

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).

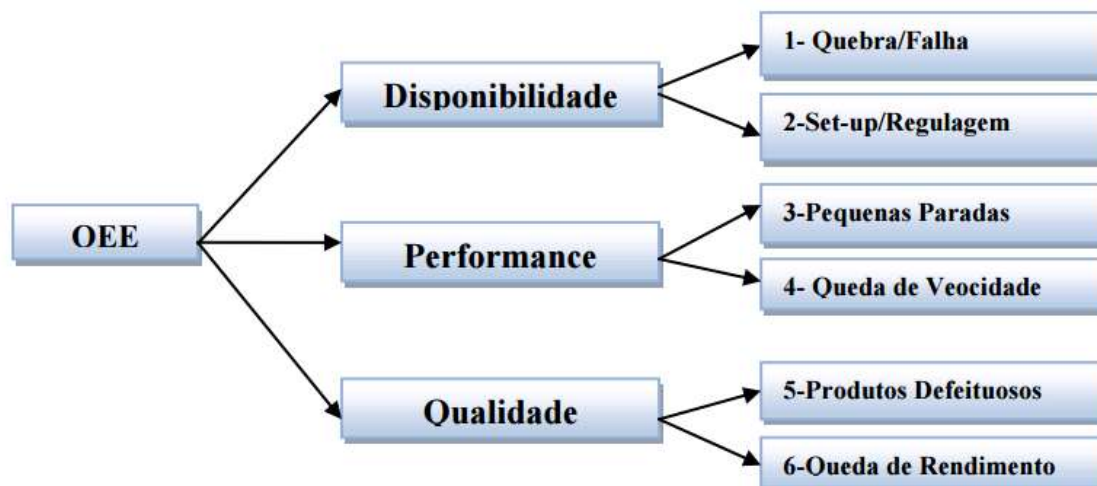


Figura 1: Estratificação dos fatores do OEE

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.

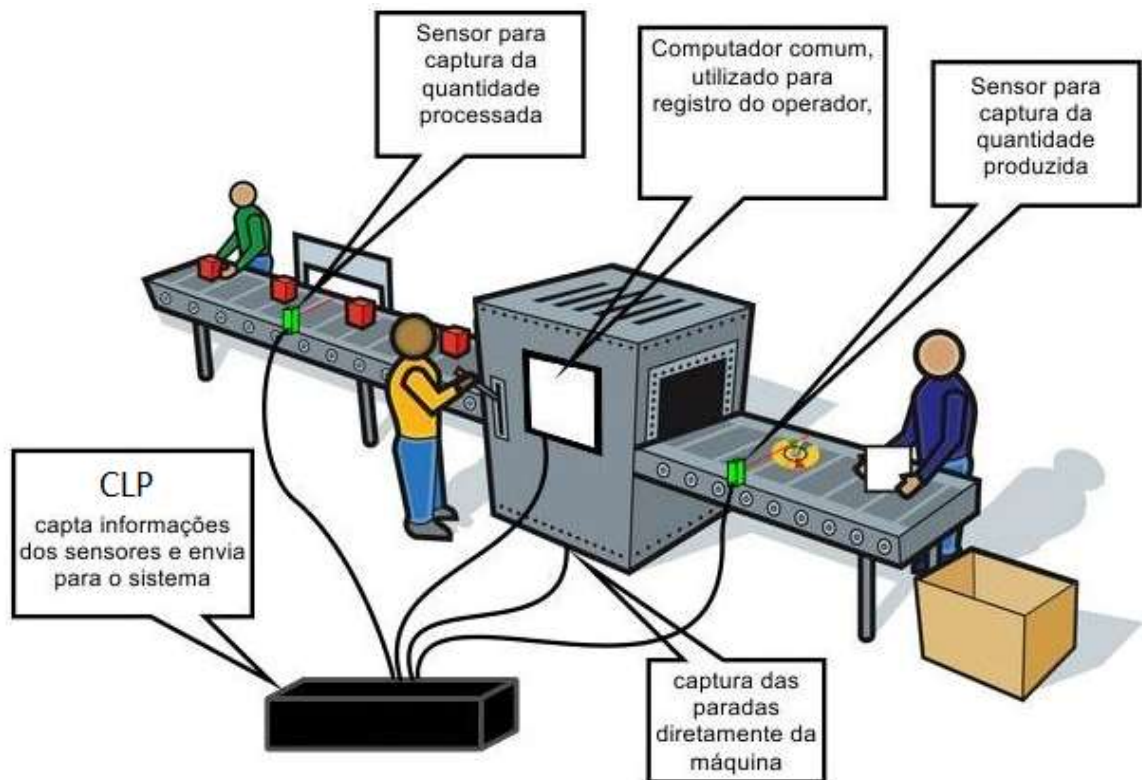


Figura 2: Processo de captura dos dados das linhas de produção

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:

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

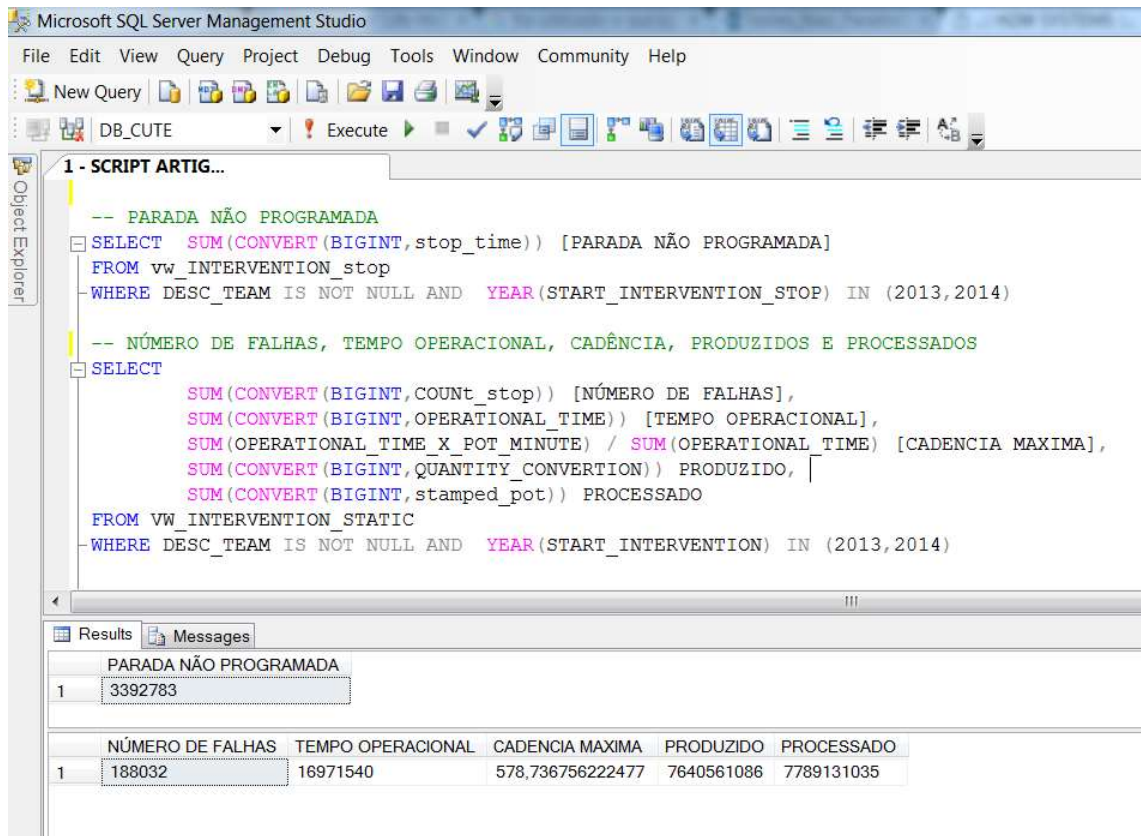


Figura 3: Agrupamento dos dados realizados no SQL Server®

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.

The screenshot shows the Microsoft SQL Server Management Studio interface. The main window displays a SQL script with two queries. The first query, titled '1 - SCRIPT ARTIG...', is for 'PARADA NÃO PROGRAMADA' and uses the 'vw_INTERVENTION_stop' view. The second query is for 'NÚMERO DE FALHAS, TEMPO OPERACIONAL, CADÊNCIA, PRODUZIDOS E PROCESSADOS' and uses the 'VW_INTERVENTION_STATIC' view. Both queries filter for the years 2013 and 2014 and group results by 'DESC_TEAM'. The 'Results' pane at the bottom shows two tables of data.

```

1 - SCRIPT ARTIG...
-- PARADA NÃO PROGRAMADA
SELECT SUM(CONVERT(BIGINT,stop_time)) [PARADA NÃO PROGRAMADA] ,
DESC_TEAM
FROM vw_INTERVENTION_stop
WHERE DESC_TEAM IS NOT NULL AND YEAR(START_INTERVENTION_STOP) IN (2013,2014)
GROUP BY DESC_TEAM

-- NÚMERO DE FALHAS, TEMPO OPERACIONAL, CADÊNCIA, PRODUZIDOS E PROCESSADOS
SELECT
SUM(CONVERT(BIGINT,COUNT_stop)) [NÚMERO DE FALHAS],
SUM(CONVERT(BIGINT,OPERATIONAL_TIME)) [TEMPO OPERACIONAL],
SUM(OPERATIONAL_TIME_X_POT_MINUTE) / SUM(OPERATIONAL_TIME) [CADENCIA MAXIMA],
SUM(CONVERT(BIGINT,QUANTITY_CONVERSION)) PRODUZIDO,
SUM(CONVERT(BIGINT,stamped_pot)) PROCESSADO,
DESC_TEAM
FROM VW_INTERVENTION_STATIC
WHERE DESC_TEAM IS NOT NULL AND YEAR(START_INTERVENTION) IN (2013,2014)
GROUP BY DESC_TEAM

```

	PARADA NÃO PROGRAMADA	DESC_TEAM
1	1246478	MANHÃ
2	952596	NOITE
3	1193709	TARDE

	NÚMERO DE FALHAS	TEMPO OPERACIONAL	CADENCIA MAXIMA	PRODUZIDO	PROCESSADO	DESC_TEAM
1	65782	6020081	577,200046162169	2679584805	2728390452	MANHÃ
2	56282	4911907	578,574806661988	2222016848	2270746468	NOITE
3	65968	6039552	580,400224012201	2738959433	2789994115	TARDE

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

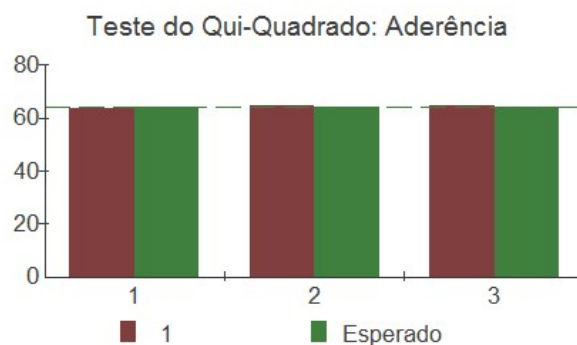


Gráfico 1 – Resultado da análise por Turno

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

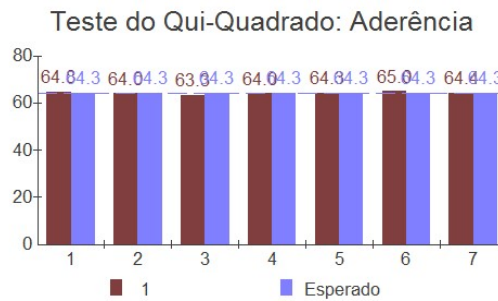


Gráfico 2 – Resultado da análise por dia da semana

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

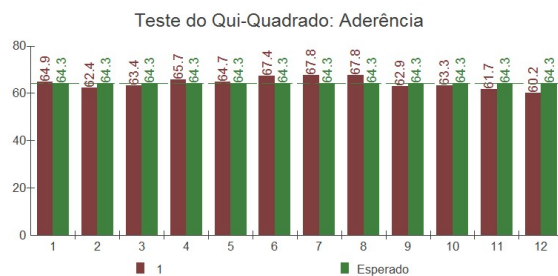


Gráfico 3 – Resultado da análise por mês

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%	81,01%	82,68%	81,95%	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

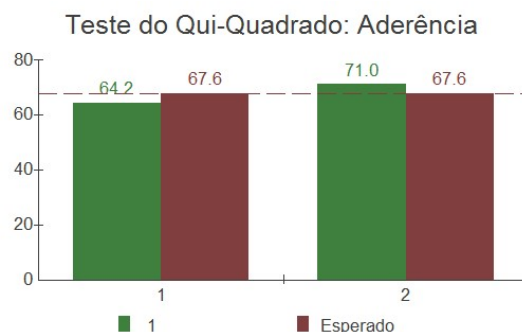


Gráfico 4 – Resultado da análise da melhor situação

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.