

Estudo das variáveis que contribuem para a melhoria da eficiência operacional industrial

Study of the variables that contribute to improve the industrial operating efficiency

Jonas de Souza

FACCAMP

prof@jonasdesouza.com.br

Resumo

O OEE ou Eficiência Global dos Equipamentos é um indicador constituído pelos componentes Disponibilidade, Eficiência e Qualidade e dá uma informação geral sobre o funcionamento de equipamentos industriais. O objetivo desta pesquisa é investigar quais variáveis contribuem significativamente para a melhoria da eficiência operacional industrial dentre turno, dia da semana e mês. Foram coletados 79387 registros de produção nos anos de 2013 e 2014 em 25 linhas de produção de indústrias brasileiras. Foi utilizado o qui-quadrado para testar hipóteses de homogeneidade de proporções. Nenhuma das hipóteses levantadas foi confirmada.

Palavras-Chave: OEE, Produtividade Industrial

Abstract

The OEE or Overall Equipment Efficiency is an indicator consisting of components availability, efficiency and quality and gives general information on the operation of industrial equipment. The objective of this research is to investigate which variables contribute significantly to improving industrial operational efficiency among shift, day of week and month. They collected 79,387 production records for the years 2013 and 2014 in 25 production lines of Brazilian industries. The chi-square test for proportions homogeneity hypothesis was used. None of the hypotheses was confirmed.

Keywords: OEE, Industrial Productivity

1.INTRODUÇÃO

Segundo Nakajima (1989), a medida OEE ou Eficiência Global dos Equipamentos é um indicador constituído pelos índices Disponibilidade, Performance e Qualidade. O índice OEE é cada vez mais utilizado por empresas de todos os portes para que se tenha uma rápida e consistente comparação entre os diferentes momentos e situações da linha de produção, buscando obter a máxima eficiência de produção.

Nakajima (1989) afirma que o OEE é uma medição que procura revelar os custos escondidos na empresa. E como salienta Ljungberg (1998), antes do advento desse indicador,

somente a disponibilidade era considerada na utilização dos equipamentos, o que resultava no superdimensionamento de capacidade.

A melhoria da OEE reflete diretamente na redução do custo do produto. Uma máquina que produz 100 unidades por minuto, com custo de matéria prima de R\$ 0,20 e custo do minuto da máquina de R\$ 5,00 obtêm produtos a um custo de R\$ 0,43 quando trabalha a uma OEE de 40%. Já com uma OEE de 85% este custo do produto se reduz a R\$ 0,28, gerando uma economia mensal de R\$ 491 mil somente em uma linha de produção.

A medição da OEE permite a visualização de onde está sendo perdido o tempo e recursos no processo produtivo, comparando a produção real com a produção teórica. A grande vantagem é a visualização das ocorrências em cada minuto e possibilidade de verificar com detalhes onde os tempos e recursos foram perdidos.

O objetivo deste estudo é relacionar quais variáveis afetam na melhoria da OEE, buscando assim um melhor entendimento global das situações que colaboram para a melhoria da eficiência industrial.

Serão testadas as seguintes hipóteses:

- H_{a1} : A OEE difere significativamente por turno
- H_{b1} : A OEE difere significativamente por dia da semana.
- H_{c1} : A OEE difere significativamente por mês.

O artigo está estruturado em cinco capítulos. Este primeiro apresenta a introdução do estudo. No segundo capítulo faz-se uma incursão teórica sobre Eficiência Global de Equipamento. No terceiro capítulo é apresentado o método utilizado e na sequência, no quarto e quinto capítulos, respectivamente faz-se a análise dos dados e a discussão do trabalho.

2. EFICIÊNCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTO

Segundo Nakajima (1989), manutenção produtiva total, ou em inglês *Total Productive Maintenance (TPM)* é baseada em três conceitos inter-relacionados:

1. Maximização da eficácia dos equipamentos
2. Manutenção autônoma por parte dos operadores e
3. Pequenas atividades em grupo.

Segundo (DAL, 1999), dentro deste contexto a OEE pode ser considerado por combinar manutenção e gestão dos equipamentos de fabricação de recursos.

De acordo com (Lima, 2014) o TPM baseia-se na eliminação de todo o tipo de desperdício que ocorre durante os processos produtivos. É necessário ter um plano de manutenção que englobe a monitoração e a melhoria da estrutura da organização, por parte de quem dela faz parte e acrescenta valor ao produto final (Lima, 2014).

Uma pesquisa recente (Ericsson, 1997) relata que dados precisos da performance dos equipamentos é essencial para a efetividade das atividades do TPM a longo prazo. Se a extensão

das falhas e as razões para as perdas de produção de equipamentos não são totalmente compreendidas, então qualquer ação TPM não pode ser implantado de forma ideal para resolver os principais problemas. As perdas de produção, juntamente com outros custos indiretos e ocultos, constituem a maior parte dos custos totais de produção (Ericsson, 1997). Nakajima (1988), portanto, sugere que OEE é: "A medida que tenta revelar esses custos ocultos".

Segundo (Lima, 2014), desta forma, consegue-se eliminar as perdas e melhorar a relação do operador com o equipamento, dando-lhe formação, enquanto tudo isto é conseguido sem diminuir a qualidade do produto nem aumentando os tempos de entrega dos mesmos.

Em primeiro lugar, o OEE deveria ser utilizado como *benchmark* para medir a performance inicial de uma unidade de produção, como um todo. Deste modo, a medida OEE inicial pode ser comparada com valores futuros de OEE, para assim quantificar o nível de melhoria obtida. Em segundo lugar, um valor OEE calculado em uma linha de produção pode ser comparado com valores de outras linhas, a fim de se destacar desempenhos pobres. Em terceiro lugar, em processos individuais, a medição do OEE identifica qual desempenho da máquina é pior a fim de concentrar os recursos TPM (Nakajima, 1898)

Segundo (Proença, E.T, 2011) O OEE é um indicador que mostra a diferença entre o ideal e o real, considerando três aspectos ou, segundo alguns autores, três componentes:

a) Perdas de tempo (paradas) – que se refere à disponibilidade. É a comparação entre o tempo de operação potencial e o tempo de operação real.

b) Perdas de velocidade (máquina operando abaixo do ideal) – que se refere à performance. Comparação entre a produção real e a produção que deveria ter sido feita no mesmo tempo.

c) Perdas de qualidade (máquina produzindo peças com defeito) – que se refere à qualidade. Comparação entre o número total de produtos feitos e o número que realmente esteja dentro das especificações.

O OEE, portanto, é o produto dos três componentes ou índices. $OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade$.

O OEE é função de três indicadores que foram adotados para quantificar as perdas que influenciam na produtividade dos equipamentos: Disponibilidade, Velocidade e Qualidade (HUANG, 2002). O produto destes três itens resulta no índice de OEE e determina a eficácia do processo, ou seja, se o processo está produzindo produtos em conformidade com os requisitos no tempo em que o equipamento está programado para operar (HANSEN, 2006).

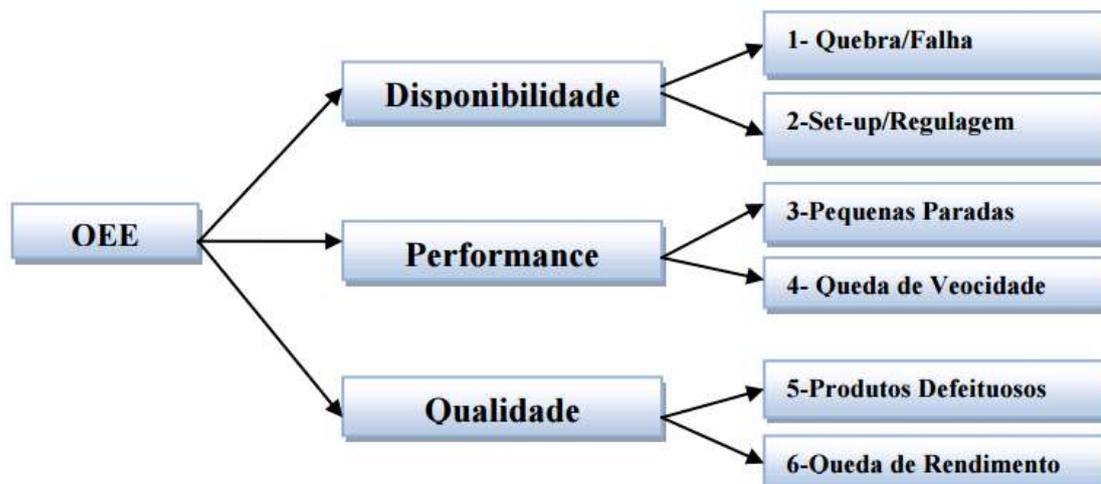


Figura 1: Estratificação dos fatores do OEE

Fonte: CHIARADIA (2004)

3.MÉTODO

Tipo de Estudo: Segundo Pedhazur e Schmelkin (1991), os métodos podem ser vistos como conjuntos de técnicas e processos utilizados para se chegar a um fim. Trata-se, portanto de uma abordagem quali-quantitativa (Creswell 1994: 211)

Amostra: Foram coletados 79.387 registros de produção industrial em 25 linhas de produção entre os anos de 2013 e 2014. Foi escolhido o teste qui-quadrado para testar as hipóteses de homogeneidade de proporções. A coleta e organização dos dados foi realizada com o software de gerenciamento de banco de dados SQL Server®. Os cálculos de homogeneidade das proporções foram realizados no software estatístico BioStat 5.0.

Procedimento: Passo 1: Inicialmente foi realizada a coleta dos dados das linhas de produção a partir de controladores lógicos programáveis. O dispositivo é ligado a três sensores da linha de produção: sensor de captação de entrada de produtos (produtos processados) sensor de captação de saída de produtos (produtos produzidos) e sensor de parada de máquina.

As quantidades processadas e produzidas são enviadas ao banco de dados a cada dez minutos e as paradas são enviadas sempre que ocorrem. O relacionamento dos dados capturados às ordens de produção foi realizado pelos operadores ou líderes através de software específico disponibilizado para este fim.

Neste software, os operadores ou líderes informavam o período de produção de cada produto e o software relacionava a cadência máxima daquele produto e máquina que já tinham sido previamente cadastrados.

A figura 2 ilustra o processo de captura dos dados.

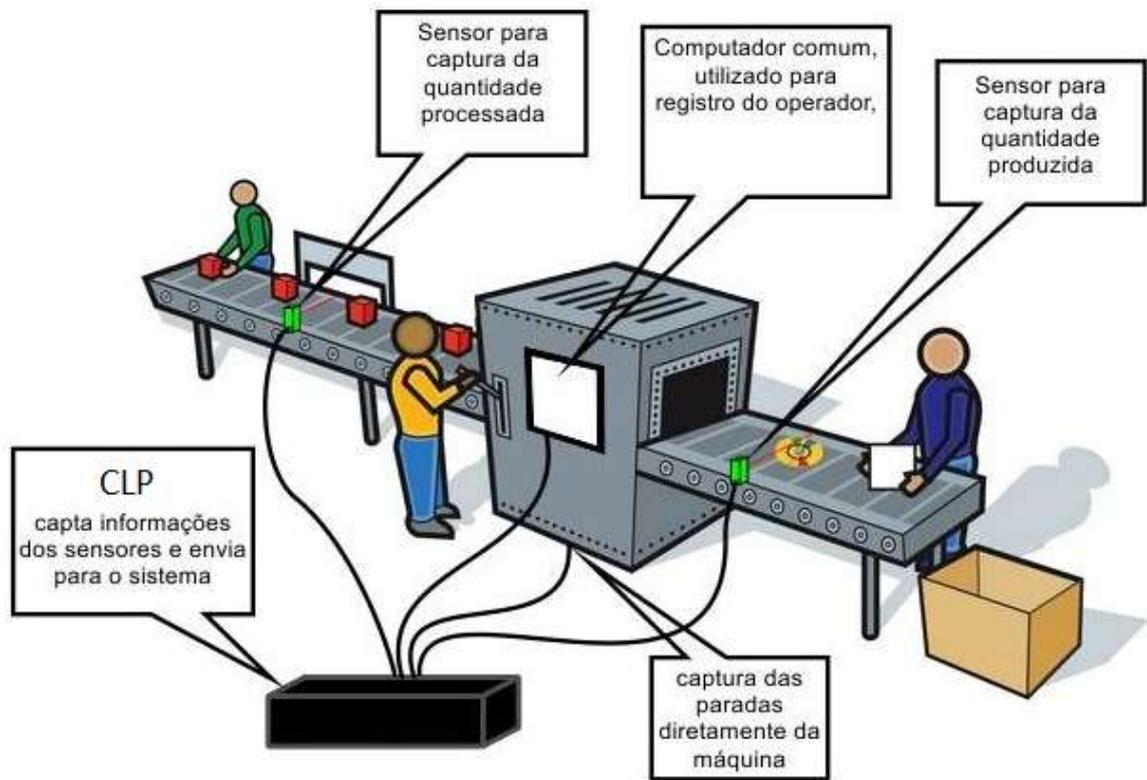


Figura 2: Processo de captura dos dados das linhas de produção

Fonte: o Autor

Passo 2: Após a conclusão do período de coleta dos dados, procedeu-se o agrupamento dos dados que permitirão a geração do cálculo da OEE geral, de todas as linhas de produção em todo o período. A figura 3 mostra o agrupamento de todos os dados levantados.

Passo 3: Os dados agrupados calculados no passo anterior foram então utilizados para o cálculo das variáveis que compõem a OEE.

Os cálculos da OEE são realizados da seguinte forma:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Tempo de Operação}}$$

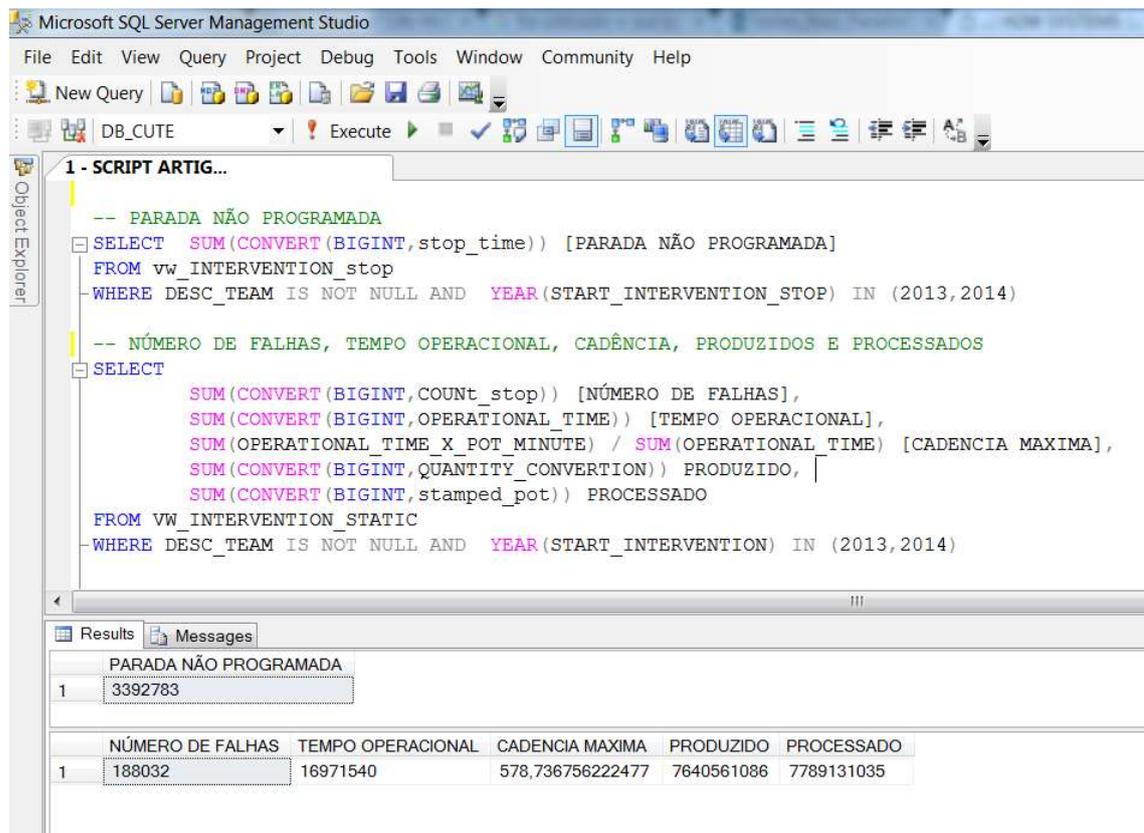


Figura 3: Agrupamento dos dados realizados no SQL Server®

Fonte: o Autor

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Tempo de Ciclo Teórico}}{\text{Tempo de Ciclo Real}}$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{produção total conforme}}{\text{produção total conforme} + \text{produção não conforme}}$$

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

Segundo Hansen (2006), o indicador OEE mede o tempo de valor agregado no processo, ou seja, o tempo em que o processo está produzindo produtos com qualidade, na velocidade especificada, durante o tempo programado.

A tabela 1 mostra o cálculo da OEE para todos os dados obtidos.

| TEMPOS E PARADAS | | |
|--|---------------------|---------------|
| Indicador | Unidade | Total |
| Tempo de operação da planta | minutos | 25.200.000 |
| Parada programada | minutos | 0 |
| Máquina não-utilizada | minutos | 4.600.105 |
| tempo planejado de produção | minutos | 20.599.895 |
| paradas não programadas | minutos | 3.400.277 |
| Número de falhas | quantidade | 188.573 |
| tempo operacional (UPTIME) | minutos | 17.011.045 |
| DADOS BÁSICOS | | |
| cadência máxima | unidades por minuto | 578,37 |
| PRODUTOS PROCESSADOS E PRODUZIDOS | | |
| Total processado | unidades | 7.789.131.035 |
| tempo de produção líquida | minutos | 13.467.384 |
| Total produzido (peças boas) | unidades | 7.652.954.811 |
| tempo totalmente produtivo | minutos | 13.231.936 |
| Quantidade rejeitada por defeitos | unidades | 136.176.224 |
| Cadência Real | unidades por minuto | 450 |
| OEE | | |
| DISPONIBILIDADE | % | 82,58% |
| PERFORMANCE | % | 79,17% |
| QUALIDADE | % | 98,25% |
| OEE | % | 64,23% |

Tabela 1 – Resultados obtidos agrupados

Fonte: dados da pesquisa.

Passo 4: Uma vez feito o cálculo da OEE utilizando todos os dados capturados, procede-se uma nova estratificação dos dados atendendo os parâmetros de cada hipótese levantada. A figura 4 mostra o agrupamento dos dados por turno.

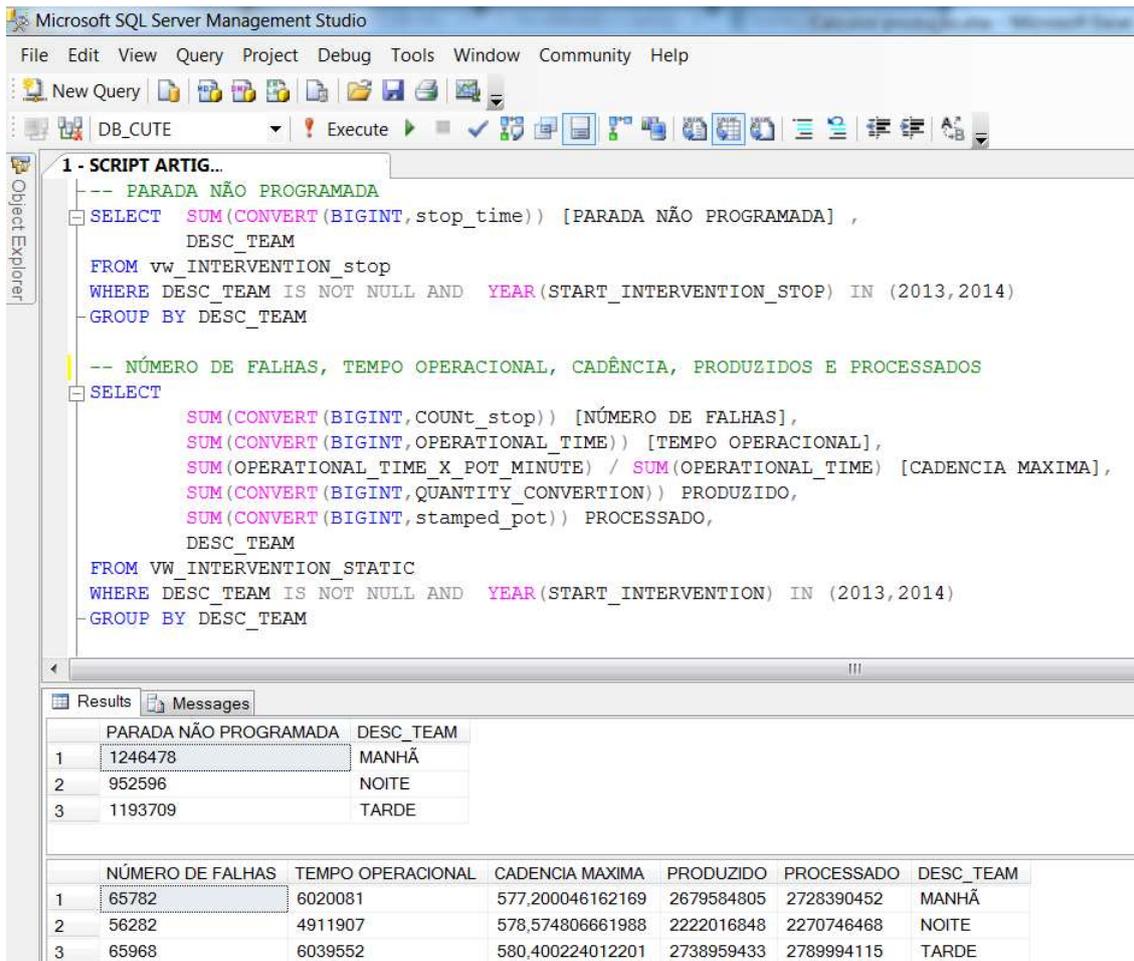


Figura 4: Agrupamento dos dados por turno realizados no SQL Server®

Fonte: o Autor

Passo 4: Os dados agrupados calculados no passo anterior foram então utilizados para o cálculo das variáveis que compõem a OEE para cada uma das situações existentes dentro da hipótese testada, conforme tabela abaixo:

| TEMPOS E PARADAS | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Manhã | Tarde | Noite |
| Tempo de operação da planta | minutos | 8,400,000 | 8,400,000 | 8,400,000 |
| Parada programada | minutos | 0 | 0 | 0 |
| Máquina não-utilizada | minutos | 1,067,659 | 1,110,457 | 2,469,529 |
| tempo planejado de produção | minutos | 7,332,341 | 7,289,543 | 5,930,471 |
| paradas não programadas | minutos | 1,246,478 | 1,193,709 | 952,596 |
| Número de falhas | quantidade | 65,782 | 56,282 | 65,968 |
| tempo operacional (UPTIME) | minutos | 6,020,081 | 6,039,552 | 4,911,907 |
| DADOS BÁSICOS | | | | |
| cadência máxima | unidades por minuto | 577,20 | 580,40 | 578,57 |
| PRODUTOS PROCESSADOS E PRODUZIDOS | | | | |
| Total processado | unidades | 2,728,390,452 | 2,789,994,115 | 2,270,746,468 |
| tempo de produção líquida | minutos | 4,726,941 | 4,807,018 | 3,924,724 |
| Total produzido (peças boas) | unidades | 2,679,584,805 | 2,738,959,433 | 2,222,016,848 |
| tempo totalmente produtivo | minutos | 4,642,385 | 4,719,087 | 3,840,501 |
| Quantidade rejeitada por defeitos | unidades | 48,805,647 | 51,034,682 | 48,729,620 |
| Cadência Real | unidades por minuto | 445 | 454 | 452 |
| OEE | | | | |
| DISPONIBILIDADE | % | 82,10% | 82,85% | 82,82% |
| PERFORMANCE | % | 78,52% | 79,59% | 79,90% |
| QUALIDADE | % | 98,21% | 98,17% | 97,85% |
| OEE | % | 63,31% | 64,74% | 64,76% |

Tabela 2 – Resultados obtidos agrupados por turno

Fonte: dados da pesquisa.

Passo 5: Realizado o cálculo da OEE com os dados obtidos e agrupados de acordo com os parâmetros estabelecidos na hipótese, realizou-se o teste de aderência qui-quadrado para uma amostra e proporções esperadas iguais utilizando-se o software estatístico BioStat 5.0

| | Resultados |
|---------------------|------------|
| Soma das Categorias | 192.810 |
| Qui-Quadrado | 0.022 |
| Graus de Liberdade | 2 |
| (p)= | 0.9893 |

Tabela 3 – Resultado da análise por Turno

Os passos 4, 5 e 6 foram repetidos para cada uma das hipóteses previstas.

Variáveis: As principais variáveis originadas dos cálculos são os valores p-value dos testes qui-quadrado que exprimem o nível de aderência das hipóteses testadas

Tratamento dos dados: Os dados foram agrupados quantitativamente utilizando o software de gerenciamento de banco de dados SQL Server, os cálculos de OEE foram realizados

utilizando-se o software de planilhas eletrônicas Microsoft Excel e o teste de aderência foi realizado através do software BioStat 5.0 utilizando-se o teste de aderência qui-quadrado.

4. ANÁLISE DOS DADOS

Foram obtidos 79.387 registros de produção de 25 linhas de produção de indústrias brasileiras durante os anos de 2013 e 2014. Nestes registros soma-se um total de 7,65 bilhões de produtos produzidos, 188 mil paradas de produção com um tempo total de 3,4 milhões de minutos (downtime), 17,01 milhões de minutos de produção (tempo operacional ou uptime).

A tabela abaixo mostra os dados gerais capturados e o cálculo da OEE geral:

| TEMPOS E PARADAS | | |
|--|---------------------|---------------|
| Indicador | Unidade | Total |
| Tempo de operação da planta | minutos | 25,200,000 |
| Parada programada | minutos | 0 |
| Máquina não-utilizada | minutos | 4,600,105 |
| tempo planejado de produção | minutos | 20,599,895 |
| paradas não programadas | minutos | 3,400,277 |
| Número de falhas | quantidade | 188,573 |
| tempo operacional (UPTIME) | minutos | 17,011,045 |
| DADOS BÁSICOS | | |
| cadência máxima | unidades por minuto | 578,37 |
| PRODUTOS PROCESSADOS E PRODUZIDOS | | |
| Total processado | unidades | 7,789,131,035 |
| tempo de produção líquida | minutos | 13,467,384 |
| Total produzido (peças boas) | unidades | 7,652,954,811 |
| tempo totalmente produtivo | minutos | 13,231,936 |
| Quantidade rejeitada por defeitos | unidades | 136,176,224 |
| Cadência Real | unidades por minuto | 450 |
| OEE | | |
| DISPONIBILIDADE | % | 82,58% |
| PERFORMANCE | % | 79,17% |
| QUALIDADE | % | 98,25% |
| OEE | % | 64,23% |

Tabela 1 – Resultados obtidos agrupados

Fonte: dados da pesquisa.

A partir destes dados, serão testadas as seguintes hipóteses:

- H_{a1} : A OEE difere significativamente por turno
- H_{b1} : A OEE difere significativamente por dia da semana.
- H_{c1} : A OEE difere significativamente por mês.

Na tabela 2 pode-se ver os cálculos agrupados por turno considerando que os turnos foram três de 8 horas cada: manhã, tarde e noite.

| TEMPOS E PARADAS | | | | |
|--|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Manhã | Tarde | Noite |
| Tempo de operação da planta | minutos | 8,400,000 | 8,400,000 | 8,400,000 |
| Parada programada | minutos | 0 | 0 | 0 |
| Máquina não-utilizada | minutos | 1,067,659 | 1,110,457 | 2,469,529 |
| tempo planejado de produção | minutos | 7,332,341 | 7,289,543 | 5,930,471 |
| paradas não programadas | minutos | 1,246,478 | 1,193,709 | 952,596 |
| Número de falhas | quantidade | 65,782 | 56,282 | 65,968 |
| tempo operacional (UPTIME) | minutos | 6,020,081 | 6,039,552 | 4,911,907 |
| DADOS BÁSICOS | | | | |
| cadência máxima | unidades por minuto | 577,20 | 580,40 | 578,57 |
| PRODUTOS PROCESSADOS E PRODUZIDOS | | | | |
| Total processado | unidades | 2,728,390,452 | 2,789,994,115 | 2,270,746,468 |
| tempo de produção líquida | minutos | 4,726,941 | 4,807,018 | 3,924,724 |
| Total produzido (peças boas) | unidades | 2,679,584,805 | 2,738,959,433 | 2,222,016,848 |
| tempo totalmente produtivo | minutos | 4,642,385 | 4,719,087 | 3,840,501 |
| Quantidade rejeitada por defeitos | unidades | 48,805,647 | 51,034,682 | 48,729,620 |
| Cadência Real | unidades por minuto | 445 | 454 | 452 |
| OEE | | | | |
| DISPONIBILIDADE | % | 82,10% | 82,85% | 82,82% |
| PERFORMANCE | % | 78,52% | 79,59% | 79,90% |
| QUALIDADE | % | 98,21% | 98,17% | 97,85% |
| OEE | % | 63,31% | 64,74% | 64,76% |

Tabela 2 – Resultados obtidos agrupados por turno

Fonte: dados da pesquisa.

O cálculo da OEE realizada por turno resultou em valores de 63,31% para o turno da manhã, 64,74% para o turno da tarde e 64,76% para o turno da noite. Utilizando o teste de aderência qui-quadrado para uma amostra e proporções esperadas iguais, obtêm-se os valores exibidos na Tabela 3.

| | Resultados |
|---------------------|------------|
| Soma das Categorias | 192.810 |
| Qui-Quadrado | 0.022 |
| Graus de Liberdade | 2 |
| (p) | 0.9893 |

Tabela 3 – Resultado da análise por Turno

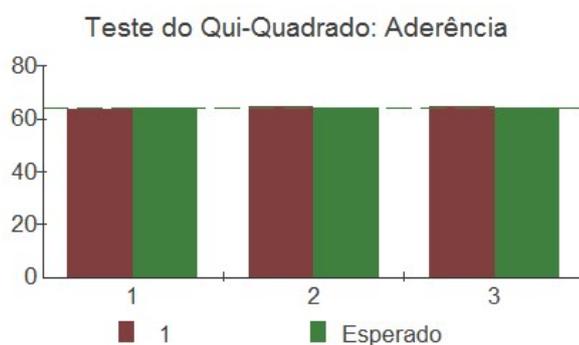


Gráfico 1 – Resultado da análise por Turno

Como resultado, ao nível $\alpha = 5\%$, podemos admitir que a OEE se distribui de forma homogênea durante os três turnos.

Prosseguindo com o teste das hipóteses, a tabela abaixo exhibe os dados agrupados por dia da semana:

| TEMPOS E PARADAS | | domingo | segunda | terça | quarta | quinta | sexta | sábado |
|-----------------------------------|---------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| Tempo de operação da planta | minutos | 3,600,000 | 3,600,000 | 3,600,000 | 3,600,000 | 3,600,000 | 3,600,000 | 3,600,000 |
| Parada programada | minutos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Máquina não-utilizada | minutos | 1,408,282 | 488,891 | 255,027 | 490,707 | 509,458 | 466,581 | 1,028,699 |
| tempo planejado de produção | minutos | 2,191,718 | 3,111,109 | 3,344,973 | 3,109,293 | 3,090,542 | 3,133,419 | 2,571,301 |
| paradas não programadas | minutos | 355,955 | 512,637 | 564,140 | 515,902 | 508,363 | 506,750 | 429,036 |
| Número de falhas | quantidade | 18,957 | 28,605 | 31,648 | 28,722 | 28,563 | 29,348 | 22,189 |
| tempo operacional (UPTIME) | minutos | 1,816,806 | 2,569,867 | 2,749,185 | 2,564,669 | 2,553,616 | 2,597,321 | 2,120,076 |
| DADOS BÁSICOS | | | | | | | | |
| cadência máxima | unidades por minuto | 592,42 | 576,8 | 575,73 | 574,32 | 573,02 | 577,39 | 587,09 |
| PRODUTOS PROCESSADOS E PRODUZIDOS | | | | | | | | |
| Total processado | unidades | 857,991,418 | 1,171,329,345 | 1,243,310,637 | 1,165,715,082 | 1,162,150,246 | 1,198,872,766 | 989,761,541 |
| tempo de produção líquida | minutos | 1,448,282 | 2,030,737 | 2,159,538 | 2,029,731 | 2,028,115 | 2,076,366 | 1,685,877 |
| Total produzido (peças boas) | unidades | 841,399,741 | 1,149,149,780 | 1,219,875,235 | 1,142,990,316 | 1,139,218,223 | 1,176,204,430 | 971,723,361 |
| tempo totalmente produtivo | minutos | 1,420,276 | 1,992,285 | 2,118,832 | 1,990,163 | 1,988,095 | 2,037,106 | 1,655,152 |
| Quantidade rejeitada por defeitos | unidades | 16,591,677 | 22,179,565 | 23,435,402 | 22,724,766 | 22,932,023 | 22,668,336 | 18,038,180 |
| Cadência Real | unidades por minuto | 463 | 447 | 444 | 446 | 446 | 453 | 458 |
| OEE | | | | | | | | |
| DISPONIBILIDADE | % | 82,89% | 82,60% | 82,19% | 82,48% | 82,63% | 82,89% | 82,45% |
| PERFORMANCE | % | 79,72% | 79,02% | 78,55% | 79,14% | 79,42% | 79,94% | 79,52% |
| QUALIDADE | % | 98,07% | 98,11% | 98,12% | 98,05% | 98,03% | 98,11% | 98,18% |
| OEE | % | 64,80% | 64,04% | 63,34% | 64,01% | 64,33% | 65,01% | 64,37% |

Tabela 4 – Resultados obtidos por dia da semana

Fonte: dados da pesquisa.

Utilizando o teste de aderência qui-quadrado para uma amostra e proporções esperadas iguais, obtêm-se os valores abaixo:

| | Resultados |
|---------------------|------------|
| Soma das Categorias | 449.900 |
| Qui-Quadrado | 0.028 |
| Graus de Liberdade | 6 |
| (p)= | 1.0000 |

Tabela 5 – Resultado da análise por dia da semana

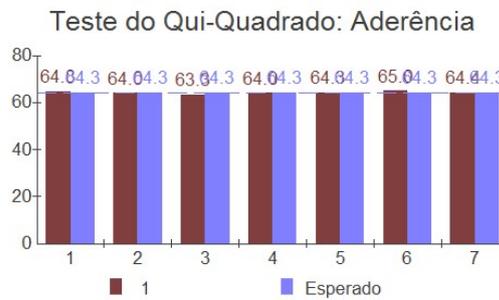


Gráfico 2 – Resultado da análise por dia da semana

Como resultado, ao nível $\alpha = 5\%$, podemos admitir que a OEE se distribui de forma homogênea durante os dias da semana.

Prosseguindo com o teste das hipóteses, a Tabela 6 exibe os dados agrupados por mês.

Utilizando o teste de aderência qui-quadrado para uma amostra e proporções esperadas iguais, obtêm-se os valores abaixo:

| | Resultados |
|---------------------|------------|
| Soma das Categorias | 772.170 |
| Qui-Quadrado | 1.028 |
| Graus de Liberdade | 11 |
| (p)= | 0.9999 |

Tabela 7 – Resultado da análise por mês

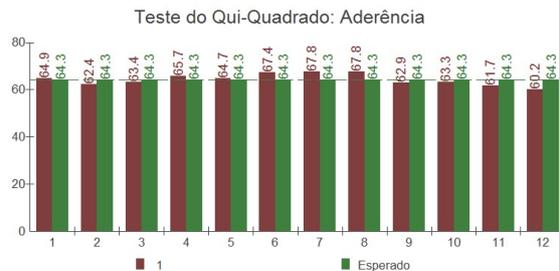


Gráfico 3 – Resultado da análise por mês

| TEMPOS E PARADAS | | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|--|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Tempo de operação da planta | minutos | 2,100,000 | 2,100,000 | 2,100,000 | 2,100,000 | 2,100,000 | 2,100,000 | 2,100,000 | 2,100,000 | 2,100,000 | 2,100,000 | 2,100,000 | 2,100,000 |
| Parada programada | minutos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Máquina não-utilizada | minutos | 182,887 | 350,113 | 288,981 | 583,133 | 335,049 | 667,467 | 493,207 | 450,852 | 284,442 | 298,188 | 254,940 | 458,186 |
| tempo planejado de produção | minutos | 1,917,113 | 1,749,687 | 1,811,019 | 1,516,867 | 1,764,951 | 1,432,533 | 1,606,793 | 1,649,148 | 1,815,558 | 1,801,812 | 1,845,060 | 1,641,814 |
| paradas não programadas | minutos | 316,507 | 303,910 | 306,089 | 242,853 | 288,560 | 217,062 | 238,524 | 247,947 | 310,685 | 298,633 | 321,049 | 300,564 |
| Número de falhas | quantidade | 19,116 | 17,006 | 18,050 | 14,844 | 16,795 | 12,861 | 14,534 | 14,126 | 15,904 | 15,724 | 15,364 | 13,708 |
| tempo operacional (OPLTIME) | minutos | 1,581,490 | 1,428,771 | 1,486,880 | 1,259,170 | 1,459,196 | 1,202,610 | 1,353,235 | 1,387,075 | 1,488,969 | 1,487,855 | 1,508,647 | 1,327,542 |
| DADOS BÁSICOS | | | | | | | | | | | | | |
| cadência máxima | unidades por minuto | 563,51 | 573,88 | 568,33 | 569,41 | 580,01 | 580,48 | 576,28 | 574,45 | 576,00 | 595,65 | 594,50 | 592,72 |
| PRODUTOS PROCESSADOS E PRODUZIDOS | | | | | | | | | | | | | |
| Total processado | unidades | 715,006,589 | 640,082,168 | 664,869,765 | 577,055,212 | 675,159,115 | 570,289,052 | 639,408,301 | 653,729,185 | 669,935,408 | 695,165,517 | 690,440,056 | 597,990,667 |
| tempo de produção líquida | minutos | 1,268,855 | 1,115,174 | 1,169,864 | 1,013,434 | 1,164,050 | 982,448 | 1,109,543 | 1,138,012 | 1,163,076 | 1,167,067 | 1,161,377 | 1,008,892 |
| Total produzido (peças boas) | unidades | 700,930,946 | 627,103,198 | 652,777,517 | 567,052,464 | 662,783,950 | 560,162,453 | 627,617,277 | 641,865,392 | 657,332,274 | 679,678,582 | 677,449,805 | 586,010,228 |
| tempo totalmente produtivo | minutos | 1,243,877 | 1,092,556 | 1,148,588 | 995,867 | 1,142,714 | 965,003 | 1,089,082 | 1,117,360 | 1,141,196 | 1,141,067 | 1,139,189 | 988,679 |
| Quantidade rejeitada por defeitos | unidades | 14,075,643 | 12,981,970 | 12,092,248 | 10,002,748 | 12,375,165 | 10,126,599 | 11,791,024 | 11,863,793 | 12,603,134 | 15,486,935 | 13,190,251 | 11,980,439 |
| Cadência Real | unidades por minuto | 443 | 439 | 439 | 450 | 454 | 466 | 464 | 463 | 441 | 457 | 449 | 441 |
| OEE | | | | | | | | | | | | | |
| DISPONIBILIDADE | % | 82,49% | 81,66% | 82,10% | 83,01% | 82,68% | 83,95% | 84,25% | 84,11% | 82,01% | 82,55% | 81,77% | 80,86% |
| PERFORMANCE | % | 80,23% | 78,05% | 78,68% | 80,48% | 79,77% | 81,69% | 81,96% | 82,04% | 78,11% | 78,46% | 76,98% | 76,00% |
| QUALIDADE | % | 98,03% | 97,97% | 98,18% | 98,27% | 98,17% | 98,22% | 98,16% | 98,19% | 98,12% | 97,77% | 98,09% | 98,00% |
| OEE | % | 64,88% | 62,46% | 63,42% | 65,65% | 64,74% | 67,86% | 67,78% | 67,75% | 62,86% | 63,33% | 61,74% | 60,22% |

Tabela 6 – Resultados obtidos por mês

Fonte: dados da pesquisa.

Como resultado, ao nível $\alpha = 5\%$, podemos admitir que a OEE se distribui de forma homogênea durante os meses.

| TEMPOS E PARADAS | | |
|--|---------------------|--------------|
| Indicador | Unidade | Total |
| Tempo de operação da planta | minutos | 100,000 |
| Parada programada | minutos | 0 |
| Máquina não-utilizada | minutos | 16,472 |
| tempo planejado de produção | minutos | 83,528 |
| paradas não programadas | minutos | 11,420 |
| Número de falhas | quantidade | 718 |
| tempo operacional (UPTIME) | minutos | 71,390 |
| DADOS BÁSICOS | | |
| cadência máxima | unidades por minuto | 573,25 |
| PRODUTOS PROCESSADOS E PRODUZIDOS | | |
| Total processado | unidades | 34,827,500 |
| tempo de produção líquida | minutos | 60,754 |
| Total produzido (peças boas) | unidades | 33,997,162 |
| tempo totalmente produtivo | minutos | 59,306 |
| Quantidade rejeitada por defeitos | unidades | 830,338 |
| Cadência Real | unidades por minuto | 476 |
| OEE | | |
| DISPONIBILIDADE | % | 85,47% |
| PERFORMANCE | % | 85,10% |
| QUALIDADE | % | 97,62% |
| OEE | % | 71,00% |

Tabela 8 – Resultados obtidos na melhor situação

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando os dados, nota-se diferenças consideráveis em quantidades produzidas. Buscando conhecer em qual situação, dentro das variáveis apresentadas, obteve-se um maior valor da OEE, realizou-se um novo cálculo com os registros que demonstraram um melhor desempenho: turno da tarde, às terças-feira e durante o mês de janeiro. Os registros capturados nesta situação podem ser vistos na tabela 8.

| | Resultados |
|---------------------|------------|
| Soma das Categorias | 135.230 |
| Qui-Quadrado | 0.339 |
| Graus de Liberdade | 1 |
| (p)= | 0.5605 |
| Correção de Yates | 0.246 |
| (p)= | 0.6198 |

Tabela 9 – Resultado da análise da melhor situação

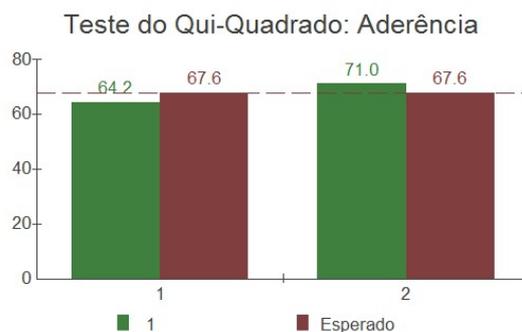


Gráfico 4 – Resultado da análise da melhor situação

Como resultado, ao nível $\alpha = 5\%$, podemos admitir que a OEE se distribui de forma homogênea considerando a média da OEE dos registros obtidos e a análise da melhor situação, considerando as variáveis que obtiveram melhores resultados.

Considera-se então uma constância na obtenção da eficiência de produção dentre os casos selecionados neste estudo.

5.CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo relacionar quais variáveis afetam na melhoria da OEE, utilizando dados coletados durante dois anos em 25 linhas de produção de indústrias brasileiras.

A análise dos dados demonstrou que nenhuma das hipóteses se confirmou, não sendo possível encontrar uma diferença significativa em nenhum dos testes.

Nos próximos trabalhos, buscará a realização da análise a partir de outras variáveis, com um período maior e para uma quantidade maior de linhas de produção, buscando ainda relacionar os resultados e gerar o cálculo de proporções a partir de variáveis que compõem a OEE.

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. 2004. Dissertação (Mestrado profissionalizante em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

Creswell, J.: *Research Design - Qualitative and Quantitative Approaches*. Sage, Thousand Oaks, California, 1994.

Dal, B.: *Audit and review of manufacturing performance measures at Airbags International Limited, 2004*. Dissertação (Mestrado em administração) - UMIST, Manchester, 2004.

Freitas, H.: O método de pesquisa survey. *Revista de Administração*, São Paulo, v. 35, n.3, jul/set. 2000.

Godoy, A. S.: Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de Administração de Empresas*, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p. 57-63, mar./abr. 1995.

Hansen, R. C.: *Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para aumento dos lucros*. Porto Alegre: Bookman, 2006

Huang, S. H. et al.: *Manufacturing System Modeling for Productivity Improvement*. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 21, n. 4, p. 11. 2002.

Krul, A.; Rhoden, A.; Poyer, C. N. *Caminhos de investigar: metodologia, técnica de pesquisa*. Londrina: CEFIL, 2001.

Lima, V.A.A.S.R.: *Plataforma para Gestão do OEE (Overall Equipment Effectiveness)*. 2014. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Universidade do Porto, Portugal, 2014.

Nakajima, S.: *Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

Pedhazur, E.J., Schmelkin, L.P.: *Measurement, Design, and Analysis: An Integrated Approach*. Taylor & Francis, New York. 1991.

Proença, E.T, *Método para monitoramento do OEE em tempo real e a cadeia de ajuda como apoio a estratégia da manufatura enxuta*. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.