



Julio 2019 - ISSN: 1696-8360



ADAPTAÇÃO DO MÉTODO OEE: UMA PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DO PROCESSO QUE ANTECEDE A PRODUÇÃO

João Pedro da Silva Ramos
Ana Lucia Dornelles de Mello
Ronaldo Bernardo Junior

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

João Pedro da Silva Ramos, Ana Lucia Dornelles de Mello y Ronaldo Bernardo Junior (2019): "Adaptação do método OEE: Uma proposta para avaliação do processo que antecede a produção", Revista contribuciones a la Economía (julio-septiembre 2019).

En línea: <https://eumed.net/ce/2019/3/adaptacao-metodo-oe.html>

RESUMO

Cada vez mais fatores externos vêm demandando que as organizações aumentem o desempenho da produção. Nesse aspecto a da manutenção produtiva total (*Total Productive Maintenance* - TPM) possibilita relevantes contribuições, onde se destaca a eficácia global dos equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness* - OEE). A OEE apresenta um cálculo para avaliar o desempenho das operações dos equipamentos da área produtiva e a identificar qual a máxima eficácia possível, o que faz por meio de três indicadores (Disponibilidade Física, Performance e Qualidade). Contudo, além da eficiência do equipamento, é necessário que as organizações avaliem a eficiência do processo que antecede a produção. A partir do exposto, o objetivo do presente artigo é propor uma adaptação dos três indicadores da metodologia OEE para avaliação do processo da operação. Para tanto, é elaborado um cálculo que considera a eficiência do processo, não somente do produto final. Este estudo é relevante para pesquisa acadêmica, uma vez que apesar de descrita a limitação do OEE demais pesquisas científicas se concentravam em apresentar, propor, defender e/ou aplicar métodos individualmente, não se propunham a melhorar a aperfeiçoar o método; também é relevante para a prática profissional, uma vez que fornece subsídios para avaliação do processo que antecede o resultado da operação.

Palavras-chaves: Overall Equipment Effectiveness; Cálculo OEE adaptado; Produtividade; TPM; Total Productive Maintenance.

ABSTRACT

Increasingly, external factors have demanded that organizations increase production performance. In this aspect, Total Productive Maintenance (TPM) provides relevant contributions, highlighting Overall Equipment Effectiveness (OEE). The OEE presents a calculation to evaluate the performance of the operations of the production area and to identify the maximum possible efficiency, which it does through three indicators (Physical Availability, Performance and Quality). However, in addition to equipment efficiency, organizations need to evaluate the efficiency of the process prior to production. From the foregoing, the objective of this article is to propose an adaptation of the three indicators of the OEE methodology to evaluate the process of the operation. For this, a calculation is made that considers the efficiency of the process, not only the final product. This study is relevant to academic research, since despite the limitations of OEE, other scientific research focused on presenting,

proposing, defending and / or applying methods individually, and did not intend to improve the method; is also relevant to the professional practice, since it provides subsidies to evaluate the process that precedes the result of the operation.**Keywords:** OEE (Overall Equipment Effectiveness), Utilization, Productivity, TPM (Total Productive Maintenance), Literature review.

Keywords: Overall Equipment Effectiveness; Calculation OEE adapted; Productivity; TPM; Total Productive Maintenance.

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais as organizações vêm direcionando esforços em busca da maximização dos resultados financeiros (LOPES, BEUREN, 2017). Isso porque a globalização possibilitou que corporações de todo o mundo pudessem exercer concorrência direta com empresas locais, obrigando as organizações a serem flexíveis para se adaptar a rápidas mudanças no mercado (GALBRAITH, DOWNEY, KATES, 2002; NADLER, 1994) e aperfeiçoarem suas operações e visando maximizar a utilização dos recursos disponíveis (DAVIS, AQUILANO, CHASE, 2008; MOELLMANN, ALBUQUERQUE, CONTADOR, 2006; SLACK, 2002).

A partir disso alguns conceitos ligados à gestão de operações precisaram ser ampliados (BERNARDO, GALINA, PÁDUA, 2017). Por exemplo, no conceito de confiabilidade e manutenção foi incluída a participação de todos os integrantes no sistema de manutenção, o qual originou a filosofia da manutenção produtiva total (*Total Productive Maintenance* - TPM) (MORAES, 2004; TONDATO, 2004), cenário que idealizou o método de Eficácia Global dos Equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness* - OEE) (PINTO, XAVIER, 2001). O OEE é um método utilizado para indicar a real eficiência do processo no tempo que o equipamento está programado para operar, que ajuda a compreender melhor o desempenho das operações dos equipamentos da área produtiva e a identificar qual a máxima eficácia possível por meio de três indicadores (Disponibilidade Física, Performance e Qualidade), de modo que se utiliza este método para medir a eficiência e melhorias implementadas nos equipamentos e operações (BRAGLIA, FROSOLINI, ZAMMORI, 2008; HANSEN, 2006; DE RON, ROODA, 2005; BAMBER et al., 2003; HANSEN, 2001).

O OEE contribui à busca da melhor produtividade, considerando tempo de manutenção, tempo de utilização e qualidade dos produtos (PUVANASVARAN, 2013; BUSO, MIYAKE, 2012; HANSEN, 2006). Para atender a esses objetivos e desempenhar uma eficiente operação é necessário se basear na visão dos recursos de produção, pois o alicerce para o bom andamento de uma empresa consiste na eficiente e correta utilização de recursos disponíveis (BROMILEY, FLEMING, 2002; BARNEY, 1991). Esses recursos no OEE envolvem, principalmente, utilização da capacidade nominal de equipamentos, configuração das instalações, desenvolvimento de planejamento e de gestão estratégica, dentre outros (GAGNON, 1999).

A adequada utilização dos recursos possibilita a maximização do desempenho das operações organizacionais (MACHADO, 2010; SLACK, 2002; BLACK, BOAL, 1994). Contudo, seguindo na busca pela maximização dos resultados financeiros (LOPES, BEUREN, 2017) nota-se que o OEE não tem sido suficiente para tal propósito, uma vez que se concentra na identificação do desempenho final da operação, negligenciando o desempenho do processo que o precede. É necessário promover uma visão holística ao OEE (STAMATIS, 2010). A partir do exposto, o presente artigo tem o objetivo de propor uma adaptação dos três indicadores da metodologia OEE para avaliação do processo da operação.

Para alcançar o objetivo proposto, o presente estudo apresenta um cálculo de adaptação da OEE de modo que seja considerada eficiência do processo, não somente do produto final. Para tanto, busca reunir e sintetizar as principais vertentes teóricas da literatura sobre o tema de modo a possibilitar a adaptação do OEE. Primeiramente, pretende-se abordar o conceito de OEE amparado pela teoria descrita acerca da TPM de forma a apresentar um referencial teórico sobre o tema levantado. Em seguida, o foco será direcionado à apresentação de uma adaptação dos três indicadores que compõem a OEE – Disponibilidade Física, Produtividade e Qualidade.

Esse estudo é relevante porque a nova proposição deve fornecer subsídios para avaliação do processo que antecede o resultado da operação. Ele pode contribuir a pesquisadores, gestores e investidores que podem utilizar a nova adaptação para realizar uma avaliação dos processos que envolvem equipamentos do sistema de produção e, assim, contribuir para a tomada de decisão dentro das organizações. Cabe ressaltar, ainda, que uma

das principais relevâncias acadêmicas deste artigo está centrada em seu objetivo de agregar os principais conceitos da metodologia presente e discutidos na literatura. Geralmente, as publicações acadêmicas a respeito do tema buscam apresentar, propor, defender e/ou aplicar métodos individualmente. Ao buscar por “metodologia OEE” (e terminologias afins), por exemplo, são encontrados estudos de caso, os quais são aplicados os conceitos de OEE; entretanto, não foram encontradas publicações com o propósito deste artigo.

Após esta introdução é apresentado um referencial teórico abordando os temas “TPM” e “OEE”. Adiante é apresentado o método, seguido pela adaptação da metodologia OEE para máquinas movimentadoras de carga. Por fim, a última seção apresenta as considerações finais referentes ao trabalho desenvolvido.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Total Productive Maintenance

A manutenção tem passado por muitas mudanças nos últimos anos (PINTO, XAVIER, 2001). Essas mudanças, desde pessoas e métodos, passaram a compor o conceito de manutenção adotado atualmente, ou seja, integração e participação de todos na manutenção do sistema produtivo. Por isso, para entender como a filosofia da Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* – TPM) surgiu e como se deu a origem do OEE, deve-se entender o contexto histórico e a evolução da manutenção. Segundo Pinto e Xavier (2001), a manutenção em toda a sua história pode ser descrita por quatro gerações, conforme apresentado mais adiante pela Figura 1.

A filosofia e os conceitos da TPM tiveram origem no Japão como um dos principais fundadores o Professor Seiichi Nakajima, desenvolvendo os conceitos em 1971. O sistema desenvolvido inicialmente com o intuito de se reduzir paradas, eliminar perdas, garantir maior qualidade e reduzir custos num processo produtivo, ou seja, estabelecer uma melhoria contínua a partir do conceito “quebra-zero”. Segundo Takahashi e Osada (2000) o conceito quebra-zero só poderia ser alcançado através da integração homem-máquina.

A partir do exposto, a Manutenção Produtiva Total, pode ser conceituada como uma filosofia que deve ser incorporada nas organizações por todos os funcionários, para conseguir a utilização máxima dos equipamentos. Além disso, o conceito principal não faz referência simplesmente a manter os equipamentos operando, mas também a analisar o desempenho de cada máquina, de modo ser possível avaliar se há aumento da produtividade, consumo de energia adequado, eliminação de falhas e desperdícios do equipamento para se alcançar a eficiência máxima (SILVA et al., 2014).

Há sete perdas que influenciam na eficiência dos equipamentos, devendo ser eliminados para não interferir no rendimento das operações: (1) Perda por quebra crônica dos equipamentos; (2) Perda devido a tempo de preparação dos equipamentos; (3) Perda por substituição de ferramentas e peças; (4) Perda até o equipamento entrar em regime de produção normal; (5) Perda por parada temporária sem que haja ocorrência de falha (quebra); (6) Perda por redução da velocidade de produção; (7) Perda devido ao retrabalho ou eliminação de produtos defeituosos (NAKAJIMA, 1989).

Com o propósito descrever a eficiência dos equipamentos que Nakajima (1989) propôs o indicador Eficiência Global dos Equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness* – OEE), que tem papel fundamental na obtenção da maximização da eficiência dos equipamentos e na análise operacional dos processos. Por tratar-se de uma ferramenta que além da métrica que gera o resultado de eficiência o OEE permite análises mais detalhadas das perdas a partir do desdobramento do cálculo e conhecimento dos conceitos e definições (CHIARADIA, 2004), e será descrito em maior profundidade no subcapítulo adiante.



Figura 1. Evolução da Manutenção da operação

Fonte: Adaptado de Pinto e Xavier (2001)

2.2 Overall Equipment Effectiveness

A OEE é uma medida desenvolvida dentro da filosofia da TPM e introduzida por um dos principais criadores do tema, Seiichi Nakajima, como uma medida fundamental para avaliar a *performance* de um equipamento. A OEE indica a real eficiência do processo no tempo que o equipamento está programado para operar, de modo que o equipamento opere de maneira a obter a melhor produtividade, considerando tempo de manutenção, tempo de utilização e qualidade dos produtos (HANSEN, 2006).

A OEE consiste em um indicador tridimensional, pois mede o desempenho dos equipamentos em três considerações, disponibilidade, performance e qualidade (GUACHALLA (2012)). O Sistema de representação do OEE é apresentado pela Figura 2.



Figura 2. Representação das dimensões da OEE

Fonte: Adaptado de Guachalla (2012)

Para calcular a OEE dos equipamentos, é necessário realizar a seguinte equação, conforme apresentado abaixo.

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (\text{Equação 1})$$

- Disponibilidade: Paradas identificáveis; Falhas nos equipamentos; Desgaste de peças; Perdas com ajustes; Setups.
- Performance: Perdas com velocidade reduzida; Pequenas paradas; Restrição do equipamento; Restrição devido ao manuseio do produto.
- Qualidade: Defeitos de qualidade; Perdas do processo; Falta de material; Intervenção no processo produtivo.

Essas dimensões são descritas abaixo, e representadas adiante pela Figura 3.

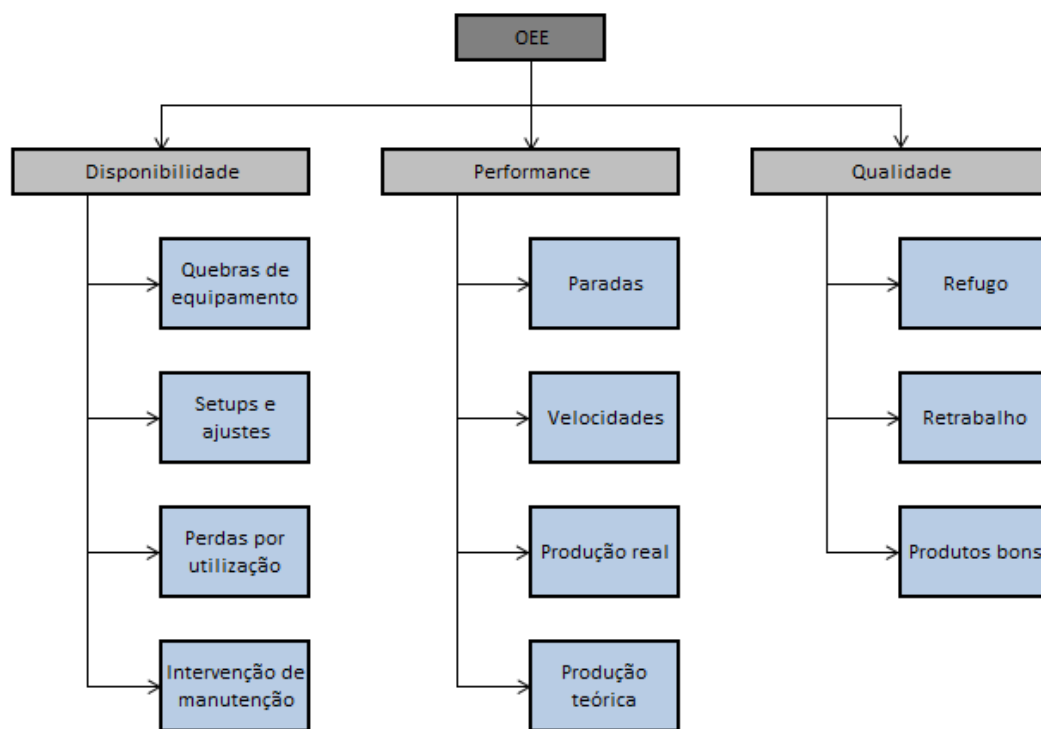


Figura 3. Sistema de representação do OEE

Fonte: Adaptado Kakajima (1989)

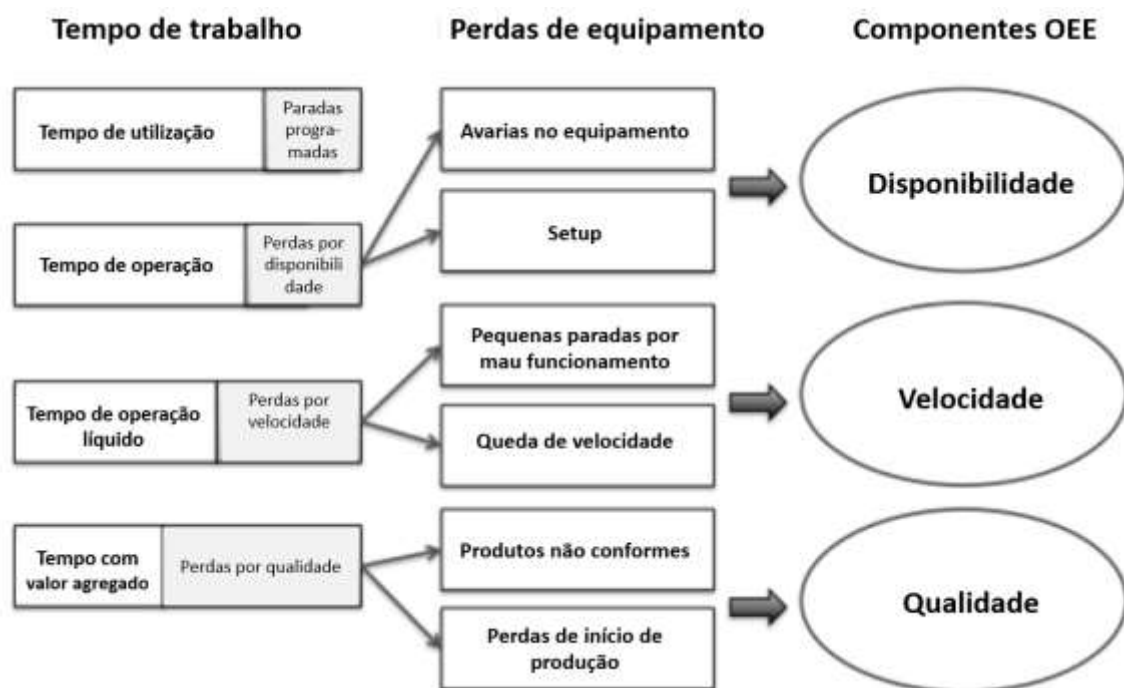


Figura 4. Relacionamento entre o tempo, as perdas e os componentes da OEE

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989)

Com essa equação, pode-se calcular a eficiência dos global dos equipamentos. A medição da eficiência pode ser aplicada de diferentes formas, dependendo do tipo de análise que será realizada (JEONG, PHILLIPS, 2001). Dessa forma, pode-se utilizar o OEE como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão na gestão operacional. Além disso, o indicador OEE permite indicar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias para melhorar a eficiência dos equipamentos. A Figura 4 apresenta o relacionamento entre o tempo, as perdas e a OEE.

2.2.1 Disponibilidade

Define-se disponibilidade, conforme a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas, (ABNT, 1994) e qualificadas pela Norma Brasileira Regulamentadora, (NBR 5462), como confiabilidade e manutenibilidade, como a “Capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado”.

É o indicador que mede a relação percentual entre o tempo em que o equipamento, não esteve paralisado por manutenções corretivas, preventivas, melhorias, preditivas, reformas ou manutenções de oportunidade e o tempo total do período avaliado, ou seja, horas calendário disponível.

É possível conceituar a disponibilidade física como o tempo em que o equipamento é empregado de maneira efetiva na operação, ou seja, a disponibilidade representa o tempo total, no período considerado, disponível em que a máquina realmente pode ser utilizada na operação (MOELLMAN, 2006). A seguir são apresentados os principais tipos de manutenção:

- **Manutenção Corretiva:** Segundo Pinto e Xavier (2001), a manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. A principal função da manutenção corretiva é a correção de falhas que ocorrem de maneira aleatória ou restauração da condição de funcionamento do equipamento.
- **Manutenção Preventiva:** Segundo Pinto e Xavier (2001), a manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. A principal função é prevenir a ocorrência de falhas controladas dos equipamentos.
- **Manutenção Preditiva:** De acordo com Pinto e Xavier (2001), a manutenção preditiva pode ser definida como uma atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho do equipamento, além disso, deve-se realizar um acompanhamento que obedeça a uma sistemática de manutenção. A principal função é permitir a operação contínua dos equipamentos, intervindo o mínimo possível tentando prever a condição do equipamento. São feitas através de análises de estudos de vibrações, ultrassom que detecta possíveis vazamentos, termografia de sistemas, análise estrutural de peças e componentes, entre outros.
- **Manutenção de Oportunidade:** A manutenção de oportunidade ocorre quando um equipamento está ocioso e então é realizada alguma intervenção de manutenção para aproveitar a oportunidade do equipamento. É manutenção que normalmente parte da área de PCM (planejamento e controle de manutenção), e ocorre no período de ociosidade do processo, de forma a aproveitar o tempo disponível do equipamento para se fazer inspeções, melhorias e atividades preditivas para se evitar corretivas e melhorar a confiabilidade.

- Implantação de melhoria: É uma intervenção de manutenção nos equipamentos para implantação de projetos de melhoria. Basicamente se caracteriza pelo tempo de atuação muito extenso de atividades de manutenção em equipamentos para implantação de mudanças sugeridas pela engenharia. Geralmente manutenção de grandes paradas, com o objetivo de trazer melhoria para o equipamento, como exemplo, aumento de produtividade, implantação de um novo equipamento ou rota, e são manutenções programadas pela equipe de engenharia.

Para o indicador “disponibilidade” da OEE, tem-se o cálculo abaixo, conforme apresentado abaixo.

$$Disponibilidade = \frac{T_{cal} - T_{man} - T_{ime}}{T_{cal}} \times 100\% \quad (\text{Equação 2})$$

T_{cal} = Tempo calendário, ou seja, tempo total do período considerado;

T_{man} = Tempo de paralização do equipamento devido à manutenção (corretiva, preventiva ou oportunidade no período considerado);

T_{ime} = Tempo de implantação de melhoria, ou seja, paralização do equipamento devido a projetos de melhoria instalados no equipamento por equipe de engenharia no período considerado.

Logo, pode-se considerar que a disponibilidade é um percentual de tempo, em um período considerado, que o equipamento ficou disponível para performar.

2.2.2 Performance

Define-se performance como a máxima utilização do equipamento, buscando redução ou eliminação de possíveis paradas ou reduções de velocidade dos equipamentos. É o fator que indica em qual taxa de produção de um equipamento.

O equipamento possui uma velocidade considerada ótima e durante o tempo real disponível no período considerado, a velocidade real da máquina é comparada com a nominal. Para o indicador “performance” da OEE, tem-se o cálculo abaixo.

$$Performance = \frac{Quant.Prod.Real}{Quant.Prod.Teórica} \times 100\% \quad (\text{Equação 3})$$

$Quant.Prod.Real$ = Quantidade de produtos produzidos no período de tempo considerado;

$Quant.Prod.Teórica$ = Quantidade de produtos que a máquina deve produzir no período considerado. Essa quantidade baseia-se na capacidade nominal do equipamento.

Logo, este indicador representa o quanto a máquina produz em relação ao seu desempenho teórico.

2.2.3 Qualidade

Define-se qualidade como a relação entre as quantidades de produtos caracterizados como bons e o total de produtos fabricados, buscando a ausência de defeitos ou retrabalhos. É o fator percentual que indica a quantidade de produtos produzidos corretamente, ou seja, sem defeitos em relação a quantidade total de produtos produzidos. Para o indicador “qualidade” da OEE, tem-se o cálculo abaixo.

$$Qualidade = \frac{\text{Quant.de produtos bons}}{\text{Quant.total de produtos produzidos}} \times 100\% \quad (\text{Equação 4})$$

Logo, este indicador representa o quanto a máquina produz bons produtos em relação a quantidade de produtos produzidos no período considerado.

3. MÉTODO

Este estudo foi classificado em consideração ao postulado por Lacerda (2007) sobre pesquisas em Engenharia de Produção. O presente estudo tem natureza prescritiva, abordagem qualitativa (PATTON, 2002) e quanto ao procedimento é predominantemente bibliográfico (MILES, HUBERMAN, 1994), com consulta a artigos científicos e livros. Tem-se como finalidade a organização do conjunto de conceitos já presente na literatura a respeito da metodologia OEE para adaptar os indicadores que compõe a metodologia com foco em produtividade e utilização máxima da capacidade de equipamentos.

Na primeira fase do estudo foi realizada uma revisão da literatura acerca do conceito de OEE, amparado pela teoria descrita acerca da TPM.

No segundo momento foi realizada uma adaptação dos indicadores “Disponibilidade Física”, “Produtividade” e “Qualidade”, descritos pela literatura. Essa reformulação foi desenvolvida para reforçar a utilização de equipamentos e, destacando o processo que antecede o resultado (produtividade).

4. ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA OEE PARA MÁQUINAS MOVIMENTADORAS DE CARGA

Caracteriza-se a adaptação do OEE como um indicador tridimensional, pois mede o desempenho dos equipamentos movimentadores de carga em três considerações, conforme apresentado a seguir pela Figura 5.

Essa nova adaptação da metodologia de OEE é utilizada, principalmente, por máquinas movimentadoras de carga. Seu contexto reforça a questão da utilização e produtividade dos equipamentos. Além disso, esses indicadores possibilitam o desdobramento para outros tipos de análise.



Figura 5. Indicadores de OEE adaptados

Fonte: Desenvolvido pelos autores

4.1 Disponibilidade

Nessa adaptação o indicador de disponibilidade permanece sem alteração, ou seja, segue as mesmas características e definições abordadas anteriormente. Além disso, nessa adaptação é possível qualificar um indicador representativo de confiabilidade operacional. A disponibilidade intrínseca é outro indicador que mede a confiabilidade de um equipamento em relação ao seu tempo de operação efetiva. Entretanto, não está presente na estrutura do OEE, mas é um indicador altamente aplicável e de grande importância operacional, pois mede a confiabilidade do equipamento em relação ao tempo de paradas de manutenção corretiva. Para calcular a Disponibilidade Intrínseca dos equipamentos, é necessário realizar a seguinte equação, conforme apresentado a seguir.

$$\textit{Disponibilidade Intrínseca} = \frac{\textit{Tempo operado}}{\textit{Tempo operado} + \textit{Tempo em Man. Corretiva}} \times 100\% \quad (\text{Equação 5})$$

4.2 Utilização

Define-se utilização como o máximo aproveitamento do tempo operado do equipamento, buscando redução ou eliminação de possíveis paradas ou reduções de velocidade dos equipamentos, considerando apenas os tempos delimitados pela disponibilidade.

É o fator que indica em qual taxa de utilização de um equipamento em relação ao tempo real disponível, ou seja, nesse indicador é considerada a utilização para a produção do tempo que foi dito como disponível pelo indicador disponibilidade. Para calcular a Utilização dos equipamentos, é necessário realizar a seguinte equação, conforme apresentado a seguir.

$$Utilização = \frac{Tempo\ operado}{Tempo\ disponível} \times 100\% \quad (\text{Equação 6})$$

Tempo operado = Tempo real que o equipamento foi utilizado para operação.

Tempo disponível = Tempo que foi considerado acessível pelo indicador de disponibilidade.

Logo, a Utilização é a relação percentual entre o total de tempo efetivamente operando e o total do tempo disponível de um equipamento. Seria o percentual do tempo utilizado do equipamento após ele estar disponível para operação.

4.3 Produtividade

Define-se produtividade como a máxima utilização do tempo operado a taxa *benchmarking*. É o indicador que mede a relação percentual entre a taxa nominal do equipamento e a taxa efetiva realizada. Para calcular a Produtividade dos equipamentos, é necessário realizar a seguinte equação, conforme apresentado a seguir.

$$Produtividade = \frac{Horas\ operadas\ a\ taxa\ benchmarking}{Horas\ de\ operação} \times 100\% \quad (\text{Equação 7})$$

Horas operadas a taxa benchmarking = São as horas efetivas operadas com a capacidade nominal do equipamento, ou seja, é o tempo que o equipamento opera com sua capacidade ideal (máxima).

Horas de operação = É o tempo total que o equipamento operou efetivamente.

Entretanto, há outra forma de calcular a produtividade dos equipamentos a partir de sua taxa efetiva. Para calcular a Produtividade dos equipamentos pela taxa efetiva, é necessário realizar a seguinte equação, conforme apresentado a seguir.

$$Produtividade = \frac{Taxa\ efetiva}{Taxa\ benchmarking} \times 100\% \quad (\text{Equação 8})$$

Sendo a taxa efetiva calculada da seguinte maneira, conforme apresentado a seguir.

$$Taxa\ efetiva = \frac{Volume\ movimentado\ (t)}{Horas\ de\ operação} \quad (\text{Equação 9})$$

4.4 Sistema de representação do OEE adaptado

Para entender como o OEE adaptado pode ser analisado e compreendido, pode-se esquematizar como o fator tempo de operação é seccionado através dos indicadores. Percorrendo transversalmente os indicadores tridimensionais, o período tempo considerado em análise pode ser, ou não, reduzido quando atravessa os mesmos. Para compreender a perda do tempo de operação, pode-se observar o esquema a seguir apresentado pela Figura 6, o qual foi utilizado o período de 24h como representação de período de tempo considerado.



Figura 6. Esquema do OEE adaptado

Fonte: Criado pelos autores

Com isso, para calcular a OEE adaptada dos equipamentos, é necessário realizar a seguinte equação, conforme apresentado a seguir pelo Quadro 1.

Quadro 1. Cálculo do OEE Adaptado

$$OEE\ adaptada = Disponibilidade \times Utilização \times Produtividade \quad (\text{Equação 10})$$

Dessa maneira pode-se calcular a eficiência de máquinas que não sintetizam um produto, como o caso de máquinas movimentadoras de materiais. Dessa maneira, pode-se focar na questão de utilização e produtividade do equipamento. Além disso, há a possibilidade de análise da confiabilidade do equipamento, o que pode ser levado em consideração para a tomada de decisão da organização.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve o objetivo de propor uma adaptação dos três indicadores da metodologia OEE para avaliação do processo da operação. Para tanto, foram reunidas as principais correntes teóricas em relação ao método OEE adotadas na atualidade para o estabelecimento de configurações operacionais ajustadas e aderentes à estratégia

corporativa. Desse modo, este estudo abordou a TPM como filosofia de atuação coletiva para as organizações estarem com uma vantagem competitiva em relação ao mercado.

Por meio dos indicadores foi viabilizada uma análise mais aproximada de cada elemento. Isso facilitou a tomada de decisão para a otimização da utilização dos tempos disponíveis, assim como o aperfeiçoamento das atividades operacionais e de manutenção dos equipamentos.

Foi possível visualizar que a Eficiência Global dos Equipamentos pode ser mais eficaz para o aumento de capacidade através do aumento de pequenos incrementos. Esse método tem potencial para pode alavancar aumentos do limite operacional por meio de adaptações. Atualmente o OEE se concentra no auxílio à gestão das operações e à melhor utilização dos equipamentos, e a partir do cálculo adaptado proposto os limites da OEE podem ser expandidos para também considerar o processo que antecede a produção, da qual se utiliza para avaliar a efetividade do equipamento.

Ressalta-se que a ferramenta descrita pode ser utilizada em larga escala, ou seja, pode ser usado por analistas, técnicos ou engenheiros para avaliar todos os equipamentos do setor produtivo de uma organização. O seu alto nível de qualidade analítica e de fácil aplicabilidade, destaca pontos chave para a gestão dos processos produtivos. Com isso, além do intuito de auxiliar nas análises sistemáticas e na melhoria contínua do equipamento, pode-se obter, como consequência, a melhoria do processo produtivo.

Desse modo, a ferramenta pode avaliar a real produtividade da linha de produção e propor aperfeiçoamentos que podem ser implementados em serviços técnicos e de engenharia. Por fim, a referência do método escolhido para avaliação de eficiência pode ser utilizada em outros setores, como o de transporte. Dessa forma, o uso da ferramenta OEE permite geração de valor e diferencial no mercado, que vem se apresentando altamente competitivo.

Cabe a ressalva que o método proposto neste artigo apresenta algumas limitações. Durante a explicação do método verificou-se a existência da necessidade de conhecimento técnico para interpretação dos resultados, de modo a viabilizar o potencial do método de contribuir à tomada de decisão na gestão da produção. Não foi um propósito do método proposto a avaliação da percepção de profissionais sobre a usabilidade do método, ainda que se considere que a proposta realizada tenha uso intuitivo pelos profissionais que já utilizam a OEE. Outro aspecto é que não foi verificado o uso de cálculos mais aprofundados sobre o impacto do ritmo de produção na análise da eficiência, ou se a realização de alguma reforma no equipamento poderia desencadear uma melhoria de eficiência mais significativa.

A partir do exposto, há recomendações para pesquisas futuras. Recomenda-se a aplicação empírica do método proposto, de modo a possibilitar análise dos resultados e compreensão de possíveis restrições. Outra recomendação é referente a aplicação de outra técnica de análise de eficiência ao contexto estudado, de modo a viabilizar a comparação entre os resultados obtidos pelos diferentes métodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BARNEY, JB. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. **Journal of Management**, 1991. Vol 17. No 1. 99-120

BERNARDO, Ronaldo; GALINA, Simone Vasconcelos Ribeiro; PÁDUA, Silvia Inês Dallavalle de. The BPM lifecycle: How to incorporate a view external to the organization through dynamic capability. **Business Process Management Journal**, v. 23, n. 1, p. 155-175, 2017.

BLACK, J. A.; BOAL, K. Strategic resources: Traits, configurations and paths to sustainable competitive advantage. **Strategic Management Journal**, 1994. 15, pp. 131-14

BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F. (Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML) An integrated approach to assess systems performance. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2008. 20(1): 8-29.

BROMILEY, P.; FLEMING, L. **The resource-based view of strategy**: A behavioral critique. In M. Augier and M. J. G (Eds.). In Change, Choice and Organisation: Essays in Memory of Richard M Cyert. 2002. (pp. 319-336). Cheltenham, UK: Edward Elgar.

BUSO, C.M.; MIYAKE, D.I.; Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. **Revista Produção**, São Paulo, 2012.

CHIARADIA, Áureo José Pillmann. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos**: Um estudo de caso na indústria automobilística. 2004. 133 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2003. 598p.

DE RON, A. J.; ROODA, J. E. Equipment effectiveness: OEE revisited. **IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing**, 2005. 18(1): 190-196.

GAGNON, S. Resource based competition and the new operations strategy International. **Journal of Operations & Production Management**, 1999.

GALBRAITH, Jay; DOWNEY, Diane; KATES, Amy. **Designing Dynamic Organizations**. AMACOM: New York, 2002.

GUACHALLA, W.F., **Avaliação dos reflexos da operação do virador de vagões em produção e na fila de trens para descarga de produtos**. Belo Horizonte, 2012.

HANSEN, R.C. (2001). Generalized Method of Moments Estimation: A Time Series Perspective (published title Method of Moments). In **International Encyclopedia of the Social and Behavior Sciences**, edited by S.E. Fienberg and J.B. Kadane. Pergamon: Oxford. <http://www.larspeterhansen.org/generalized-method-of-moments-estimation-32.html>

HANSEN, R.C. (2006). **Eficiência Global dos Equipamentos**. Tradução Altair Flamorion Klippel – Porto Alegre: Bookman, 246p. ISBN 85 – 60031-02-2.

JEONG, K. Y.; PHILLIPS, D. T. (2001). Operational efficiency and effectiveness measurement. **International Journal of Operations & Production Management**, 21(11): 1404-1416.

LACERDA, Daniel Pacheco; SILVA, Edison Renato; NAVARRO, Leonardo Luiz Lima; OLIVEIRA, Nikollas Nunes Pereira; CAULLIRAUX, Heitor Mansur. Algumas caracterizações dos métodos científicos em Engenharia de Produção: Uma análise de periódicos nacionais e internacionais, XXVII **ENEGEP** - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, 2007.

LOPES, Iago França; BEUREN, Ilse Maria. Comportamento dos custos e sua relação com medidas de eficiência operacional em companhias aéreas. **Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos** 14(1): 30-46, janeiro/março 2017.

MACHADO, L.P.F (2010). Artigo - **Estudo de caso em gerenciamento de produção: Eficiência/OEE**. InTech 144.

MILES, M. B., & HUBERMAN, A. M. **Qualitative data analysis**. 2nd ed. London: Sage Ltd., 1994.

MOELLMANN, Artur Henrique; ALBUQUERQUE, Alexandre Saul; CONTADOR, José Luiz; MARINS, Fernando Augusto Silva. Aplicação de teoria das restrições e do indicador de eficiência global do equipamento para melhoria de produtividade em uma linha de fabricação. **Revista Gestão Industrial**, v. 02, n. 01: p. 89-105, 2006.

MORAES, P. H. A. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. 2004. 90 s. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté.

NAKAJIMA, S., **Introdução ao TPM: Total productive maintenance**. São Paulo: IMC, 1989.

PATTON, M. Q. **Qualitative evaluation and research methods** (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage, 2002.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nassif. **Manutenção: função estratégica**. 2º Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PUVANASVARAN, A.P. Consideration of Demand Rate in Overall Equipment Effectiveness (OEE) on Equipment with Constant Process Time. **Journal of Industrial Engineering and Management**, 6 (2). pp. 507525. ISSN 2013-0953, 2013.

SILVA, D. C., CARDOSO, S. B. D. O., HERRERA, V. É., DETREGIACHI FILHO, É., & ANDRADE, K. A. D. D. (2014). Aplicação da ferramenta OEE em um equipamento de produção de confeitos de chocolate. In: 21 SIMPEP - **Simpósio de Engenharia de Produção**, 2014, Bauru. Anais do 21 SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, 2014.

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

STAMATIS, D. H. The OEE primer: understanding overall equipment effectiveness, reliability, and maintainability. 2010. CRC Press

TAKAHASHI, Y; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto IMAN, 2000.

TONDATO, R. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica**. Porto Alegre: UFRGS, 2004.