



APLICAÇÃO DO PILAR DE MELHORIA FOCALIZADA DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL EM UM EQUIPAMENTO INDUSTRIAL DE UMA EMPRESA DE CORDOARIA

GUILHERME DA SILVA BORGES - guilherme.transporte@hotmail.com.br
FACULDADE SINERGIA – NAVEGANTES-SC

DIEGO MILNITZ – dmilnitz@gmail.com
FACULDADE SINERGIA – NAVEGANTES-SC

ÁREA: 10. EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

SUBÁREA: 10.1 - ESTUDO DA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO

RESUMO: A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) É UMA METODOLOGIA QUE BUSCA OTIMIZAR PROCESSOS POR MEIOS DE INSTRUMENTOS DE QUALIDADE PARA SATISFAZER A DEMANDA DA MELHOR FORMA POSSÍVEL. O OBJETIVO GERAL DESTES ARTIGOS É VERIFICAR OS PROCESSOS QUE PERMEIAM A ÁREA DA INDÚSTRIA, COLETAR DADOS E INFORMAÇÕES POR MEIO DE RELATÓRIOS DO SETOR ESPECIFICADO, INVESTIGAR POSSÍVEIS FALHAS OU PROBLEMAS EXISTENTES NOS PROCESSOS SEJAM DE BENS OU SERVIÇOS DENTRO DA ÁREA ABORDADA. PARA ISSO, SERÃO APLICADAS AS SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE INTEGRADAS A ALGUNS ELEMENTOS DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL QUE TENHAM RELEVÂNCIA NO SISTEMA PRODUTIVO PESQUISADO. COMO RESULTADO, FOI POSSÍVEL AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO EQUIPAMENTO ESTUDO DE 63,42% PARA 79,24%, NO QUAL É UMA MELHORIA CONSIDERÁVEL, SE COMPARADA AO VALOR MÍNIMO DO PADRÃO DO WORLD CLASS QUE É DE 85%. PARA ESTE TRABALHO OS RESULTADOS FORAM SATISFATÓRIOS, COM UM GANHO DE MAIS DE 15% NA EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO.

PALAVRAS-CHAVES: MANUFATURA ENXUTA; GESTÃO VISUAL; FERRAMENTAS DA QUALIDADE; MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos a tecnologia proporciona novas ferramentas, softwares, recursos ou demais inovações para as indústrias, que consequentemente pode trazer benefícios aquelas que se adequarem, com isso estratégias precisam ser implantadas. A Manutenção Produtiva Total (TPM) é uma metodologia que busca otimizar processos por meios de instrumentos de qualidade para satisfazer a demanda da melhor forma possível. Neste sentido, a indústria deve atualizar-se em todas as áreas, sendo a parte de manutenção dos equipamentos e máquinas de suma importância para manter a manufatura funcionando corretamente, atender a demanda exigida, e principalmente para manter-se competitiva no mercado.

Um dos pilares da TPM é denominado de melhoria específica ou melhoria focada, que trata da gestão do equipamento e seus processos, principalmente na sua melhoria, sua busca consiste em encontrar soluções para eliminar falhas e aumentar a eficiência do sistema produtivo. Nessa abordagem, uma ferramenta importante é a OEE sigla que é traduzida como eficiência global do equipamento, no qual se obtém resultados relacionados à disponibilidade, desempenho e qualidade do equipamento, que permite monitorar e melhorar o desempenho operacional do equipamento.

Diante disso, este trabalho busca por meio da aplicação das ferramentas da qualidade e pela aplicação de alguns elementos da manutenção produtiva total, em particular o pilar da melhoria específica, monitorar e melhorar os equipamentos críticos do processo produtivo de uma empresa de cordoaria.

Para isso, foram verificados os processos que permeiam a área da indústria, coletando dados e informações por meio de relatórios do setor especificado, para então investigar possíveis falhas ou problemas existentes nos processos sejam de bens ou serviços dentro da área abordada e expor a viabilidade de implantação de ferramentas da qualidade dentro da metodologia da Manutenção Produtiva Total que tenham relevância no sistema produtivo.

Como resultado este trabalho conseguiu obter um ganho de mais de 15% na eficiência global do equipamento estudado no processo produtivo, aplicá-lo. A melhoria foi focada no índice de performance por ser o de maior criticidade entre os três cálculos para obter a OEE, porém essa melhoria impactou positivamente nos outros valores de desempenho e qualidade do equipamento, sendo muito positivo para a pesquisa.

2. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

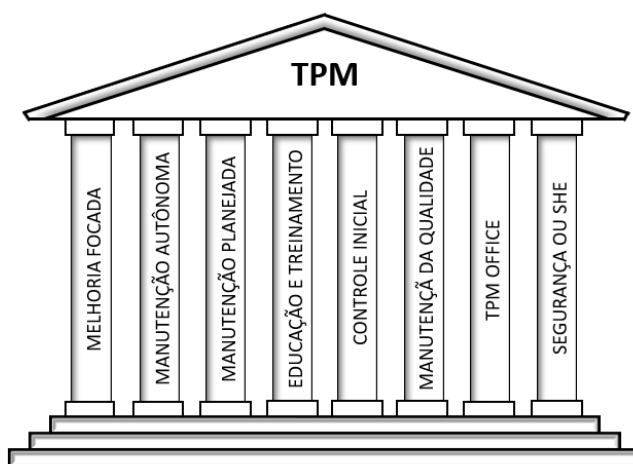
O surgimento da manutenção produtiva total aconteceu no Japão, no então famoso grupo Toyota, tendo como empresa integrante a Nippon Denso KK, que por implementar o sistema da tpm assim como outras empresas também implementaram, foi homenageada com prêmio máximo dessa metodologia em 1971. Já em 1986 então o Brasil conheceu a manutenção total produtiva (SELEME, 2015).

De acordo com Kardec e Nascif (2009) estima-se que a manutenção produtiva total foi uma evolução da manutenção preventiva, no qual já se praticava no Estados Unidos, tendo suas adaptações: Manutenção Preventiva - 1950; Manutenção com Introdução de Melhorias - 1957; Prevenção de Manutenção - 1960; e a então conhecida TPM - 1970.

De modo geral, quando se tem um adequado programa de manutenção preventiva não tem somente o objetivo manter o fluxo da manufatura de produção com a melhor capacidade produtiva, mas também conservar o patrimônio da organização.

De acordo com Seleme (2015), a manutenção produtiva total é constituída por 8 pilares de sustentação, porém sua configuração é representada de forma separada e específica, podem ser aplicados parcial e gradativamente, de modo organizado conforme a necessidade do sistema produtivo, no entanto, sua implementação total dos pilares tende a proporcionar os melhores resultados. Na figura 1 estão representados os 8 pilares da manutenção produtiva total.

FIGURA 1 - Os oito pilares da Manutenção Produtiva Total.



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009).

O pilar escolhido para o presente trabalho será o pilar de Melhoria Específica, como aponta Ribeiro (2014) seu foco é a gestão do equipamento e processos, principalmente na sua melhoria. Sua especialidade é de aplicar métodos para solução de problemas por grupos multidisciplinares de poucas pessoas, sendo elas dos vários níveis hierárquicos.

Conforme Dutta e Dutta (2016) este pilar se destaca por se aprofundar nos principais recursos: elaborar condições e atenuar as perdas, conseguir atuar para melhor eficiência do sistema, e consequentemente aumentar o índice de OEE do sistema produtivo. O OEE que é um apontador para quantificar a eficiência do sistema produtivo.

Segundo Garza-Reyes et al. (2010), a OEE é uma técnica quantitativa que não somente é utilizada para o controle e monitoramento da produtividade de equipamentos do sistema de produção, portanto também como apontador e como conduzir o processo. Além disso, apontam que o OEE é calculado através da equação:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade}$$

Conforme Lemos (2016), a disponibilidade representa a relação entre o tempo em que o equipamento ou o processo deveria estar disponível para a produção e o tempo total em que esse equipamento ou processo está efetivamente produzindo. A disponibilidade é calculada através da equação:

$$\text{Disponibilidade} = \text{Tempo de Operação} / \text{Tempo Total de Produção}$$

O Desempenho, como apontam Jonsson e Lesshammar (1999), é a relação do ciclo real da produção e a meta de produção ou o ciclo de produção ideal de um equipamento selecionado, obtendo uma análise do ritmo de produção e das perdas existentes. A perda de rendimento do equipamento afeta negativamente o sistema produtivo, reduzindo sua performance (CARDOSO, 2018). O cálculo do Desempenho é realizado pela equação:

$$\text{Desempenho} = (\text{Tempo de ciclo} \times \text{quantidade produzida}) / \text{Tempo de Operação}$$

Jain et al. (2015) apontam sobre o Índice de Qualidade sendo a relação ao número de produtos a serem processados ou produzidos em um certo período, e a quantidade de produtos que são refugos ou que não podem ser retrabalhados, e as peças com defeitos, mas que podem ser reutilizadas. O índice de Qualidade é calculado pela equação:

$$\text{Qualidade} = (\text{Quantidade de Produtos Produzidos} - \text{Quantidade de Produtos Defeituosos}) / \text{Quantidade de Produtos Produzidos}$$

O cálculo do OEE é realizado pela multiplicação dos índices dos equipamentos, linhas e células e sendo eles: Desempenho, Disponibilidade e Qualidade. Primeiramente é necessário escolher uma máquina ou equipamento para ser avaliado e posteriormente fazer os cálculos, que fato esteja em um processo apontado como de maior criticidade para o sistema de produção. Nesta etapa o cuidado no processo de coleta de dados é primordial para a confiabilidade dos resultados, caso contrário influenciará na utilização do indicador.

3. METODOLOGIA

Este estudo tem como interesse uma pesquisa aplicada para a implementação de alguns elementos da manutenção produtiva total (TPM), bem como a investigação dos procedimentos de um equipamento de uma linha de produção.

A pesquisa é considerada aplicada, pois foca na aplicação, utilização e implicações práticas dos conhecimentos acerca da TPM. Isto é, destina-se a aplicar os conhecimentos científicos para a solução dos problemas de uma empresa de cordoaria. Do ponto de vista da natureza quantitativa de caráter exploratório, no qual sua recomendação se torna eficaz para o estudo que pretende se envolver com a problemática, e a partir daí obter soluções por meio dessa relação.

O local de realização da pesquisa será em campo, por meio de um estudo de caso em uma indústria de cordoaria, onde o objeto de estudo foi o setor de manutenção industrial da empresa, onde foram investigados os métodos e procedimentos atuais de um equipamento, para então propor a aplicação de partes da metodologia da TPM, para eventuais melhorias nos seus processos.

De modo geral a pesquisa baseia-se na observação dos fatos tal como ocorrem na realidade, diretamente no local onde ocorrem os fenômenos. Utiliza-se de técnicas específicas, como observação direta, formulários e entrevistas. Neste sentido a observação direta do sistema de manufatura do setor de manutenção, de forma a confrontar a situação atual com uma possível implantação da TPM, e coleta de dados para análise na manutenção da empresa para conhecer a fundo possíveis necessidades e melhorias.

Na sequência serão analisados os dados coletados sob uma observação sistemática, com base no referencial teórico a fim de quantificar os índices da operação estudada e

comparar com os padrões encontrados na literatura, propor soluções de melhoria para aumentar o OEE do equipamento.

Depois, sugerir a implantação de solução para a situação proposta fazer uma comparação da situação original e após a implantação, para concluir um parecer sobre o presente trabalho acadêmico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa focou em um equipamento específico da linha de produção para a análise de implantação da manutenção produtiva total (TPM), sendo escolhido um dos seus pilares que é a melhoria especializada ou melhoria focada. Dessa forma, através das informações obtidas por relatório de banco de dados fornecidos pelo equipamento, foi feito uma análise das informações adquiridas em relação às paradas não programadas, o tempo disponível da máquina e também quanto a qualidade entregue pelo equipamento. As paradas não planejadas compreendem: “MM” que é Manutenção Mecânica; “STA” que é Setup e Ajustes; “ME” que é Manutenção Elétrica; “STT” que é Start do equipamento; e “FO” que é Falha Operacional. A tabela 1 apresenta dos valores e os tipos de paradas para o equipamento analisado.

TABELA 1 - Tempo de paradas não programadas do equipamento.

Paradas não planejadas	Tempo (horas)
MM	14:00
STA	25:15
ME	09:25
STT	27:00
FO	1:47
TOTAL	77:27

Fonte: desenvolvido pelo autor.

A coleta de dados do equipamento obtido foi que compreende o período do mês de março de 2023 (do dia primeiro ao último dia do mês), extraíndo todas as paradas de produção registradas no equipamento, exceto as paradas para manutenção planejada que são feitas com a máquina em funcionamento. Temos o total de 23 dias de operação, sendo 24 horas de operação divididas entre os 3 turnos de trabalhos, de segunda a sábado, descontando domingos e um feriado, o que corresponde ao total de 552 horas para a produção no mês de Março de 2023.

O próximo passo foi realizar o cálculo do OEE, de acordo com os resultados obtidos pela OEE o parâmetro que tem maior potencial para contribuição na melhoria do OEE é a

performance que teve o menor valor como aponta no quadro “D” com 80,50% o indicador de performance como visto no quadro “C” que mostra o real x meta, sendo a meta 52.200 kg e o real 42.022,16 kg, onde dentro deste valor real que compreende a quantidade de 474:33 horas disponíveis, que é multiplicado pela capacidade da máquina que é de aproximadamente 100 kg/h. A figura 2 apresenta dos resultados dos indicadores de OEE calculados e seus respectivos quadros.

FIGURA 2 – Cálculos dos indicadores do OEE.

Indicador de disponibilidade do equipamento (A)

Tempo total de Março/2023	552:00:00
Paradas programadas	59:00:00
Paradas não programadas	77:27:00
Tempo disponível	474:33:00
Disponibilidade (%)	85,97%

Indicador de Qualidade do equipamento (B)

Período Março/2023	
Produção total	42022,16
Produção Efetiva	38683,76
Total de Perdas	3338,4
Qualidade	92,06%

Indicador de Performance do equipamento (C)

Real	42.022,16
Meta	52.200
Performance	80,50%

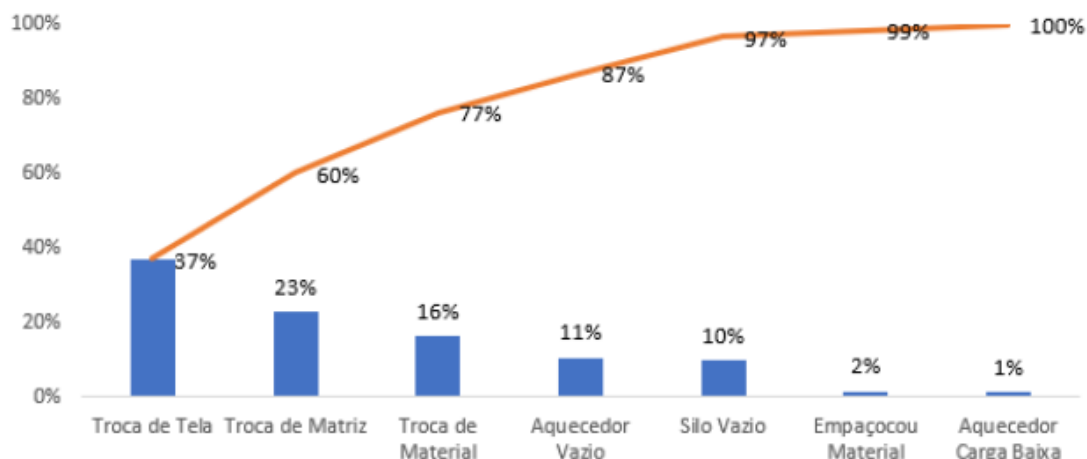
Índice OEE (D)

Disponibilidade	85,97%
Qualidade	92,06%
Performance	80,50%
OEE	63,71%

Fonte: desenvolvido pelo autor.

O indicador escolhido para ser investigado será a performance, no qual é o valor real de 42.022,16 kg que está diretamente relacionado com as paradas não planejadas do equipamento, dessa forma de acordo com o quadro 1 observando as paradas de setup e ajustes com o total de 25:15 horas. Neste sentido, foram levantadas todas as paradas não planejadas de setup no período de março de 2023, sendo apresentados os resultados por meio do gráfico de Pareto que consta na figura 3.

FIGURA 3 – Gráfico de Pareto para paradas não planejadas de setup.



Fonte: desenvolvido pelo autor.

Conforme os dados apresentados pela classificação e o gráfico representado pode se constatar que a troca de tela é o item de maior tempo dentro das paradas não planejadas de setup e ajustes, tendo sido classificado como o item de maior impacto e resulta no valor de 09:24 horas sobre o total de 25:15 horas.

De acordo com o supervisor de setor de manutenção este item de troca de tela, é realizado quando essa tela que funciona como um filtro para retirar impurezas agregados na matéria prima, está num estado não adequado e assim exigindo sua troca e consequentemente forçando a parada de produção para este setup. A seguir é mostrado uma foto de um filtro com a proteção de tela, como exemplo para efetivar uma troca de tela (Figura 4).

FIGURA 4 – Tela do filtro da máquina analisada.



Fonte: desenvolvido pelo autor.

De acordo com uma análise técnica juntamente com a supervisão do setor de manutenção o motivo por haver tantas trocas de telas estar relacionado com a matéria prima. A matéria prima que é em sua maioria por garrafas pet de materiais recicláveis, por vezes podem conter mais materiais agregados como: areia, metais, alumínio, pvc, polímeros entre outros. A tela do filtro é determinante para o processo produtivo de forma a sinalizar quando a pressão do equipamento está anormal, exemplificando quando a tela do filtro está suja a pressão da máquina aumenta e o alarme do equipamento é acionado, e posteriormente a máquina desliga.

Por meio dos resultados levantados e a necessidade de soluções para o aumento do índice da OEE, através de brainstorming com a supervisão do setor de manutenção, foram sugeridas propostas para minimizar as paradas não programadas, com foco principal nas trocas de tela. Portanto foi constatado que a matéria prima seria o fator relevante para a deterioração da tela do filtro por conter vários agregados.

Através de uma análise da matéria prima realizada pelo setor de qualidade da empresa, com uma amostra do material pet em diferentes lotes, constatou a presença de materiais agregados na matéria prima como metais, areias e entre outras impurezas, portanto houve a sugestão de filtrar e separar a matéria prima a fim de minimizar os materiais agregados, para este momento o viável foi colocar um imã para conter as partículas de metais antes do processamento.

Um dos pontos levantados sobre as sujeiras e materiais agregados na matéria prima foi que continham metais juntos, então a proposta para filtrar a matéria prima foi de colocar um chapa de imã no equipamento antes da matéria prima ser processada, a Figura 5 mostra as fotos do processo de filtragem e contenção partículas de metais retirados antes do processo.

FIGURA 5 - Filtragem e contenção partículas de metais no equipamento estudado.



Fonte: desenvolvido pelo autor.

Após essa implantação de um novo processo na máquina, foram coletados os dados do mês de Julho de 2023, para calcular o índice de eficiência global do equipamento (OEE), para assim fazer a análise dos resultados obtidos no presente trabalho. Com os dados coletados do equipamento, podemos analisar conforme o quadro 1 o tempo total de produção de 504:00 horas para o mês de Julho de 2023, tendo 53:00 horas de manutenção preventiva em paradas programadas que são realizadas com o equipamento em funcionamento no qual não interfere para o cálculo de disponibilidade da máquina. As paradas não programadas correspondem ao total de 57:23 horas neste mesmo período no qual subtraímos das horas totais, resultando no tempo disponível do equipamento de 446:37 horas, assim tendo como o indicador de disponibilidade em torno 88,61% da sua capacidade total.

Após a melhoria que teve objetivo de separar os ferros da matéria prima, isso resultou em retirar uma quantidade de impurezas, no qual ajuda no aumento de disponibilidade, pois quando diminui o índice de setups, ganha-se tempo de mão de obra também, sendo assim o colaborador poderá utilizar seu tempo com outras atividades, por não precisar está focado em fazer vários setups, porque cada setup não é somente perda de disponibilidade da máquina, mas também aumento das perdas da produção total, referente a sucatas de fios ao parar ou partir a máquina.

QUADRO 1 - Comparativo do OEE.

	Março de 2022	Julho de 2022	Un
Tempo total	552:00:00	504:00:00	(hrs)
Paradas programadas	59:00:00	53:00:00	(hrs)
Paradas não programadas	77:27:00	57:23:00	(hrs)
Tempo disponível	474:33:00	446:37:00	(hrs)
Disponibilidade	85,97%	88,61%	
Produção total	42.022,16	47.840,09	(kg)
Produção Efetiva	38.683,76	46.434	(kg)
Total de Perdas	3.338,40	1.406,10	(kg)
Qualidade	92,06%	97,06%	
Real	42.022,16	46.433,99	(kg)
Meta	52.200	50.400	(kg)
Perfomance	80,50%	92,13%	
OEE	63,71%	79,24%	

Fonte: desenvolvido pelo autor.

A World Class estabelece que o total do índice do OEE para adquirir um padrão de excelência é de 85%. Diante disso, novas melhorias precisam atingir um nível mínimo de ganhos para cada equação de cerca de: 1,39% para disponibilidade, 1,94% para qualidade e 2,87% para performance, esses percentuais quando somados ou transcritos correspondem ao valor mínimo para o produto da OEE totalizam em 85% (Quadro 2). Para uma próxima aplicação pode ser feito um estudo sobre os setups de troca de matriz e troca de material, que correspondem aos valores de 24,5% e 21,8% de paradas não programadas respectivamente.

QUADRO 2 – Simulação para progressão do OEE.

	1º OEE	2º OEE	Ganho	OEE WC	Nova Melhoria
Disponibilidade	85,97%	88,61%	2,64%	90%	1,39%
Qualidade	92,06%	97,06%	5,00%	99%	1,94%
Perfomance	80,50%	92,13%	11,63%	95%	2,87%
OEE	63,71%	79,24%	15,53%	85%	5,76%

Fonte: desenvolvido pelo autor.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção produtiva total é uma filosofia de suma importância para as indústrias no que se refere a manutenção de equipamentos dos sistemas produtivos, dentro dos seus pilares podem contribuir para a melhoria nos mais diversos níveis da organização como em muitos processos, e apesar de ser escolhido apenas um pilar para o presente trabalho foi de grande relevância para trazer resultados.

As primeiras análises da OEE mostraram índices baixos de eficiência do equipamento, e tendo os índices quantificados e evidenciados de qual a criticidade da situação, foi observado através de informações os itens de maior impacto, como a troca de tela que sua principal causa era matéria prima, onde continham materiais agregados ou sujeiras.

A proposta de implantação de fixar um imã na peça dentro do equipamento, resultou no aumento da eficiência do equipamento de 63,42% para 79,24%, no qual é uma melhoria considerável, porém não chegou no valor mínimo do padrão do World Class que é de 85%.

A melhoria foi focada no índice de performance por ser o de maior criticidade entre os três cálculos para obter a OEE, porém essa melhoria impactou positivamente nos outros valores de desempenho e qualidade do equipamento, pois como a melhoria foi realizada para inspecionar a matéria prima e resultou nos processos seguintes da produção.

Para este presente trabalho os resultados foram satisfatórios, um ganho de mais de 15% na eficiência global do equipamento, e para uma proposta de alcançar o índice da World Class, seria uma proposta futura um estudo aprofundado no segundo item dos setups e ajustes que seria a troca de matriz.

REFERÊNCIAS

DUTTA, S; DUTTA, A. K. A Review on the experimental study of Overall Equipment Effectiveness of various machines and its improvement strategies through TPM implementation. **International journal of engineering trends and technology (IJETT)**, v. 36, n. 5, p. 224-232, 2016.

GARZA-REYES, J. A. et al. Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: A relationship analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27, n. 1, pp. 48-62, 2010.

JAIN, A.; BHATTI, R. S.; SINGH, H. OEE enhancement in SMEs through mobile maintenance: a TPM concept. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 32, n. 5, p. 503-516, 2015.

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

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3 edições. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.

RIBEIRO, H. **A bíblia do TPM: como maximizar a produtividade na empresa**. Santa Cruz do Rio Pardo: Editora Viena, 2014.

SELEME, R. **Manutenção Industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. Intersaberes. Curitiba, 2015.