação real para reduzir a diferença entre os níveis do OEE para a classe mundial e o seu tipo de indústria;
- Definir a hierarquia dos processos críticos e dos gargalos e definir metas;
- Uma vez definidos os gargalos e as metas estes devem ser comunicados aos trabalhadores;
- Treinar todas as pessoas envolvidas no processo sobre medições do OEE e como coletar e conciliar as informações;
- Introduzir novas técnicas e programas para apoiarem o OEE como programas de confiabilidade, manutenção preditiva, TPM, BPF e CEP, etc.;
- Utilizar as medidas do OEE em todos os níveis e compartilhar os resultados com todos os setores da planta.

A primeira etapa corresponde ao cálculo do indicador OEE atual. Esse cálculo é realizado multiplicando-se os índices de disponibilidade, desempenho e de qualidade. Uma esquematização das perdas e do cálculo é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Esquematização das perdas e do cálculo do OEE.



Fonte: Santos, Santos (2007, p. 5)

A partir do cálculo desse indicador é possível identificar os focos das medidas corretivas e estimar o potencial latente de produção, o que é conhecido como “fábrica oculta” (HANSEN, 2006). Com isso, é possível identificar o cenário atual, ou seja, a diferença entre o valor ideal (100%) e o valor real para cada índice no momento do estudo. Esses parâmetros são fundamentais para se avaliar os impactos das medidas adotadas.

3. Objetivo

O objetivo desse trabalho é utilizar o indicador OEE como uma ferramenta para o aumento da produtividade em uma caldeira de uma usina de açúcar e álcool indústria do interior de São Paulo. Espera-se demonstrar a importância da adoção deste indicador para o aumento da eficiência do equipamento analisado.

4. Materiais e Métodos

Esse estudo tem caráter exploratório, aplicado e utiliza como método principal o estudo de caso. Quanto aos dados coletados pode ser caracterizada como combinada, uma vez que utiliza dados qualitativos e quantitativos (TURRIONI; MELLO, 2012).

Para o levantamento de dados foram utilizados procedimentos de pesquisa documental e de campo, com avaliação de documentos e relatórios do setor, visitas *in loco*, contatos diretos com as lideranças do setor.

Foram utilizados também os dados do sistema MES (*Manufacturing Execution System*) implantado na empresa analisada e relatórios diários preenchidos pelos colaboradores do setor de utilidades, compreendidos entre os dias 25/03/2013 à 30/07/2013.

5. Estudo de Caso

Este estudo de caso é focado em uma caldeira com capacidade de produção de 80 ton de vapor por hora, a qual trabalha em regime 24/7. O período de estudo foi de 25/03/2013 à 30/07/2013. A caldeira em questão pode ser visualizada na Figura 2.

Figura 2 – Imagens da caldeira analisada



Fonte: O autor

A princípio foi notado o baixo rendimento de uma das caldeiras pela equipe responsável pelo setor, assim surgiu um questionamento. Quais os motivos que estão impactando à eficiência do equipamento? Em resposta ao questionamento foi proposta a adoção do indicador OEE, para calcular a eficiência do equipamento e poder identificar as causas impactantes.

5.1 Cenário Atual

O primeiro índice a ser calculado é o de **disponibilidade** do equipamento. No período analisado foram reportadas 750,15 horas paradas do equipamento e 2.321,85 horas efetivas de trabalho. O cálculo da disponibilidade do equipamento pode ser visualizado na Tabela 3.

Tabela 3 - Cálculo da disponibilidade atual

Disponibilidade			
Tempo programado para operação	Horas disponíveis	Paradas Programadas	Total
	3072	0	3072
Tempo real de operação	Tempo programado para operação	Paradas não programadas	
	3072	750,15	2321,85
		Disponibilidade (%)	75,58

Fonte: O autor

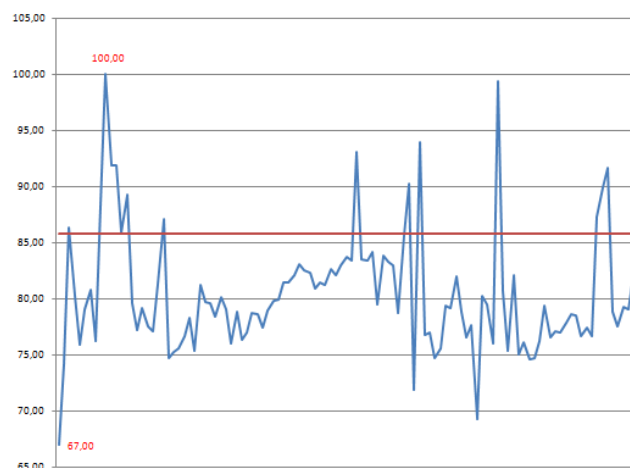
Percebe-se que há um valor grande de horas paradas, o que acaba por reduzir esse índice para 75,58%. O valor a ser otimizado é, portanto, a diferença entre 100% e 75,58%, ou seja,

24,42% a ser otimizado.

Para o cálculo do **desempenho** foi utilizado um método empírico, com o cálculo da melhor relação de geração de vapor em relação à quantidade de bagaço queimado. Essa relação sofre alterações devido a diversas variáveis, como a umidade do bagaço, a temperatura de entrada da água, a temperatura da água no retorno dos condensadores, entre outras.

Para o cálculo do índice foi calculada a razão entre a quantidade de vapor produzida em um dia e a quantidade de bagaço que entrou na caldeira. O valor máximo encontrado foi 2,98 kg de vapor produzido com 1 kg de bagaço. Este número foi considerado máximo e os demais foram relacionados entre 0 e 100% dessa referência (Figura 3).

Figura 3 – Variação da relação vapor/bagaço

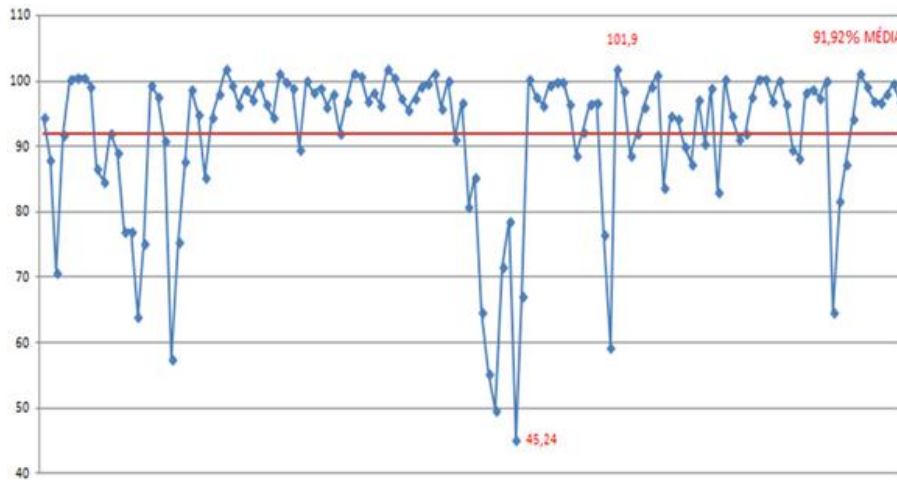


Fonte: O autor

A média dessa relação no período analisado foi 85,77%. Esse valor será considerado o índice de desempenho do equipamento. Com isso, obtém-se um valor de 14,23% a se otimizar quanto ao desempenho do equipamento.

Para o cálculo da **qualidade** foi analisada a variável pressão da linha, cujo valor de referência é 42 kgf/cm². Após analisar os dados do período obteve-se uma média de 91,92%. Esse valor será considerado o índice de qualidade. A Figura 4 apresenta a variação das porcentagens das pressões no período analisado.

Figura 4 – Variações percentuais da pressão



Fonte: O autor

A partir desse valor é possível constatar que há um valor de 8,08% a ser otimizado no índice qualidade. Com esse último índice é possível calcular o indicador OEE do equipamento em questão.

Como mencionado anteriormente, o indicador OEE é o produto dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade. A tabela 4 apresenta o cálculo do indicador OEE atual para a caldeira analisada.

Tabela 4 – Cálculo do OEE atual da caldeira analisada

OEE atual			
Disponibilidade	Qualidade	Desempenho	Total (%)
0,7558	0,9192	0,8577	59,58

Fonte: O autor

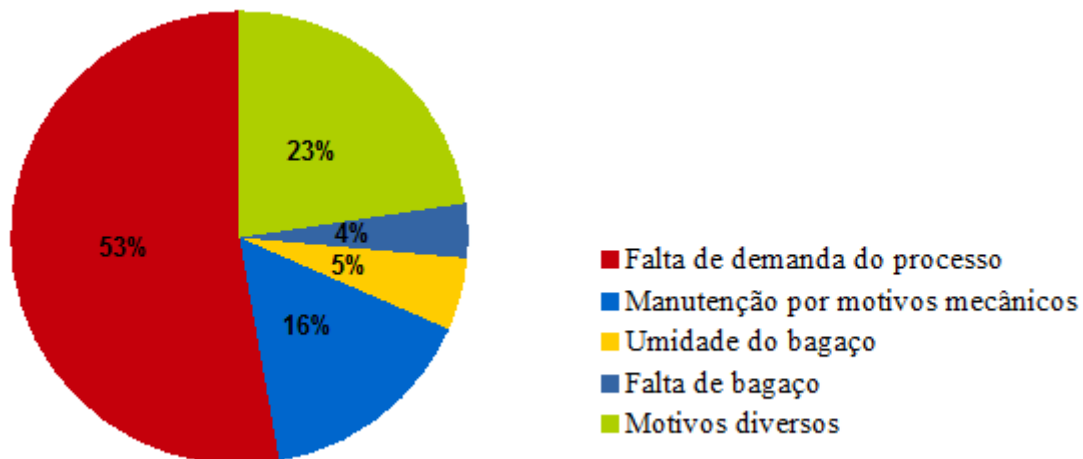
O indicador OEE do equipamento é de 59,58%, o que implica que há um valor de 40,42% que pode ser otimizado. Desse percentual, o índice disponibilidade é aquele com menor valor, ou seja, é o que possui o maior impacto no resultado final (24,42%). Por esse motivo, esse índice será abordado em maior profundidade, constituindo o foco das medidas propostas.

5.2 Análise da Disponibilidade

A disponibilidade do equipamento em questão pode ser avaliada a partir dos relatórios diários de operação. Esses relatórios são preenchidos pelos colaboradores do setor e apresentam os

dados que apresentam as causas mais frequentes de ocorrências no período analisado (Figura 5).

Figura 5 - Causas de maior impacto na disponibilidade



Fonte: O autor

De acordo com a Figura 5 observa-se que a falta de demanda do processo é a principal perda de disponibilidade, representando 53% do total. Em seguida está a manutenção por motivos mecânicos (16%), umidade do bagaço (5%) e falta de bagaço (4%).

A falta de demanda ocorre se o processo não exige vapor, sendo que é alimentado por outras duas caldeiras da unidade. A produção de vapor é um processo puxado, ou seja, não se produz vapor se o processo não exige, assim é inevitável que o equipamento fique parado.

A falta de demanda do processo é ocasionada pela redução da moenda. Na maioria dos casos, isso ocorre devido à chuvas em algumas áreas de colheita, resultando na diminuição da entrada de cana. Como se trata de condições climáticas, esse é um fator que não pode ser controlado.

A estocagem de cana para evitar a redução da moenda é inviável, pois a cana-de-açúcar deve ficar o menor tempo possível aguardando a moagem para não sofrer inversão da sacarose, ou seja a transformação desta em glicose e frutose. Resta então abordar as outras causas de perda de disponibilidade.

A manutenção por motivos mecânicos representa 16% da perda de disponibilidade do

equipamento estudado. Essas interrupções no equipamento ocorrem por alguma quebra ou desgaste de algum componente da caldeira. Os relatórios diários informam as causas de maior impacto no equipamento, a saber:

- Vazamento de água na parede de água da fornalha;
- Vazamento na junta do flange;
- Vazamento na válvula de entrada de água;
- Manutenção na rede de distribuição.

6. Resultados esperados

É possível notar que as causas das paradas para manutenção mecânica estão relacionadas ao desgaste de componentes. Com isso é possível concluir que existe a necessidade de um acompanhamento do desgaste destes componentes. Isso pode ser realizado com um plano de manutenção focado nestes itens, a fim de se reduzir os desgastes e agir nas causas antecipadamente.

Considerando que a falta de demanda do processo implica na parada da caldeira, seria possível aproveitar esses períodos para se realizar manutenções preventivas ou corretivas na caldeira. Ao se utilizar esse período para as manutenções a disponibilidade da caldeira aumentaria de 75,58% para 91,18%, o que resulta em impacto no indicador OEE 3,81 %. A Tabela exibe o impacto das melhorias na capacidade de geração de vapor do equipamento.

Tabela 5 – Cenário calculado após melhorias

Cenário	Produção / Hora (referência)	OEE	Produção de Vapor
Atual	80 ton.	59,58%	47,66 ton.
Calculado	80 ton.	63,39%	50,71 ton.

Fonte: o autor

7. Considerações Finais

De acordo com os resultados obtidos e as possibilidades de melhorias encontradas, é possível concluir e constatar o poder do indicador OEE para o aumento da eficiência de equipamentos e até mesmo a eficiência da planta. Além disso, esse indicador é um forte apoiador para investimentos nas linhas de produção, pois fornece bases para os indicadores financeiros.

A realização deste estudo possibilitou identificar que o índice de disponibilidade é o que possui maior impacto negativo no OEE. As causas dessa perda incluem a falta de demanda de vapor pelo processo, que representa 52,79%, e a manutenção por motivos mecânicos, que representa 15,60%.

Um aspecto importante é que as medidas propostas podem ser tomadas com baixo nível de investimento na planta, pois as medidas adotadas têm caráter organizacional. Ressalta-se aqui a importância de conciliar diversas ferramentas de gestão da qualidade e da importância de uma coleta de dados aprofundada para resultados mais completos.

Vale mencionar que, ao longo do desenvolvimento desse estudo, a empresa estudada tomou medidas para sanar algumas das outras causas impactantes na disponibilidade da caldeira. A umidade e falta de bagaço, que causavam impactos na disponibilidade, foram solucionadas após a instalação de um barracão para armazenamento de bagaço.

As análises foram realizadas utilizando como referência o custo da tonelada de bagaço, pois não foi possível o acesso aos custos operacionais relacionados a cada equipamento. Porém, mesmo assim é possível estimar que os ganhos serão expressivos.

Por fim, conclui-se que é importante a adoção dessa ferramenta para os demais equipamentos da planta, indo além da moenda e da caldeira que foi o objeto de estudo deste trabalho. A empresa deve realizar um mapeamento dos pontos críticos e gargalos do processo ampliando o uso do indicador.

Referências

- ALBERTIN, M. R. *et al.* *Aplicação da eficiência global de equipamentos com indicador de qualidade sem perdas*. In: ENEGEP XXXII, 2012, Bento Gonçalves. Anais... ABEPRO, 2012, p. 1-12. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2012_TN_STO_158_921_20195.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2013.
- HANSEN, R. C. *Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros*. Tradução Altair Flamarion Klippel. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- KODA, C. A.; SALTORATO, P.; FERRARINI, C. *OEE como ferramenta para identificação de perdas no processo de fabricação de cabos ópticos*. In: ENEGEP, 32, 2012, Bento Gonçalves. Anais... [Bento Gonçalves]: ABEPRO, [2012]. p. 1-15. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2012_TN_STO_157_919_21125.pdf> Acesso em: 20 ago. 2013.

PINTO, A. K. ; XAVIER, J. A. N. *Manutenção: função estratégica*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

SANTOS, A. C. O.; SANTOS, M. J. *Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso*. In: ENEGEP XXVII, 2007, Foz do Iguaçu. Anais... .[Foz do Iguaçu]: ABEPRO, 2007, p. 1-10. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR570426_0265.pdf> Acesso em: 25 ago. 2013.

SILVA, R. P. *Gerenciamento do setor de manutenção*. 2004. 92 f. (Monografia – Curso de Especialização em Gestão Industrial) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

SUZUKI, T. *TPM in process industries*. New York: Productivity Press, 2nd. ed., 1994. 416 p.

TAKAHASHI, Y. ; OSADA, T. *Manutenção produtiva total: TPM/MPT*. Editora Outras Palavras. São Paulo: IMAM, 1993.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção*. Itajubá: UNIFEI, 2012.

XENOS, H. G. P. *Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade*. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.