

Estudo e Análise do Indicador OEEML aplicado em uma empresa de Autopeças

Study and analysis of OEEML Indicator applied in a autoparts company

Gilmara Machado Rabelo* - gilmara.rabelo1@gmail.com

Antônio Batocchio* - batocchi@fem.unicamp.br

André Issao Sato** - andre.sato@ufob.edu.br

*Universidade Estadual de Campinas - (UNICAMP), Campinas, SP

**Universidade Federal do Oeste da Bahia – (UFOB), Barreiras, BA

Article History:

Submitted: 2018 - 10 - 23

Revised: 2018 - 11 - 29

Accepted: 2018 - 11 - 30

Resumo: A indústria vem se transformando calcada em novas filosofias de trabalho e ferramentas desde a revolução industrial. O que vemos hoje no mercado é a grande concorrência entre as empresas e isso faz com que a busca em oferecer ao cliente um preço adequado com qualidade assegurada aumente cada vez mais. E para se ter preço competitivo, a melhor forma que existe é reduzir ou até mesmo eliminar os desperdícios, ou seja, excluir o que não agrega valor ao processo produtivo. Com isso, as organizações buscam maximizar os resultados e utilizam ferramentas de gestão de desempenho para mensurar a eficácia de um processo. Assim, o OEE é um indicador que mensura a eficiência de um equipamento individual, mas que não seria suficiente para direcionar a melhoria global do sistema produtivo, quando este, envolve equipamentos inter-relacionados. Este artigo tem como objetivo estudar o OEEML apresentado como uma derivação do OEE que, além das perdas de disponibilidade, performance e qualidade, considera perdas desconhecidas na cadeia produtiva. O método de pesquisa proposto foi realizado em células de manufatura e dividida em seis etapas, sendo elas: (1) Etapa de preparação; (2) Informações preliminares sobre a empresa e a célula; (3) Acompanhamento na célula de produção; (4) Plano de coleta de dados; (5) Análise dos dados para cálculo do OEEML e (6) Identificação das perdas. Desta forma, os resultados indicam que o OEEML, apresenta-se como indicador que analisa a real eficiência do processo produtivo estudado, bem como o valor da linha.

Palavras-chave: Gestão de Desempenho; Eficiência Geral dos Equipamentos; Eficiência Total da Linha de Manufatura)

Abstract: The industry has been transformed based on new philosophies of work and tools since an industrial revolution. What we see today in the market is a big competition between companies and this makes the search for a customer throughout the year to ensure the quality assurance increases more and more. Moreover, for the competitive price, the best that exists is the same or even eliminate waste, i.e. excluding what does not add value to the production process. With this, companies seek the database and performance management tools to measure the evolution of a process. Thus, the OEE is an indicator that measures the efficiency of an individual but is not even sufficient to drive the overall improvement of the production system when it involves interrelated equipment. This article had as its theme the OEEML presented as a derivation of the OEE that, besides the losses of availability, performance and quality, considers the unknown losses in production. The research method was made in manufacturing cells and divided into six stages, as follows: (1) Preparation stage; (2) Preliminary information about a company and a cell; (3) Monitoring in the production cell; (4) Data collection plan; (5) Loss identification for OEEML and (6) Loss identification. Thus, the result is the same as the OEEML, it is presented as an indicator that analyzes a real efficiency of the productive process studied, as well as the value of the line.

Keywords: Performance Management; Overall Equipment Effectiveness; Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line

1. Introdução

“Cada fábrica tenta ser um produtor eficiente de baixo custo” (Hansen, 2001, p.2). Diante de tal frase escrita por Hansen (2001), o esforço é desafiador em ambientes nos dias de hoje, pois os clientes almejam qualidade no produto e demanda com o melhor preço, assim, algumas fábricas atingem e mantêm a produtividade a nível de baixo custo.

Visto que, a produtividade e competitividade de empresas intensivas em capital são muito dependentes do grau de utilização de sua capacidade industrial, muitos indicadores têm sido utilizados para mensurar o desempenho da manufatura, dentre eles, o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), traduzido como Eficiência Geral dos Equipamentos (Busso, 2012).

Inicialmente, o OEE era uma ferramenta utilizada apenas na Manutenção Produtiva Total, mas, no final da década de 80 e início da década de 90, passou a ser utilizada como uma forma simples e eficaz de medição para o prêmio *Total Productive Maintenance* (Hansen, 2006).

De acordo com Nakajima (1989) apud Amminudim (2015), o OEE é mensurado a partir da estratificação de seis grandes perdas apresentadas como: falha de equipamento, setup ou ajustes, pequenas interrupções devido ao mau funcionamento, redução de velocidade do equipamento devido a alguma anomalia, produção defeituosa ou retrabalho e perdas de *start-up* (início de produção), calculado através do produto dos índices de disponibilidade, performance e qualidade.

Contudo, um problema surge quando os problemas reais, ou seja, ineficiências de uma linha não podem ser facilmente classificadas nas seis grandes perdas (Jeong e Phillips, 2001).

Autores como Ljungberg (1998), Bamber et al. (2003) e Braglia, Frosolini e Zammori (2008), corroboram que o OEE é um ótimo indicador para medir a eficiência de uma única máquina, entretanto, não seria suficiente para direcionar a melhoria global do sistema produtivo, quando este, envolve diversos equipamentos inter-relacionados.

Braglia, Frosolini e Zammori (2008), demonstraram como superar essa limitação através da apresentação de uma nova métrica definida como *Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line* (OEEML), traduzido como Eficiência Geral dos Equipamentos em uma Linha de Manufatura. Trata-se de uma derivação do OEE, que além das perdas de disponibilidade, performance e qualidade, considera perdas decorrentes de problemas de

alimentação de matéria prima na linha, ineficiências do gargalo e as paradas planejadas de manutenção, ou seja, perdas decorrentes do processo produtivo.

Desta forma, este estudo tem como objetivo aplicar o OEEML em uma empresa do setor de autopeças, especificamente na produção de válvulas e identificar o real valor de eficiência do processo. A pesquisa contribui academicamente com um estudo de caso para auxiliar em um melhor entendimento do indicador mostrando a visão prática (industrial) com a visão acadêmica.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Gestão de desempenho

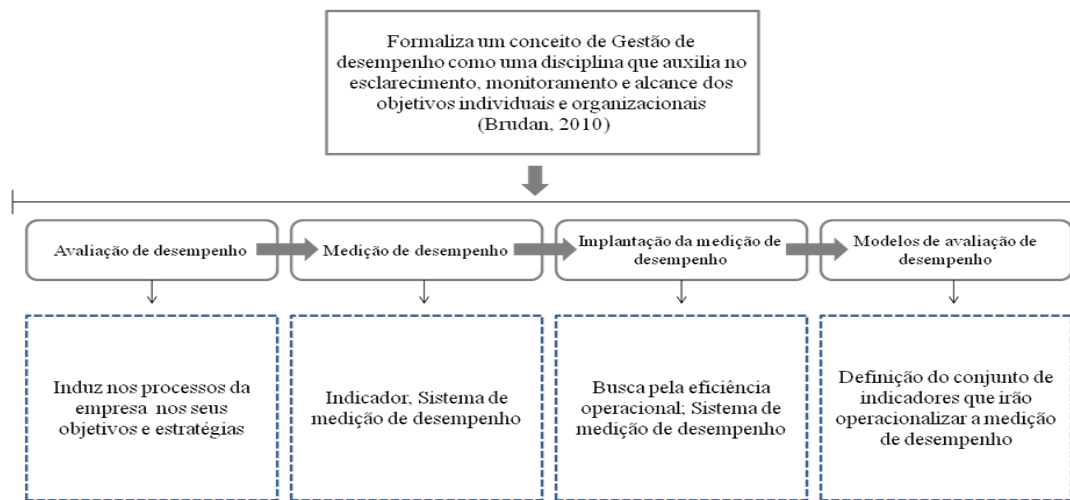
Segundo Brandão e Guimarães (2000), a gestão de desempenho surgiu nos últimos anos como um conceito alternativo às técnicas tradicionalmente utilizadas para a avaliação de desempenho. Para que seja entendida a Gestão de Desempenho, faz-se necessário o entendimento dos conceitos de gestão e avaliação.

Seguindo o conceito de Brandão e Guimarães (2001), a definição de gestão dá o mecanismo de avaliação à conotação de um processo que envolve atividades de planejamento, de acompanhamento e de avaliação propriamente dita.

A definição de avaliação significa comparar os resultados alcançados com os esperados, que são os planejados, de forma que apenas o trabalho previamente planejado deve ser objeto de avaliação (Brandão e Guimarães, 2001).

Brudan (2010) formaliza um conceito de Gestão de Desempenho como uma disciplina que auxilia no esclarecimento, monitoramento e alcance dos objetivos individuais e organizacionais. A Figura 1 resume a Gestão de Desempenho e seus principais pontos a serem considerados para uma estratégia apropriada.

Figura 1 - Esquema de Gestão de Desempenho



Fonte: Elaborado pelo autor

2.2 Overall Equipment Effectiveness - OEE

Segundo Hansen (2006), inicialmente, o OEE era uma ferramenta utilizada apenas na Manutenção Produtiva Total ou conhecido como *Total Productive Maintenance* (TPM), mas no final dos anos 80 e início dos anos 90, passou a ser utilizada como uma forma simples e eficaz de medição para o prêmio TPM. Diante disso, começou a ser vista como uma ferramenta autônoma com o objetivo de medir o desempenho real de um equipamento por meio de inter-relacionamento de alguns indicadores de desempenho.

O OEE se origina da comparação entre o tempo ao qual a máquina agrega valor ao produto e a soma das perdas (Busso e Miyake, 2013).

Para os autores Oliveira e Librantz (2012), o apontamento do OEE propõe que as paradas sejam divididas em: programadas e não programadas, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de Paradas

Categoria	Tipo	Subtipo
Paradas Programadas	Sem carga	
	Manutenção Preventiva	
	Try-out	
Paradas não programadas	Paradas próprias	Set up (troca de série) Avarias
		Micro paradas
	Paradas organizacionais	Baixa velocidade
	Não qualidade	Refeição, reuniões, treinamento
		Falta de materiais, energia, operador

Fonte: Oliveira e Librantz (2012)

Amminudim (2015) enriquece o conceito de OEE como o indicador que fornece uma métrica quantitativa baseada em elementos como: disponibilidade, desempenho e qualidade para medir a eficácia do desempenho no equipamento individual ou processos inteiros. Embora esses elementos sejam importantes, outros fatores de desempenho, tais como a utilização eficiente de matéria-prima e o ambiente de produção, em que o equipamento ou processo operam, podendo ter uma contribuição significativa para o desempenho do processo.

Ainda do ponto de vista de Amminudim (2015), o indicador OEE foi proposto como uma abordagem para avaliar o progresso através das iniciativas de melhoria realizadas como parte de sua proposta, sendo assim, o OEE é definido como uma métrica ou medida para avaliação da eficácia de equipamento.

Em suma, essas perdas são formuladas como uma função de um certo número de componentes que se excluem mutuamente, como Disponibilidade (D), Performance (P) e qualidade (Q) (Amminudim, 2015). Em essência, OEE é o resultado obtido multiplicando estes três fatores em conjunto, como mostrado pela Equação 1.

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (1)$$

Segundo Reyes (2015), o indicador OEE é mensurado a partir da estratificação de seis grandes perdas e calculado através do produto dos índices de disponibilidade, performance e qualidade. Conforme ilustrado na Figura 2.

A tipologia de perdas é definida por Serra et al. (2010), como:

A. Disponibilidade

A1: Perda por falhas: Quando o equipamento está disponível para produção;

A2: Perda por set up: Período entre a última peça do lote anterior e a primeira peça aproveitável do próximo lote;

B. Performance

B1: Perda por pequenas paradas: Quando o equipamento está disponível por paradas rápidas durante a produção ou por ajustes de equipamento;

B2: Perda por velocidade: Quando a produção não ocorre na máxima velocidade possível;

C. Qualidade

C1: Perda por produtos não-conformes: Tempo perdido por produção de itens que não estão de acordo com as especificações de qualidade; e

C2: Perda por queda de rendimento: Quando o equipamento necessita de um período de tempo para começar a operar em suas especificações.

2.3 Limitações do OEE como indicador de desempenho global da manufatura

Na literatura são encontrados questionamentos sobre a aplicação do OEE como indicador de desempenho global da manufatura (Busso e Miyake, 2013). Jonsson e Lesshammar (1999) advertem que a maioria das organizações utilizam de forma incorreta indicadores de desempenho ou falham na escolha dos mesmos.

Os autores apresentam na Tabela 2, uma síntese da análise levando em consideração seus atributos fundamentados enquanto um sistema de medição de desempenho global, segundo a qual o OEE como indicador, não supre todas as dimensões e características examinadas.

Tabela 2 - OEE x Dimensões e Características de um sistema de medição de desempenho global

		Definição	Avaliação OEE
Dimensões	Estratégia	Traduz as estratégias e de negócio para todos os níveis da organização.	Quando aplicado junto com as metodologias de TPM/TQM, permite definição de objetivos comuns e estratégias por toda organização.
	Orientação do Fluxo	Contempla funções, atividade e processos de forma integrada ao longo da cadeia de produção.	Não contemplada pelo OEE.
	Eficiência Interna	Permite medir e comparar a eficiência funcional internamente de uma organização.	OEE é uma medida simples, mas abrangente. Porém, nem sempre permite ser comparado entre diferentes áreas ou funções.
	Eficiência externa	Contempla medições externas, inclusive o nível de satisfação dos clientes.	Não contemplada pelo OEE.
Características	Direcionador de Melhoria	Serve não somente para informar, mas também para acionar esforços de melhoria contínua.	Oferece grande contribuição quando utilizado como indicador de desempenho em processos de melhoria contínua.
	Simples e Dinâmico	Simples e fácil de entender, calcular e usar. Pode evoluir com o tempo mediante revisões para se manter atualizado como indicador.	Foco no OEE, ao invés de diferentes edições para eficiência dos processos, simplifica o sistema global de medição. Contudo, o OEE tem necessidade de ser

Fonte: Adaptada de Jonsson e Lessahammar (1999) apud Busso e Miyake (2013)

Conforme Busso e Miyake (2013), somente no caso de uma linha de manufatura perfeitamente balanceada, com máquinas onde as operações estão balanceadas e controladas o

OEE seria suficiente para melhorar o desempenho da fábrica como um todo. Contudo, se a linha apresenta operações desequilibradas o OEE isolado não seria suficiente.

Além de Jonsson e Lesshammar (1998) e Braglia, Frosolini e Zammori (2008), foi encontrado na literatura outros autores que identificaram limitações ao OEE em contextos mais amplos, sob condições não previstas e para fins mais complexos que os originalmente admitidos na sua concepção.

A Tabela 3 resume alguns principais benefícios e limitações que o OEE oferece como indicador de desempenho.

Tabela 3 - Benefícios e Limitações do OEE

Benefícios	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> -Possibilita a análise de problemas de produção ou manutenção e consequente atuação na causa raiz (JEONG, PHILIS, 2001) - Possibilita a identificação de máquinas que devem ser foco de atividades de gestão da manutenção (BAMBER et al., 2003) - Permite comparação interna entre as máquina de uma mesma planta(BAMBER et al., 2003) - Registros de paradas para identificação das perdas permitem a complementação dos planos de manutenção já existentes (CHAND; SHIRVANI, 2000) 	<ul style="list-style-type: none"> - Quando aplicado a um escopo maior que uma única máquina (linha de produção ou planta), não direciona adequadamente as ações para melhoria continua (BRAGLIA et al., 2008) - Não fornece visão sistêmica das perdas do negócio, pois não considera interações além do equipamento (JONSSON; LESSHAMMAR, 1999) -A utilização somente do OEE pode definir responsabilidade para a área de produção que não necessariamente são da mesma (LJUNGBERG, 1998) - Dificuldade de reconhecer outras perdas com base na taxonomia das seis grandes perdas do OEE (JEONG; PHILIPS, 2010)

Fonte: Busso e Miyake (2013)

2.4 Nova estrutura de perdas

Conforme Braglia, Frosolini e Zammori (2008), quando as máquinas operam em conjunto em uma linha de produção, fluxo de materiais, transportes, *buffers* e filas tem um impacto direto sobre o desempenho do equipamento, como também sentido inverso. Diante disso, a fim de definir uma métrica significativa para a eficácia de toda a linha, é preciso separar todas as perdas que podem ser diretamente atribuídas a equipamentos espalhados ao longo da linha.

Os autores exemplificam defeitos ou rendimento reduzido como exemplos típicos de perdas dependentes de equipamentos (PDE), enquanto o bloqueio e alimentação são exemplos típicos de perdas independentes de equipamentos (PIE), enquanto que PDE pode ser eliminado

através de reparação, melhoramentos ou redesenhos de um equipamento, enquanto que o PIE pode ser eliminado diretamente sobre o ambiente produtivo (layout da planta, balanceamento da máquina, dimensionamento, *buffer*, etc). As principais causas da PDE e PIE estão listadas na Tabela 4.

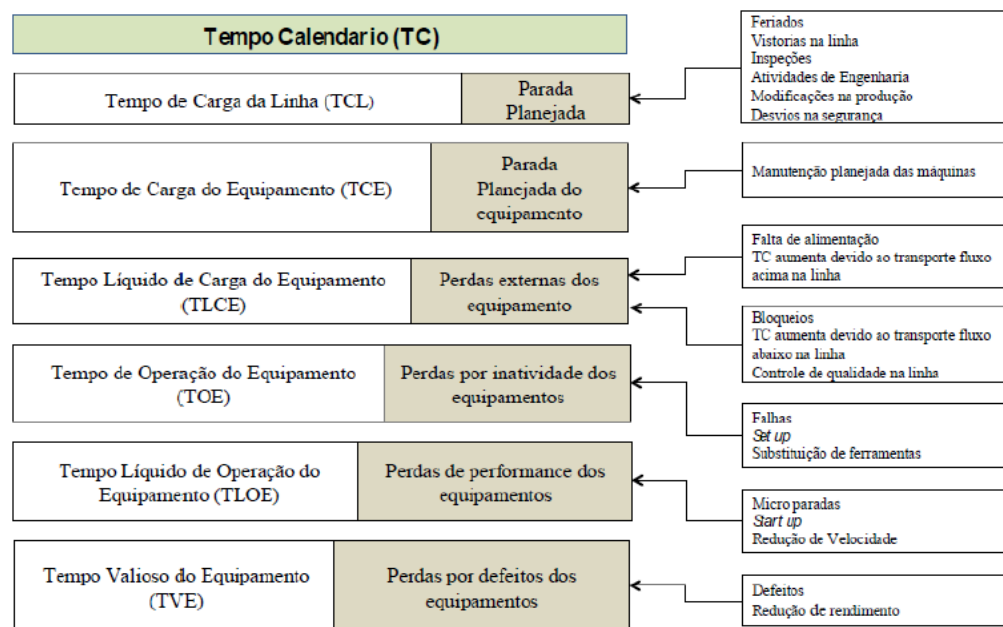
Tabela 4 - Benefícios e Limitações do OEE

Perdas Dependentes de Equipamentos (PDE)	Perdas Independentes de Equipamentos (PIE)
Set up e ajustes	Bloqueio
Ferramentas de substituição	Alimentação
Defeitos	Absenteísmo do operador
Perdas	Tempo de ciclo do controle de qualidade
Micro paradas	Tempo de ciclo para movimentação de materiais

Fonte: Busso e Miyake (2013)

Assim, como forma de avaliar a eficiência de uma linha, uma modificação adicional à tradicional estrutura de perdas foi introduzida (Braglia *et al.*, 2008). Conforme observado por Jeong e Philips (2001), a definição original do OEE não é apropriada para uma linha de produção, pois as perdas são subtraídas a partir do Tempo de Carga, o que não inclui a manutenção planejada (MP) e tempo de inatividade.

Figura 2 - Estrutura alternativa das perdas



Fonte: Adaptada de Braglia *et al.* (2008)

2.5 Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line (OEEML)

Segundo os autores Braglia, Frasinoli e Zammori (2008), o *Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line* (OEEML), traduzido como Eficiência Geral dos Equipamentos em uma Linha de Manufatura é uma derivação do OEE que, além das perdas de disponibilidade e qualidade, considera perdas decorrentes de problemas de alimentação de matéria-prima na linha, ineficiências do gargalo e as paradas planejadas de manutenção.

Ainda do ponto de vista dos autores Braglia et al. (2008), o OEEML considera que em uma linha de produção há estoques entre suas etapas de processo e que o valor da produção depende do nível destes estoques.

Em uma linha de produção com baixo OEEML, quanto mais a jusante se encontrar da etapa do processo com o menor OEE, maior tende a ser o estoque acumulado antes da mesma. Entretanto, quando o OEEML é alto, o processo flui melhor, como por exemplo, os materiais fluem melhor e o estoque na linha tende a ser baixo (Braglia et al., 2008),

Dentro desse contexto, essas relações não podem ser detectadas somente pelo cálculo o OEE (Busso, 2013). O cálculo do OEEML é descrito de acordo com a Equação 2.

$$OEEML = \frac{Saída Real}{Saída de Referência} \quad (2)$$

Assim,

$$Saída Real = Oum = TCum * MVTum \quad (3)$$

$$Saída de Referência = TCL * TCg \quad (4)$$

Onde:

TC_{UM} = Tempo de ciclo do produto;

MVT_{UM} = Tempo de agregação de valor do produto;

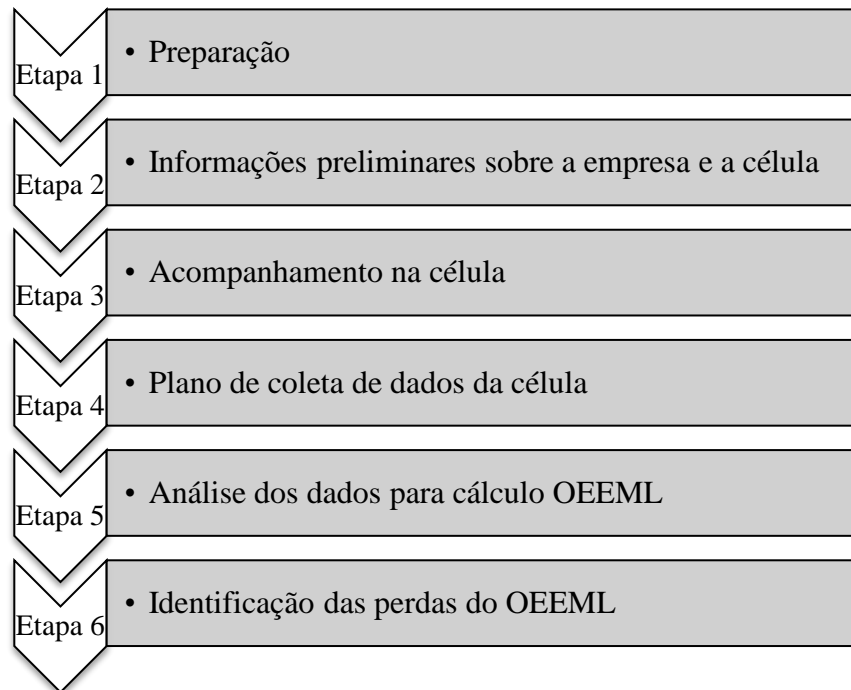
TCL = Tempo de carregamento na linha;

TC_G = Tempo de ciclo ideal do equipamento gargalo.

3. Método proposto

A pesquisa foi conduzida em seis etapas. A Figura 3 apresenta de forma esquemática as etapas desenvolvidas no decorrer da pesquisa.

Figura 3 - Etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

Etapa 1 – Preparação

Esta etapa será composta por quatro atividades, sendo elas: (1) escolha das empresas participantes; (2) apresentação das etapas e ferramentas da utilização do indicador OEEML aos membros da empresa; (3) escolha das células que serão avaliadas; (4) agendamento das visitas para coleta dados.

- 1) Escolha das Empresas Participantes: Para a presente pesquisa foi realizado levantamento de empresas que possuem em seu sistema produtivo o indicador de desempenho OEE. A empresa escolhida será denominada como “Empresa Alfa”, a mesma pertence à cadeia automotiva, visto que, essa cadeia é reconhecidamente a mais avançada em termos de manufatura enxuta de acordo com a literatura. A empresa fornece diretamente a montadoras e foi escolhida também em função da localidade e do tipo de arranjo que trabalha. Além disso, a organização vem adotando as práticas de manufatura enxuta como política corporativa, o que criou a expectativa de que fosse encontrado um relativo nível de entendimento às práticas de manufatura enxuta.

- 2) Apresentação do indicador OEEML: Para a apresentação das etapas, foi sugerido realizar uma reunião para apresentar o trabalho proposto aos envolvidos no trabalho como supervisores, líderes e operadores. Essa apresentação conteve o objetivo, método, atividades e resultados esperados.
- 3) Escolha do ambiente estudado: Durante a própria reunião de apresentação da pesquisa, foram escolhidas as células que serão avaliadas. Assim, torna-se importante que os participantes tenham claro o conceito de Manufatura Enxuta e OEE.
- 4) Agendamento das visitas: Agendar as visitas relativas às demais fases da avaliação foi o quarto passo, levando em conta necessidades de: (1) entrevista para o levantamento de informações afim de caracterizar empresa e célula; (2) visita técnica para observação do funcionamento da célula; (3) entrevistas com os operadores; (4) entrevista com os supervisores e líderes.

Etapa 2 – Informações preliminares sobre a empresa e a célula

- 1) **Caracterização da empresa:** Através de perguntas acerca da empresa, tais como segmento de atuação, porte e produtos;
- 2) **Caracterização da célula:** Através de perguntas sobre o número de operadores, número de células, equipamentos, produtos, organização da célula, que visa, também, identificar os indicadores de desempenho nas células de manufatura e suas principais perdas;
- 3) **Reunir informações Relevantes:** Que possam agregar para o acompanhamento durante o processo e avaliação da célula.

As duas primeiras partes das informações para o formulário poderão ser obtidas junto a um único funcionário da empresa, tais como o supervisor de produção, o chefe do setor ou o engenheiro de processo. Torna-se como requisito básico o conhecimento do processo estudado e suas etapas de operação.

A terceira fase do formulário consiste em coletar dados baseados nos tipos de falhas rotineiras que os equipamentos apresentam. Para o estudo do cálculo da Eficiência Geral dos Equipamentos em uma Linha de Manufatura faz-se necessário coletar e classificar uma série de

dados, no qual permita a avaliação da performance das máquinas. Segue os modelos dos formulários.

Tabela 5 - Caracterização da Empresa

FORMULÁRIO "G" – CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DA CÉLULA	
Empresa: _____	
Avaliador: _____	Entrevistado: _____
Célula: _____	Turno: _____ Data: _____
CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	
1. Qual é o total de funcionários na empresa?	
2. Qual é o número de operadores na fábrica?	
3. Quais são os produtos da empresa?	
4. Quais são os principais mercados que a empresa atua?	
5. Qual o setor produtivo em que a empresa se enquadra?	
6. A empresa possui a utilização da Manufatura Enxuta? Se a resposta for sim, como está organizado?	
7. Como a empresa buscou se capacitar em manufatura enxuta?	
8. Quais as estratégias da empresa?	
9. Quais as metas da empresa?	
10. Quais os indicadores de desempenho empresa?	
11. Como as estratégias da empresa estão inter-relacionadas com os indicadores do chão de fábrica?	
Observações:	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6 - Caracterização da Célula

FORMULÁRIO "G" CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DA CÉLULA	
Empresa: _____	
Avaliador: _____	Entrevistado: _____
Célula: _____	Turno: _____ Data: _____
CARACTERIZAÇÃO DA CÉLULA	
1. Quais os números máximos e mínimos de operadores que a célula opera?	
2. Qual o número de operadores que a célula terá no momento da aplicação do indicador?	
3. Quais são os tipos de equipamentos presentes na célula?	
4. Quantos equipamentos estão presentes nas células de manufatura?	
5. Quantos processos (iguais ou diferentes) a célula apresenta?	
6. Quais os produtos produzidos pela célula?	
7. A célula recebe componentes de processos internos da fábrica?	
8. A célula produz para clientes internos da fábrica?	
9. Qual foi o método ou o procedimento utilizado para criar ou escolher os produtos que passariam pela célula?	
10. Há quanto tempo à célula está em funcionamento?	
11. Há quanto tempo os equipamentos que estão na célula estão em funcionamento?	
12. Quais e quantas máquinas gargalo a célula apresenta?	
13. Como é o sistema de alimentação na célula?	
14. Quais os indicadores de desempenho utilizados nas CM?	
Observações:	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 7 - Problemas Reincidentes

FORMULÁRIO "G" – CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DA CÉLULA REINCIDÊNCIAS				
Empresa: _____				
Avaliador: _____		Entrevistado: _____		
Célula: _____		Turno: _____ Data: _____		
Máquina	Motivo parada	Duração	Plano de Ação	Status da Ação
M1				
M2				
M3				
M4				
M5				
Mn				

Fonte: Elaborado pelo autor

Etapa 3 – Acompanhamento na célula de manufatura

O acompanhamento será realizado nas células de manufatura que produzem válvulas. Com a seleção das células definidas na reunião da fase de preparação, tornou-se necessário planejar alguns tópicos que ajudaram na organização e objetivo da pesquisa, como: (1) selecionar os equipamentos a serem avaliados; (2) analisar as condições operacionais dos equipamentos selecionados; (3) identificar as seis grandes perdas descritas por Nakajima (1988) em cada equipamento; (4) compreender o funcionamento de operação de cada equipamento e como o mesmo está relacionado com cada operação do processo produtivo.

Para direcionamento e avaliação elaborou-se um questionário do tipo "sim" ou não" e espaço para observações descritivas. Este questionário foi composto por questões levantadas a partir de leituras em artigos.

Etapa 4 – Plano de coleta de dados

Assim, com a análise dos critérios estabelecidos na etapa 3, faz-se necessário traçar um plano de coleta de dados. Este plano será organizado a fim de mostrar: (1) a amostra dos dados; (2) como serão coletados e responsáveis da coleta e; (3) a duração da coleta. A organização dos dados foi baseada na pesquisa de Ferreira (2014).

- ✓ Amostra de dados: Baseia-se em dados a partir do OEE, Tempo de Calendário, Paradas Planejadas, Tempo de Carga na Linha, Manutenção Planejada, dentre outros.
- ✓ Método de Coleta: Coleta dos dados feita pelo pesquisador juntamente com a supervisão dos membros envolvidos no trabalho e com base nos dados OEE e transferência para a planilha do excel.

- ✓ Duração de Coleta: A duração da coleta de dados foi realizada no período de um mês, considerando os dias úteis, no entanto, o cálculo foi baseado em cinco dias úteis, totalizando 40 horas.

Tabela 8 - Acompanhamento da célula

FORMULÁRIO "G" - ACOMPANHAMENTO DA CÉLULA		
Empresa: _____		
Avaliador: _____	Entrevistado: _____	
Célula: _____	Turno: _____	Data: _____
Questões	SIM	NÃO
1) Existem dispositivos visuais que os operadores ou líderes estejam autorizados a utilizar para solicitar auxílio imediato de área de apoio? Obs: _____		
2) Existem documentos que padronizam as operações? Obs: _____		
3) O tempo de setup entre produtos é menor que 1 minuto? Obs: _____		
4) Está mapeada a sequência de atividades de troca de ferramentas (setup e ajustes?) Obs: _____		
*Se a resposta por "SIM", indique: () O mapeamento possui diferenciação entre internas e externas (incluindo ajustes).		
5) Os operadores são responsáveis pela manutenção preventiva básica e rotineira, sendo eles: limpeza, lubrificação, ajustes, troca de componentes, simples reparos e verificações e inspeções visuais nos equipamentos? Obs: _____ *Se a resposta for "SIM" indique: Em quantos equipamentos são realizadas estas atividades: _____ Estas atividades estão padronizadas em sua rotinas de trabalho? _____		
6) Existe um programa de manutenção planejada nos equipamentos? Obs: _____ *Se a resposta for "SIM" indique em quantos equipamentos da célula são realizadas manutenções planejadas: _____		

Etapa 5 – Análise dos dados para cálculo do OEEML e identificação das perdas do OEEML

A análise dos dados foi realizada a partir dos dados levantados e, assim, foi possível identificar as perdas do indicador de acordo com a literatura, sendo estas: Perdas Dependentes do Equipamento (PDE), Perdas Independentes do Equipamento (PIE), Perdas de Tempo Antes do Fluxo (PTAF), Perdas de Tempo Depois do Fluxo (PTDF), Perdas Independentes do Equipamento Antes do Fluxo (PIEAF), Perdas Independentes do Equipamento Depois do Fluxo (PIEDF), Perdas Antes do Gargalo da Linha (PAGL), Perdas Depois do Gargalo da Linha (PDGL) e Perdas Intermediárias (PI).

4. Resultados

4.1 Cálculo do Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line (OEEML)

O Cálculo do OEEML é realizado por três formas equivalentes, conforma mostrado abaixo. A primeira é realizada através do cálculo da saída real do processo produtivo pela saída de referência, descrita pela equação a seguir.

$$OEEML = \frac{\text{Saída Real}}{\text{Saída de Referência}} = \frac{O_{um}}{TCL/TC_{gt}} = \frac{6887}{8783} = 78,41\%$$

Sendo:

- a) Saída Real: O_{UM}
- b) Saída de Referência: Tempo de Ciclo da Linha dividido pelo Tempo de Ciclo Teórico do Gargalo Teórico.

Onde:

- 1) O_{Um} = Saída Real (*Output*) de peças da Última Máquina (UM);
- 2) TCL: Tempo de Carga da Linha, considera a diferença entre o tempo calendário e as paras planejadas da operação onde está situado o Gargalo Teórico (GT); e
- 3) TCT_{GT} : Tempo de Ciclo Teórico do Gargalo Teórico (GT).

O cálculo do OEEML indica que a eficiência da linha pode ser obtida simplesmente pelo cálculo do volume atual de produção da linha dividido pelo volume ideal de produção. Assim, a segunda forma de calcular o OEEML é através do cálculo *Total Overall Effectiveness Equipment* (TOEE).

$$OEEML = TC_{GT} / TC_{UM} \times TOEE_{UM}$$

Onde:

- 1) TC_{GT} : Tempo de Ciclo Teórico do Gargalo Teórico;
- 2) TC_{UM} : Tempo de Ciclo Teórico da Última Máquina da linha de produção;
- 3) $TOEE_{UM}$: *Total Overall Equipment Effectiveness* da última máquina da linha de produção.

Essa forma de cálculo do indicador OEEML considera a eficiência global total do último equipamento da linha de produção.

A terceira forma de cálculo do indicador OEEML é através dos seus principais componentes descritos nas seções anteriores. De acordo com a literatura temos:

$$\text{OEEML} = \text{OEEM}_{\text{GT}} \times \text{DG} \times \text{PAGL} \times \text{PI} \times \text{PDGL}$$

Onde:

- 1) OEEM_{GT} : Real indicador da eficiência do equipamento do gargalo teórico;
- 2) DG: Deslocamento do Gargalo;
- 3) PAGL: Perdas antes do gargalo da linha calculadas em relação a primeira parte da linha de produção;
- 4) PI: Perdas intermediárias evidenciadas na segunda parte da linha de produção;
- 5) PDGL: Perdas depois do gargalo da linha calculadas na terceira parte da linha de produção.

Na análise dos dados foi possível verificar que o indicador OEEML foi afetado pelos seus principais componentes, o OEEM_{GT} (Real indicador da eficiência do equipamento do gargalo teórico, com um valor percentual de 89%, perdas independentes, obteve o percentual de 78,66% e o deslocamento do gargalo (DG) com valor de 91,32%. Estes indicadores afetaram diretamente o desempenho da linha prejudicando a sua eficiência. Desta forma, qualquer perda que acontece no Gargalo Teórico (GT) afeta diretamente a produção final de um turno de trabalho. Essa alteração pode ser percebida na perda de produtividade e, conseqüentemente na eficiência da linha. As perdas intermediárias (PI) são afetadas por perdas localizadas entre o GT (Gargalo Teórico) e a RRO (Real Restrição de Operação) tornando importante a realização de ações nesta parte da linha para melhorar a eficiência.

5. Conclusões

Esta pesquisa descreve a aplicação do OEEML em uma empresa do setor de eletroeletrônico, analisando o ambiente produtivo, bem como analisando as perdas identificadas nele. Esta pesquisa sugere duas conclusões principais. Primeiro, visto que na literatura o OEE apresenta-se como um ótimo indicador para medir a eficiência de um equipamento, mas quando se trata em medir a eficiência de um processo produtivo, o mesmo não se mostra tão eficaz.

Assim, com a aplicação do OEEML foi possível apresentar o real valor de eficiência das células de manufatura.

Como segunda conclusão, com o indicador foi possível identificar perdas que até então não eram percebidas e que afetam diretamente o tempo de ciclo da linha, impactando diretamente na eficiência da linha de produção como um todo. Foi possível identificar os principais problemas que ocorrem nas células de manufatura e a partir disso, propor planos de melhorias para aumentar a eficiência do sistema produtivo. O OEEML se mostrou eficaz, além de auxiliar na tomada de decisão do que realmente precisa otimizar.

Este artigo relata um estudo de caso como contribuição acadêmica para compreensão do OEEML em conceitos e práticas. Por fim, como questão observada, foi analisado a eficiência do OEE em sistemas produtivas, assim, torna-se necessário estudar o mesmo antes de aplicá-lo, analisando e verificando se é o indicador adequado para o processo.

REFERÊNCIAS

- Aminuddin, N. A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Antony, J., & Rocha-Lona, L. (2016). An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness. *International Journal of Production Research*, 54(15): 4430-4447.
- Braglia, M., Frosolini, M., & Zammori, F. (2008). Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML) An integrated approach to assess systems performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1): 8-29.
- Brandão, H. P., Zimmer, M. V., Pereira, C. G., Marques, F., Costa, H. V., Carbone, P. P., & de Almada, V. F. (2008). Gestão de desempenho por competências: integrando a gestão por competências, o balanced scorecard e a avaliação 360 graus. *Revista de Administração Pública-RAP*, 42(5): 875-898.
- Busso, C. M. (2015). *Aplicação do indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização da capacidade de produção* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Contador, J. C. (1995). Células de manufatura. *Production*, 5(1):45-64.
- De Ron, A. J., & Rooda, J. E. (2005). Equipment effectiveness: OEE revisited. *IEEE transactions on semiconductor manufacturing*, 18(1): 190-196.
- Ferreira, C. V. (2014). *Aplicação do Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line (Oeeml) no processo de produção de reatores para acendimento de lâmpadas de descarga*. Relatório do Trabalho de Conclusão do Curso. Universidade de Caxias do Sul.
- Hansen, R. C. (2001). Overall equipment effectiveness: a powerful production/maintenance tool for increased profits. Industrial Press Inc.
- Jeong, K. Y., & Phillips, D. T. (2001). Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 21.
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems-the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(1):55-78.

Hyer, N. L., & Brown, K. A. (1999). The discipline of real cells. *Journal of operations management*, 17(5): 557-574.

Ljungberg, Ö. (1998). Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(5): 495-507.

Marodin, G. A., & Saurin, T. A. (2013). A influência das práticas de produção enxuta nos atributos qualificadores das células de manufatura. *Revista Produção Online*, 13(4): 1252-1275.

Maskell, B. H., Baggaley, B., & Grasso, L. (2004). *Practical lean accounting: a proven system for measuring and managing the lean enterprise*. Productivity Press.

Muller, C. J. (2003). *Modelos de Gestão de Desempenho Integrando Planejamento Estratégico, Sistemas de Avaliação de Desempenho e Gerenciamento de Processos (Meio- Modelos de Estratégia, Indicadores e Operações)*. 292 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Nancy, H., & Urban, W. (2002). *Reorganizing the Factory-Competing through cellular manufacturing*.

Silva, E. L. D., & Menezes, E. M. (2001). *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 4º Edição.