

**Análise da aplicação do indicador oee (*overall equipment effectiveness*) na  
medição da eficiência produtiva de dois teares, mecânico e eletrônico, em uma  
indústria têxtil**

**Analysis of the application of the oee indicator (*overall equipment  
effectiveness*) to measure the productive efficiency of two tears, mechanical and  
electronic, in a textile industry**

DOI:10.34117/bjdv6n9-156

Recebimento dos originais: 08/08/2020

Aceitação para publicação: 08/09/2020

**Luiz Felipe Simioni Ditzel**

Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: felipesimioni@hotmail.com

**Robson Seleme**

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: robsonseleme@hotmail.com

**Wiliam de Assis Silva**

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: wiliamdeassis@gmail.com

**Carolina Joaquim Busnardo**

Engenheira de Produção pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Centro Politécnico, Setor de Tecnologia, Jardim das Américas, Curitiba - PR

CEP: 81.531-990, Caixa postal 19011

E-mail: carolinajbusnardo@gmail.com

**RESUMO**

Diversos setores têm recebido significativos aumentos nos investimentos em tecnologia no Brasil, dentre eles o setor têxtil vem mostrando grande força. Tratando-se de um mercado com tantos receios e diversas oportunidades, o investimento em maneiras e técnicas mais eficientes de produção torna-se fundamental, ou seja, aproveitando de conceitos modernos a fim de se manter competitivo. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da aplicação do indicador de manufatura enxuta *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), em uma indústria têxtil, a fim de se medir a eficiência de dois tipos de teares, um eletrônico e um mecânico. Para tal, o presente trabalho apresenta um embasamento teórico sobre o indicador OEE, e uma descrição do processo produtivo das rendas, em seguida realizou-se o cálculo primário do OEE, a fim de se obter o percentual de eficiência dos dois tipos de tear utilizados. Como resultado, obteve-se 77,2% de eficiência do equipamento mecânico, e um valor de 86,0% para o eletrônico.

**Palavras-chave:** Indústria Têxtil, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), Manufatura enxuta.

**ABSTRACT**

Several sectors have received significant increases in investments in technology in Brazil, among them the textile sector has shown great strength. Being a market with so many fears and diverse opportunities, the investment in more efficient ways and techniques of production becomes fundamental, that is, taking advantage of modern concepts in order to remain competitive. In this context, this work aims to present the results of the application of the Overall Equipment Effectiveness (OEE) lean manufacturing indicator, in a textile industry, in order to measure the efficiency of two types of looms, an electronic and a mechanical. For this purpose, the present work presents a theoretical basis on the OEE indicator, and a description of the production process of the lace, then the primary calculation of the OEE was performed, in order to obtain the percentage of efficiency of the two types of looms used. As a result, 77.2% efficiency of the mechanical equipment was obtained, and an 86.0% value for the electronic one.

**Keywords:** Textile Industry, Overall Equipment Effectiveness (OEE), Lean Manufacturing.

## 1 INTRODUÇÃO

No período entre 1990 e 2011 houve um crescimento médio de 3,5% no consumo de fibras têxteis naturais e sintéticas, subindo de 40 para 82 milhões de toneladas. Houve um aumento da população mundial a uma taxa média de 1,3% ao ano, durante o mesmo período. Situação que aponta o crescimento do consumo mundial *per capita* de produtos têxteis, passando de 7,6 kg/hab em 1990 para 11,8kg/hab em 2011. (IEMI, 2013).

Segundo o Instituto de Estudos e Marketing Industrial (IEMI, 2013) a Ásia tem a maior produção mundial, com cerca de 67% na Indústria Têxtil em que 50% da produção é da China, representando também o maior mercado consumidor desses produtos no mundo. Já o Brasil produz aproximadamente 2,4% do total ocupando o 5º lugar na produção mundial de têxteis.

Mesmo estando entre os cinco maiores fabricantes mundiais de produtos têxteis manufaturados, a produção brasileira é essencialmente voltada para o mercado interno, o qual seus dados relativos ao comércio exterior de 2012 mostraram o país ocupando uma posição de pouca relevância entre os países exportadores, representando apenas 1% das exportações, mesmo detendo 2,4% da produção mundial de manufaturados têxteis.

Em função da grande produção, Rinaldi e Maçada (2002), indicam que a produtividade é um componente essencial do sucesso e um fator de competitividade das empresas. É importante, portanto, a realização de seu monitoramento através de indicadores que apoiem decisões administrativas.

Desta maneira, o aumento contínuo da produtividade gera uma série de benefícios à empresa como previsão de desgaste, trocas, paradas para manutenção, etc. O estudo de indicadores e o monitoramento da produtividade tornam-se essenciais, auxiliando tanto na detecção de problemas como no auxílio na tomada de decisão no dia a dia da empresa. (MARTINS; LAUGENI, 2005).

A título de exemplo acerca das melhorias de produtividade tem-se o exemplo do Japão que durante a década de 1960, em uma época com alta demanda da população e pouquíssimos recursos para se produzir desenvolveu a base do Sistema Toyota de Produção, que é o conceito da manufatura enxuta (MARTINS e LAUGENI, 2005). Este conceito é formado por uma série de princípios, tais como o *Kaizen* (melhoria contínua), a eliminação dos sete desperdícios e a filosofia do *Just in Time* (JIT), que visam a atender a demanda instantaneamente, com qualidade e sem desperdícios. (OHNO, 1997).

A fim de se alcançar os objetivos da manufatura enxuta, são utilizadas diversas ferramentas, tais como, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), ou Eficiência Global de Equipamentos, que é um indicador utilizado dentro da metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total), o qual possibilita

perceber perdas, principalmente as geradoras de custos em potencial. O OEE é utilizado para medir o desempenho de equipamentos e máquinas ou o conjunto destes, indicando quais os recursos que possuem o menor índice de eficiência e permitindo que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos. (SANTOS e SANTOS, 2007).

O indicador OEE é o resultado de três índices que representam a realidade do processo produtivo: disponibilidade, desempenho e qualidade. Por meio dos resultados de cada índice, torna-se possível obter uma visão mais clara dos pontos falhos e que necessitam de correção. A importância de realizar melhorias contínuas em equipamentos e a atuação sobre as perdas, obtidas através do OEE, ficam evidentes quando há o aumento de produção, pois se observa a melhoria da eficiência e pode-se reduzir a necessidade de novos investimentos. (SANTOS e SANTOS, 2007).

Visando um estudo prático dos conceitos apresentados em um mercado industrial que necessita de mais qualidade e eficiência para tornar-se competitivo no mercado global, o presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da aplicação do indicador de manufatura enxuta *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), em uma indústria têxtil na cidade de Curitiba (PR), a fim de se medir a eficiência de dois teares, um eletrônico moderno e um mecânico com sua vida útil ultrapassada, dentre os sete teares em funcionamento na empresa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

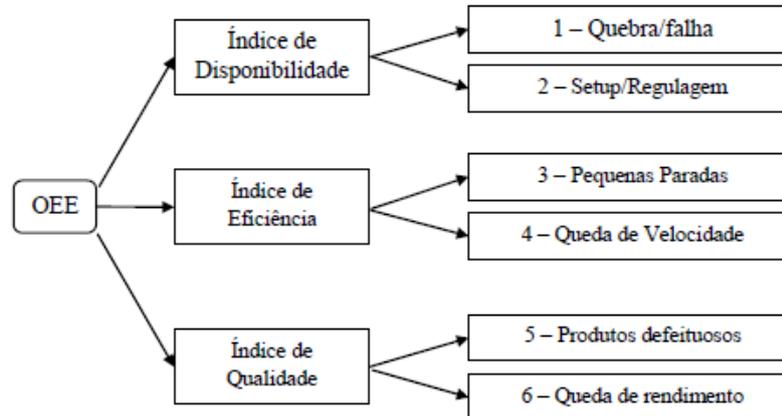
A métrica OEE, *Overall Equipment Effectiveness* (ou Eficiência Global do Equipamento), foi desenvolvida por Nakajima (1988) e era, inicialmente, apenas uma simples ferramenta da TPM utilizada para medir a eficiência da manutenção produtiva. Atualmente, esta é vista como uma ferramenta autônoma de medição de desempenho real, relacionando indicadores de disponibilidade (quanto tempo útil o equipamento tem para funcionar/produzir), desempenho ou eficiência (capacidade de se produzir) e qualidade (chegar-se ao produto esperado). (SUZUKI, 1994).

O OEE teve origem na TPM – *Total Productive Maintenance*, parte integrante do Sistema Toyota de Produção, e o seu criador, Seiichi Nakajima, desenvolveu-o como meio de quantificar a *performance* dos equipamentos e também como uma métrica da melhoria contínua dos equipamentos e processos produtivos. Com a adoção dos conceitos do Sistema Toyota de Produção por inúmeras empresas japonesas e com o desenvolvimento do *Lean Manufacturing* no ocidente, o OEE tornou-se o referencial mundial para medição da *performance* dos equipamentos das empresas industriais.

Segundo Chiaradia (2004), o indicador é influenciado pelas denominadas seis grandes perdas nos equipamentos, identificadas por Nakajima (1988). Estas seis grandes perdas (quebra,

setup, pequenas falhas, quebra de velocidade, produtos defeituosos, quebra de rendimento) são as causas mais comuns dos desperdícios de tempo e de eficiência de produção dos ativos industriais, e estão associadas aos três índices que formam o cálculo da eficiência global dos equipamentos (OEE): disponibilidade, desempenho (eficiência) e qualidade. Esta relação pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1 - RELACIONAMENTO ENTRE A OEE E AS SEIS GRANDES PERDAS



FONTE: Chiaradia (2004)

Como apresentado na Figura 1, do OEE deriva os três grandes índices citados, sendo disponibilidade, eficiência e qualidade, dos quais derivam seis grandes perdas como apresentado.

## 2.1 MÉTODOS DE CÁLCULO DO OEE

O cálculo do OEE torna-se de grande importância a partir do momento que se entende a necessidade de quantificar eficiência global do equipamento, com isso existem métodos na literatura que indicam e auxiliam nesses cálculos (NAKAJIMA, 1988).

A

Figura 2 apresenta quais são os elementos que constituem o cálculo do OEE, sendo os índices expressos em porcentagem. Suas maneiras de obtenção e métodos de cálculo serão detalhadas ainda neste tópico.

Figura 2 - ESQUEMA DE CÁLCULO DO OEE



FONTE: Adaptado de Hansen (2006).

Segundo Silva (2009), quanto maior o valor resultante do OEE, melhor o aproveitamento da máquina. Exemplificando, um equipamento cujo OEE atinge 100% seria aquele que produz durante todo o tempo disponível, a uma velocidade constante e sem paradas e com qualidade assegurada, sem nenhuma perda, ou seja, um OEE de 100% seria uma condição idealizada de produção.

Quanto às faixas de valores resultantes do cálculo, Hansen (2006) define que resultados menores que 65% são inaceitáveis, indicando necessidade de revisão total do processo produtivo. Valores entre 65% e 85% são considerados bons, no entanto indicam que melhorias ainda são necessárias. O nível de Classe Mundial é separado de acordo com o tipo de produção adotado na fábrica, em que o OEE é maior que 85% em processos em lotes, maior que 90% em processos discretos, e, caso a indústria seja de fluxo contínuo, seu OEE deve ser maior que 95%.

Ainda de acordo com Hansen (2006), existem três maneiras para se calcular o OEE, sendo que todos convergem para o mesmo resultado final. Com base nas informações disponíveis sobre o processo produtivo, é possível definir qual o método mais adequado a ser utilizado para o cálculo. Estes métodos serão organizados em:

#### a) Cálculo do OEE de acordo com as fórmulas de Nakajima

Proposto por Nakajima (1988), este método de cálculo consiste em calcular o OEE através de três fatores: disponibilidade, ou seja, a taxa de utilização da máquina, eficiência de performance, que é a taxa relacionada ao volume produzido, e a taxa de qualidade. O valor máximo para qualquer um dos fatores deve ser 100%. O primeiro fator, de disponibilidade, pode ser obtido através da Equação (1).

$$\text{Disponibilidade} = \text{Tempo Operacional} / \text{Tempo Programado} \quad (1)$$

Tem-se que o Tempo Operacional é o tempo em que a máquina está realmente produzindo, ou seja, é o tempo real de produção, que pode ser obtido através da Equação (2):

$$\text{Tempo Operacional} = \text{Tempo Programado} - \text{Tempo paradas não prog.} \quad (2)$$

Tem-se que o Tempo paradas não programadas, presente na Equação (2), é a soma dos tempos dos eventos que causam paradas não programadas no equipamento.

Já o Tempo Programado, utilizado nas Equações (1) e (2), é todo o tempo em que a máquina tem programado para produzir, incluindo também os tempos de *setup*, de testes e de paradas não programadas. Este pode ser calculado através da Equação (3) a seguir.

$$\text{Tempo Programado} = \text{Tempo Total} - \text{Tempo Excluído} \quad (3)$$

O Tempo Total é todo o tempo contido no período analisado do estudo, ou seja, a quantidade de turnos, dias ou semanas na qual foi feito o estudo.

Já o Tempo Excluído é aquele que é previamente planejado para não se produzir, como por exemplo paradas para treinamentos, manutenção preventiva planejada e refeições. O segundo fator utilizado no cálculo do OEE, o desempenho, pode ser obtido através da Equação (4).

$$\text{Desempenho} = \text{Volume Realizado} / \text{Volume Teórico} \quad (4)$$

O Volume Realizado é a quantidade total de produtos processados no período em questão. Já o Volume Teórico é a quantidade de produtos que deveria ter sido produzida neste período, ou seja, é o volume esperado para se produzir considerando que não há paradas não programadas durante o tempo planejado. Este é definido pela Equação (5) abaixo.

$$\text{Volume Teórico} = \text{Velocidade Nominal} \times \text{Tempo Programado} \quad (5)$$

Da Equação (5), tem-se que a Velocidade Nominal é a quantidade de produtos que a máquina é capaz de produzir em um certo período de tempo.

O terceiro e último fator para este cálculo do OEE é a taxa de qualidade, que pode ser definida através da Equação (6) abaixo.

$$\text{Taxa de Qualidade} = \text{Unidades Boas} / \text{Volume Realizado} \quad (6)$$

Tem-se que as Unidades Boas são aquelas produzidas dentro das especificações de qualidade exigidas para o produto, desconsiderando os desperdícios e unidades com necessidade de retrabalho, conforme a Equação (7) a seguir.

$$\text{Unidades Boas} = \text{Volume Realizado} - \text{Desperdício} \quad (7)$$

Após determinados os três fatores necessários para calcular o indicador, este pode ser obtido através da Equação (8) abaixo.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Taxa de Qualidade} \quad (8)$$

O cálculo do OEE através das equações de Nakajima apresentadas neste tópico é a maneira mais utilizada pelas empresas para se definir a eficiência global do equipamento. Isso ocorre devido à riqueza de detalhes nas informações obtidas no processo produtivo. (HANSEN, 2006).

#### **b) Cálculo do OEE baseado nas unidades boas transferidas**

Ainda segundo Hansen (2006), o OEE também pode ser calculado baseando-se em outros três fatores: o tempo de ciclo teórico (TcT), a quantidade de unidades boas produzidas e o tempo programado. Desta forma, o OEE é calculada através da Equação (8) abaixo.

$$\text{OEE} = \text{Unidades Boas} / (\text{TcT} \times \text{Tempo Programado}) \quad (8)$$

#### **c) Cálculo do OEE utilizando os tempos registrados dos eventos**

O terceiro método proposto por Hansen (2006) para o cálculo do OEE é baseado no registro de tempos. Os fatores disponibilidade e taxa de qualidade são obtidos da mesma maneira que o método de Nakajima, descritos no tópico a) desta sessão, através das Equações (1) e (6), respectivamente. A diferença desta forma de se calcular está no terceiro fator, denominado de taxa de velocidade, obtido através da Equação (9) abaixo.

$$\text{Taxa de Velocidade} = \text{TcT} / \text{TcR} \quad (9)$$

Da Equação 9, tem-se que:

- TcT: Tempo de Ciclo Teórico, conforme a capacidade esperada para o equipamento.
- TcR: Tempo de Ciclo Real, que pode ser obtido através da Equação (10) abaixo.

$$\text{TcR} = \text{Tempo Operacional} / \text{Volume Real} \quad (10)$$

Desta maneira, o OEE pode ser obtido através da Equação (11) abaixo.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Taxa de Velocidade} \times \text{Taxa de Qualidade} \quad (11)$$

Deve-se reforçar o fato de que independentemente do método utilizado para o cálculo do OEE, o resultado final obtido será sempre o mesmo. No presente trabalho serão utilizadas as fórmulas de Nakajima, descritas no tópico a) da presente sessão, devido à riqueza dos dados envolvidos nestas equações.

### 3 METODOLOGIA

Quanto aos objetivos, a pesquisa classifica-se como Exploratória e Descritiva. Exploratória, pois proporciona uma visão geral acerca de determinado fato (aplicação do indicador OEE), envolvendo levantamento bibliográfico e opiniões de pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado. (GIL, 2008). A pesquisa também é descritiva por descrever características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre as variáveis (GIL, 2008).

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa classifica-se inicialmente como Bibliográfica e Documental, pelo fato de ser elaborada a partir de material já publicado (livros, artigos e material disponibilizado na Internet), e por ser elaborada a partir de dados que não receberam tratamento analítico. Posteriormente, a pesquisa classifica-se como Levantamento, por envolver a interrogação direta das pessoas acerca do problema estudado para, mediante análise quantitativa, possam obter conclusões correspondentes dos dados coletados (GIL, 2008).

#### 3.1 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

A fim de se obter o percentual de eficiência global dos teares mecânico e eletrônico, foi realizada uma coleta dos dados referentes à disponibilidade, desempenho e qualidade dos

equipamentos. Com o resultado deste cálculo, foi possível identificar quais eram os elementos de cada máquina que necessitavam ser otimizados através de um plano de manutenção preventiva.

Durante uma semana ocorreu a coleta dos dados, os quais foram considerados em dias. Com isso, será apresentado o valor obtido em cada variável do indicador OEE, a partir de suas respectivas amostras das informações coletadas, para cada uma das máquinas.

### **3.1.1 Coleta de dados do tear mecânico**

Apresentamos de maneira detalhada a coleta de dados completa do tear mecânico, sendo os dados que serão utilizados para o cálculo do OEE.

- a) Tempo Total é todo o tempo contido no período analisado do estudo, que foi um dia completo de 24 horas, pois a fábrica opera nos 3 turnos diários, de 8 horas cada um.
- b) Tempo Excluído é aquele que é previamente planejado para não se produzir, como por exemplo paradas para treinamentos, manutenção preventiva planejada e refeições. Este tempo foi considerado nulo no cálculo, pois não havia manutenção preventiva planejada nas máquinas e estas não param para refeições e nem para treinamentos.
- c) Tempo Programado é todo o tempo em que a máquina tem programado para produzir, incluindo os tempos de setup, de testes e de paradas não programadas. O tempo de setup foi de 10 minutos a cada 8 horas no equipamento mecânico, que resultou em aproximadamente 30 minutos (ou 0,5 hora) no período de um dia. No setup considerou-se as atividades de tirar o rolo anterior do equipamento, preparar fios para o novo rolo e ligar o equipamento. De acordo com a Equação (3) apresentada anteriormente no capítulo da Revisão Bibliográfica.  
Portanto, Tempo Programado para o tear mecânico foi igual a 24 horas menos 0 horas, ou seja, 24 horas.
- d) Tempo de Paradas Não Programadas é a soma dos tempos dos eventos que causam paradas não programadas no equipamento, sejam estas paradas espontâneas ou paradas julgadas pelo operador como necessárias por estarem afetando a qualidade da produção e por identificação de mau funcionamento.

Estas paradas foram causadas principalmente por entortamentos nas agulhas normalmente seguidas por quebras nas mesmas, por desprendimento do conjunto de agulhas na base, por falha na leitura dos artigos (cartelas com o código dos desenhos da renda), por falta de lubrificação identificada por um ruído anormal, por ruptura dos fios na quando estão ainda na gaiola de fios, por vazamento de lubrificante, por problemas de quebra ou oxidação na corrente dentada que alimenta o fio de urdume (conjunto de fios dispostos horizontalmente para depois formar a renda) ou por necessidade de troca de eixos ou esferas do rolamento.

Este tempo foi coletado em um período de cinco dias úteis para obter-se a média diária de paradas não programadas. A amostra dos dados, assim como o cálculo da média diária, está presente na Tabela 1.

Tabela 1 - AMOSTRA DOS TEMPOS DE PARADAS NÃO PROGRAMADAS DO TEAR MECÂNICO

Dia	Tempo da parada não programada (min)	Motivo da parada
1	11	Ruído anormal por falta de lubrificação
	4	Ruptura dos fios na gaiola de fios
	3	Quebra de agulha
	7	Quebra de agulha
	3	Quebra de agulha
	2	Ruído anormal por falta de lubrificação
	8	Quebra de agulha
	7	Desprendimento do conjunto de agulhas da base
	14	Quebra de agulha
	7	Falha na leitura do artigo
2	11	Ruído anormal por falta de lubrificação
	5	Entortamento de agulha
	8	Quebra de agulha
	7	Quebra de agulha
	270	Ruptura dos fios na gaiola de fios
3	15	Falha na leitura do artigo
	20	Ruptura dos fios na gaiola de fios
	29	Ruído anormal por falta de lubrificação
	7	Falha na leitura do artigo
	10	Mau funcionamento da corrente dentada que alimenta o fio de urdume
4	10	Ruído anormal por falta de lubrificação
	5	Ruído anormal por falta de lubrificação
	5	Entortamento de agulha
	33	Rachadura na sanfonada
	20	Ruptura dos fios na gaiola de fios
	13	Quebra de agulha
	10	Desprendimento do conjunto de agulhas da base
	7	Falha na leitura do artigo
30	Mau funcionamento da corrente dentada que alimenta o fio de urdume	
5	27	Ruído anormal por falta de lubrificação
	15	Falha na leitura do artigo
	20	Quebra de agulha
	20	Rachadura na sanfonada
	20	Quebra de agulha
	10	Ruído anormal por falta de lubrificação
15	Desprendimento do conjunto de agulhas da base	
<b>MÉDIA DIÁRIA</b>	<b>141,6 (min/dia)</b>	<b>2,36 (h/dia)</b>

FONTE: Os Autores (2020).

Com a coleta de dados, obteve-se que, em média, o tear mecânico possuiu paradas não programadas equivalentes a 2,36 horas por dia, ou seja, 2 horas e 22 minutos por dia. O principal motivo pelo qual o tear mecânico parou foi devido rupturas nos fios quando ainda estão na gaiola de fios, quando são puxadas para a produção nos teares (44% do tempo de paradas na semana, em média). Este percentual elevado foi muito afetado por uma longa parada de 270 minutos (ou 4 horas e 30 minutos) que ocorreu no segundo dia de coleta de dados, como pode-se observar na Tabela 1, e quando questionado a respeito da frequência destas longas paradas de equipamento devido a este problema, o operador afirmou que estas ocorrem pelo menos uma vez por mês, ou seja, frequentemente. Em seguida estavam as paradas devido aos ruídos anormais por carência de lubrificação (15%) e depois a quebra de agulha (15%).

- e) Tempo operacional é o tempo em que a máquina está realmente produzindo, que pode ser obtido através da Equação (2), apresentada anteriormente no capítulo da Revisão Bibliográfica. Portanto, o tempo operacional para o tear mecânico foi igual a 24 horas menos 2 horas e 22 minutos, ou seja, 21 horas e 38 minutos.
- f) Volume Realizado é a quantidade total de metros produzidos em um dia. Foi obtida uma amostra em 5 dias onde mediu-se o total de metros produzidos, e depois obtido uma média da produção diária, que foi equivalente a 310,5 metros de renda.
- g) Volume Teórico é a quantidade de metros de renda que deveria ser produzida no período de um dia, ou seja, é o volume esperado para se produzir considerando que não há paradas não programadas durante o tempo planejado. Para obter este valor, foi feita uma regra de três simples, considerando que o Volume Realizado é diretamente proporcional ao Tempo Operacional, assim como o Volume Teórico é diretamente proporcional ao Tempo Programado. O esquema de cálculo está presente na Figura 3 que resultou em um volume teórico de 344,36 metros de renda por dia.

Figura 3 - CÁLCULO DO VOLUME TEÓRICO NO TEAR MECÂNICO

310,5 m	—	21,64 h		
Vol. Teórico	—	24 h		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Vol. Teórico</b></td> <td style="width: 50%; text-align: right;"><b>344,36 m</b></td> </tr> </table>			<b>Vol. Teórico</b>	<b>344,36 m</b>
<b>Vol. Teórico</b>	<b>344,36 m</b>			

FONTE: Os Autores (2020).

- h) Velocidade Nominal é a quantidade de metros de renda que a máquina é capaz de produzir em uma hora, ou seja, é o Volume Teórico dividido pelo Tempo Programado. Portanto, a Velocidade Nominal foi de 344,36 metros dividido por 24 horas, que foi igual a 14,35 metros de tecido por hora.
- i) Desperdício, foi considerado todos os metros de renda que possuíssem necessidade de algum retrabalho ou que fossem descartáveis, por não atingirem os critérios necessários de qualidade. Muitas vezes alguma agulha quebrava durante a produção e isso causava buracos na renda. Muitos destes buracos eram passíveis de concerto, porém isso gerava desperdício de tempo por retrabalho.
- Durante cinco dias úteis de produção, realizando uma média diária, a quantidade de metros desperdiçados por dia foi de 15,6 no equipamento mecânico, que não atingiram os critérios exigidos de qualidade, sendo estes defeitos recuperáveis ou não.
- j) Unidades Boas são aquelas produzidas dentro das especificações de qualidade exigidas para o produto, desconsiderando os desperdícios, conforme a Equação (7) apresentada anteriormente no capítulo da Revisão Bibliográfica.
- Portanto, a variável Unidades Boas foi igual a 310,5 metros menos 15,6 metros, que resultou em 294,9 metros bons de renda por dia.

### **3.1.2 Coleta de dados do tear eletrônico**

Apresentamos de maneira detalhada a coleta de dados completa do tear eletrônico, sendo os dados que serão utilizados para o cálculo do OEE.

- a) Tempo Total para o tear eletrônico foi de 24 horas, pois a fábrica opera nos 3 turnos diários, de 8 horas cada um.
- b) Tempo excluído para o tear eletrônico foi considerado nulo no cálculo, pois não havia manutenção preventiva planejada nas máquinas e estas não param para refeições e nem para treinamentos.
- c) Tempo programado é todo o tempo em que a máquina tem programado para produzir, incluindo os tempos de setup, de testes e de paradas não programadas. O tempo de setup foi de 15 minutos

a cada 3 horas no equipamento mecânico, que resultou em 2 horas no período de um dia. No setup considerou-se as atividades de tirar o rolo anterior do equipamento, preparar fios para o novo rolo, ligar o equipamento e preparar as configurações de produção. De acordo com a Equação (3) apresentada anteriormente no capítulo da Revisão Bibliográfica.

Portanto, Tempo Programado foi igual a 24 horas menos 0 horas, ou seja, 24 horas.

- d) Tempo de Paradas Não Programadas foram causados principalmente por entortamentos nas agulhas normalmente seguidas por quebras nas mesmas, por desprendimento do conjunto de agulhas na base, por falta de lubrificação identificada por um ruído anormal, por ruptura dos fios na quando estão ainda na gaiola de fios, por vazamento de lubrificante, por problemas de quebra ou oxidação na corrente dentada que alimenta o fio de urdume (conjunto de fios dispostos horizontalmente para depois formar a renda) ou por necessidade de troca de eixos ou esferas do rolamento.

Este tempo foi coletado em um período de cinco dias úteis para obter-se a média diária de paradas não programadas. A amostra dos dados, assim como o cálculo da média diária, está presente na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - AMOSTRA DOS TEMPOS DE PARADAS NÃO PROGRAMADAS DO TEAR ELETRÔNICO

Dia	Tempo da parada não programada (min)	Motivo da parada
1	5	Ruído anormal por falta de lubrificação
1	7	Ruído anormal por falta de lubrificação
1	4	Ruptura dos fios na gaiola de fios
2	18	Quebra de agulha
2	10	Rachadura na sanfonada
2	2	Ruptura dos fios na gaiola de fios
2	15	Quebra de agulha
2	5	Ruptura dos fios na gaiola de fios
2	10	Quebra de agulha
3	20	Quebra de agulha
3	20	Quebra de agulha
3	15	Desprendimento do conjunto de agulhas da base
3	30	Quebra de agulha
3	10	Ruptura dos fios na gaiola de fios
3	20	Quebra de agulha
4	15	Ruptura dos fios na gaiola de fios
4	20	Ruptura dos fios na gaiola de fios
4	5	Desprendimento do conjunto de agulhas da base
4	40	Quebra de agulha
4	5	Quebra de agulha
4	18	Ruído anormal por falta de lubrificação
4	15	Quebra de agulha
4	10	Desprendimento do conjunto de agulhas da base
4	4	Entortamento de agulha
4	5	Ruptura dos fios na gaiola de fios
4	15	Quebra de agulha
5	10	Ruptura dos fios na gaiola de fios
5	10	Ruptura dos fios na gaiola de fios
5	10	Quebra de agulha
5	15	Mau funcionamento da corrente dentada que alimenta o fio de urdume
5	15	Ruído anormal por falta de lubrificação
<b>MÉDIA DIÁRIA</b>	<b>80,6 (min/dia)</b>	<b>1,34 (h/dia)</b>

FONTE: Os Autores (2020).

Com a coleta de dados, obteve-se que, em média, o tear eletrônico possuiu paradas não programadas equivalentes a 1,34 hora por dia, ou seja, 1 hora e 20 minutos por dia. O principal motivo pelo qual o tear eletrônico parou foi devido à quebra de agulha (54% do tempo diário, em média), mostrando ser um problema ainda mais grave que no tear mecânico. Em seguida esteve a ruptura dos fios na gaiola de fios (20%), o ruído anormal por falta de lubrificação (11%) e o desprendimento do conjunto de agulhas da base (7%).

- e) Tempo Operacional é o tempo em que a máquina está realmente produzindo, que pode ser obtido através da Equação (2), apresentada anteriormente no capítulo da Revisão Bibliográfica. Portanto, o tempo operacional foi igual a 24 horas menos 1 hora e 20 minutos, ou seja, 22 horas e 40 minutos.
- f) Volume Realizado é a quantidade total de metros produzidos em um dia. Foi obtida uma amostra em 5 dias onde mediu-se o total de metros produzidos, e depois obtido uma média da produção diária, que resultou em 848 metros de renda por dia.

- g) Volume Teórico do tear eletrônico foi calculado conforme o esquema da Figura 5 abaixo, que resultou em 898,15 metros de tecido por dia.

Figura 4 - CÁLCULO DO VOLUME TEÓRICO NO TEAR ELETRÔNICO

$$\begin{array}{rcl} 848 \text{ m} & \text{---} & 22,66 \\ \text{Vol. Teórico} & \text{---} & 24 \text{ h} \end{array}$$

<b>Vol. Teórico</b>	<b>898,15 m</b>
---------------------	-----------------

FONTE: Os Autores (2020).

- h) Velocidade Nominal é a quantidade de metros de renda que a máquina é capaz de produzir em uma hora, ou seja, é o Volume Teórico dividido pelo Tempo Programado. Portanto, a Velocidade Nominal foi de 898,15 metros dividido por 24 horas, que foi igual a 37,42 metros de tecido por hora.
- i) Desperdício foi definido durante cinco dias úteis de produção, realizando uma média diária, a quantidade de metros desperdiçados por dia foi de 29,9 no equipamento eletrônico, que não atingiram os critérios exigidos de qualidade, sendo estes defeitos recuperáveis ou não.
- j) Unidades Boas, conforme a Equação (7) apresentada anteriormente no capítulo da Revisão Bibliográfica.  
Portanto, a variável Unidades Boas para o tear eletrônico foi igual a 848 metros menos 29,9 metros, que resultou em 818,1 metros bons de renda por dia.

Após coletados os dados de produção de cada um dos equipamentos deste estudo, estes foram inseridos na planilha criada com o propósito de calcular o indicador OEE, que trouxe o percentual de eficiência dos teares mecânico e eletrônico. As fórmulas presentes na planilha estão de acordo com as equações presentes no capítulo da Metodologia da pesquisa. As planilhas preenchidas com os dados coletados e com os cálculos encontram-se nos itens a seguir.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Serão apresentados nas subseções 4.1 e 4.2 os cálculos realizados para o indicador OEE para os valores do tear mecânico e eletrônico.

## 4.1 CÁLCULO DO INDICADOR OEE NO TEAR MECÂNICO

O resultado do cálculo do indicador OEE no tear mecânico, bem como a sua planilha de dados, encontra-se no Quadro 1.

Quadro 1 - RESULTADO DO INDICADOR OEE NO TEAR MECÂNICO

<b>DADOS PARA CÁLCULO DO OEE</b>				
Item	Fórmula	Variável	Valor	Unidade
<b>A</b>	<b>A = B / C</b>	<b>DISPONIBILIDADE</b>	<b>0,90</b>	<b>%</b>
B	B = C - D	Tempo Operacional	21,64	h/dia
C	C = E - F	Tempo Programado	24	h/dia
D		Tempo Paradas Não Prog.	2,36	h/dia
E		Tempo Total	24	h/dia
F		Tempo Excluído	0	h/dia
<b>G</b>	<b>G = H / I</b>	<b>DESEMPENHO</b>	<b>0,90</b>	<b>%</b>
H		Volume Realizado	310,50	Metro tecido/dia
I		Volume Teórico	344,36	Metro tecido/dia
J	J = I / C	Velocidade Nominal	14,35	Metro tecido/h
K	K = B	Tempo Operacional	21,64	h/dia
<b>L</b>	<b>L = M / N</b>	<b>QUALIDADE</b>	<b>0,95</b>	<b>%</b>
M	M = N - O	Unidades Boas	294,9	Metro tecido/dia
N	N = H	Volume Realizado	310,50	Metro tecido/dia
O		Desperdício	15,60	Metro tecido/dia

<b>DISPONIBILIDADE</b>	<b>90,2%</b>
	<b>x</b>
<b>DESEMPENHO</b>	<b>90,2%</b>
	<b>x</b>
<b>QUALIDADE</b>	<b>95,0%</b>
	<b>=</b>
<b>OEE</b>	<b>77,2%</b>

FONTE: Os Autores (2020).

De acordo com o Quadro 1, o resultado da eficiência global do equipamento mecânico resultou em 77,2%, sendo 90,2% referente ao fator de disponibilidade, 90,2% ao fator de desempenho e 95% ao fator de qualidade.

## 4.2 CÁLCULO DO INDICADOR OEE NO TEAR ELETRÔNICO

O resultado do cálculo do indicador OEE no tear eletrônico, bem como a sua planilha de dados, encontra-se no Quadro 2.

Quadro 2 - RESULTADO DO INDICADOR OEE NO TEAR ELETRÔNICO

DADOS PARA CÁLCULO DO OEE				
Item	Fórmula	Variável	Valor	Unidade
A	$A = B / C$	DISPONIBILIDADE	0,94	%
B	$B = C - D$	Tempo Operacional	22,66	h/dia
C	$C = E - F$	Tempo Programado	24	h/dia
D		Tempo Paradas Não Prog.	1,34	h/dia
E		Tempo Total	24	h/dia
F		Tempo Excluído	0	h/dia
G	$G = H / I$	DESEMPENHO	0,94	%
H		Volume Realizado	848	Metro tecido/dia
I		Volume Teórico	898,15	Metro tecido/dia
J	$J = I / C$	Velocidade Nominal	37,42	Metro tecido/h
K	$K = B$	Tempo Operacional	22,66	h/dia
L	$L = M / N$	QUALIDADE	0,96	%
M	$M = N - O$	Unidades Boas	818,10	Metro tecido/dia
N	$N = H$	Volume Realizado	848	Metro tecido/dia
O		Desperdício	29,90	Metro tecido/dia

DISPONIBILIDADE	94,4%
	x
DESEMPENHO	94,4%
	x
QUALIDADE	96,5%
	=
<b>OEE</b>	<b>86,0%</b>

FONTE: Os Autores (2020).

De acordo com o Quadro 2 mostrado acima, o resultado da eficiência global do equipamento eletrônico resultou em 86%, sendo 94,4% referente ao fator de disponibilidade, 94,4% ao fator de desempenho e 96,5% ao fator de qualidade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados de eficiência global obtidos para os dois teares, a bibliografia indica faixas de valores resultantes do cálculo do indicador OEE que determinam o grau da eficiência global do equipamento. Hansen (2006) determina que resultados menores que 65% são inaceitáveis, indicando necessidade de revisão total do processo produtivo. Como apresentamos entre 65% e 85% são valores que consideram a eficiência global da máquina boa, mas ao mesmo tempo indicam que é necessário melhorias. No caso da empresa têxtil, essas melhorias devem atingir valores maiores que 90% de acordo como nível de Classe Mundial

A análise do equipamento mecânico, apontou que os valores do indicador OEE encontraram-se dentro da faixa de resultados bons, mas que precisa de melhorias revisão de processo de fabricação envolvendo a máquina. Já a verificação do equipamento eletrônico, apresentou um resultado satisfatório quanto a sua eficiência, porém ainda apresentou falhas de processo e de qualidade do produto que precisavam ser revistos.

Como apontado mesmo os dois equipamentos tendo apresentados resultados bons, os mesmos estão abaixo no nível de Classe Mundial para uma empresa têxtil, que seria 90%. Sendo assim frente a estes requisitos referentes aos valores esperados para a eficiência global dos equipamentos, os tópicos seguintes mostram os problemas e ineficiências identificados no processo produtivo quanto à manutenção das máquinas.

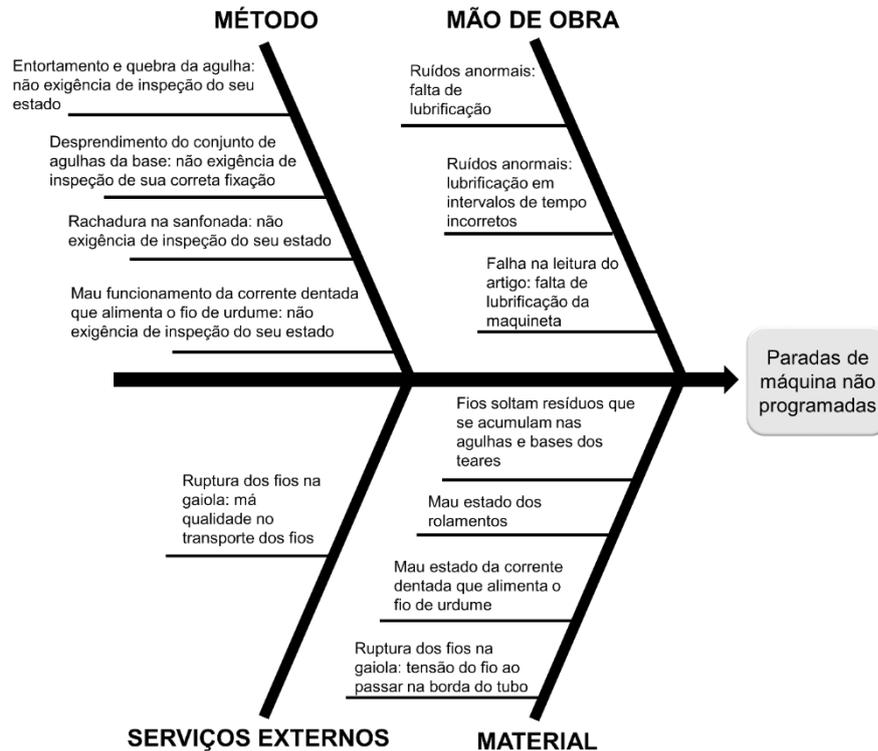
A análise das falhas e problemas com a manutenção se limitou ao que diz respeito à parte mecânica e externa dos equipamentos mecânico e eletrônico, pelo fato de que a manutenção do sistema elétrico dos teares é realizada por uma empresa terceirizada especializada, que já realizava as atividades de manutenção de maneira regular.

O Quadro 1, desta pesquisa, mostrou que o resultado da eficiência global do equipamento mecânico foi de 77,2%.

Deve-se levar em consideração o fato de que este equipamento foi produzido na década de 1970, portanto possui aproximadamente cinquenta anos de utilização. Apesar de já ter atingido a sua vida útil, este continuou sendo utilizado por se tratar de uma máquina que produz uma renda de qualidade e da preferência dos clientes, de acordo com os proprietários da empresa, e também por ainda ter uma capacidade de produção relevante ao requerido pela empresa.

Junto ao operador de produção, foi feita a análise dos motivos de paradas inesperadas das máquinas, sejam estas espontâneas ou pela necessidade de intervenção por parte do operador de fabricação, e das suas respectivas causas raiz. Esta análise está explicitada no Diagrama de Ishikawa (Figura 5), que exprime as causas e efeitos identificados para os problemas no equipamento mecânico.

Figura 5 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA DO TEAR MECÂNICO



FONTE: Os Autores (2020).

Pode ser observado doze causas de paradas de máquina não programadas no diagrama de Ishikawa do tear mecânico, sendo oito causas provenientes do método e do material utilizado.

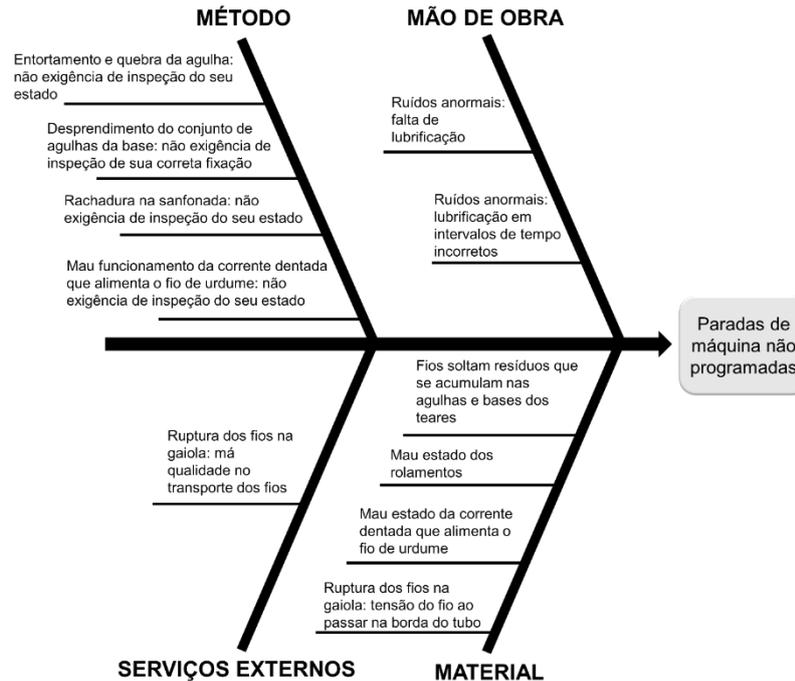
Já o Quadro 2, desta pesquisa, mostra que o resultado da eficiência global do equipamento eletrônico foi de 86%.

O equipamento eletrônico foi adquirido recentemente pela empresa e é um equipamento moderno, operando dentro da sua vida útil. Isso é parte da explicação pela qual o OEE demonstrou maior eficiência em comparação ao equipamento mecânico. Apesar disso, apresentou problemas muito similares aos levantados no equipamento antigo, tendo assim a sua capacidade de produção afetada.

Junto ao operador de produção, foi feita a análise dos motivos de paradas inesperadas das máquinas, sendo estas espontâneas ou pela necessidade de intervenção por parte do operador de fabricação, e das suas respectivas causas raiz.

A Figura 6 apresenta o Diagrama de Ishikawa que exprime as causas e efeitos identificados junto ao operador de produção para os problemas no equipamento eletrônico.

Figura 6 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA DO TEAR ELETRÔNICO



FONTE: Os Autores (2020).

Já o diagrama de Ishikawa do tear eletrônico apresentou menos causas de paradas de máquina não programadas, sendo onze causas, contudo da mesma maneira oito delas são provenientes dos métodos e dos materiais utilizados do mesmo modo que o tear mecânico.

A partir desses resultados, verifica-se que para estudos futuros e para a obtenção dos valores da eficiência global pode ser realizado um plano de manutenção baseado nas dificuldades e problemas apresentados e após nova medição e cálculo dos valores de OEE e uma análise do grau de maturidade do sistema de gestão, unindo aos métodos da manutenção 4.0 para que se analise as melhorias e inovações que podem ser aplicadas, como apresenta do estudo de Gressler, Seleme, Silva e Marques (2020).

**REFERÊNCIAS**

- CHIARADIA, A. J. P. **Utilização do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: Um estudo de caso na indústria automobilística.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.
- GIL, A. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GRESSLER, F.; SELEME, R.; SILVA, W. A.; MARQUES, M. A. M.; **Diagnóstico do grau de maturidade do sistema de gestão orientado para a manutenção 4.0,** 2020. Brazilian Journal of Development. Vol. 6 No 3.
- HANSEN, R. C. **Eficiência Global dos Equipamentos: Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros.** Porto Alegre: Bookman, 2006.
- IEMI. Instituto de Estudos e Marketing Industrial Ltda. **Brasil têxtil: relatório setorial da indústria têxtil brasileira 2013.** São Paulo, IEMI, v.13, nr. 13, ago. 2013.
- MARTINS, P.G; LAUGENI, F.P. **Administração da Produção.** 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Saraiva, 2005.
- NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM: Total Productive Maintenance.** Cambridge: Productivity Press, 1988.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.
- RINALDI, R.; MAÇADA, A. C. M. **Proposta de indicadores de produtividade: o caso do terminal de contêineres.** In: Anais do V Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. São Paulo: SIMPOI, 2002.
- SANTOS, A. C. O.; SANTOS, M. J. **Utilização do Indicador de Eficácia Global de Equipamentos (OEE) na Gestão de Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura.** 2007. 10 f. UNIFEI.
- SILVA, José Pedro A. R. **A forma de medir a eficácia dos equipamentos.** 2009. Disponível em:< <http://pt.scribd.com/doc/15122575/OEE-A-FORMA-DE-MEDIR-A-EFICACIA-DOS-EQUIPAMENTOS> >. Acesso em 15/04/2018.
- SUZUKI, T. **TPM in Process Industries.** 1ª. ed. New York: Productivity Press, 1994.