Otimização de Processo Através da Redução do Tempo de Medição dos Injetores Diesel em uma Linha de Testes Funcionais

REVISTA ELETRÔNICA MULTIDISCIPLINAR
FACEAR

Alexandre Cerri Machado[1];
Diego Oliveira da Silva[1];
Franciele Regina Dranka de Oliveira[1];
Alexandre Francisco de Andrade[1];
[1]Faculdade Educacional Araucária

RESUMO

Este estudo tem como objetivo o aumento da produtividade de uma linha de testes funcionais, reduzindo a formação de gargalo observada em uma estação de medição de injetores diesel, onde pode-se implementar a redução de tempos. Reduzindo os tempos das medições executadas no equipamento, é possível otimizar o processo sem que ocorram perdas na qualidade do produto medido nas estações que compõem o sistema. As ferramentas a serem utilizadas são relacionadas ao Controle Estatístico de Processo (gráficos de controle) e estudos de tempos (tempos padrão, de ciclo, etc.) integrado a um ciclo PDCA, que dita a sequência de desenvolvimento do estudo.
A partir dos experimentos executados no estudo, foi possível observar um ganho percentual de 3% sobre o tempo de medição utilizado anteriormente, contribuindo para a eficiência da linha. Essa redução de tempo, simulada nesse equipamento, pode ser considerada um fator que colabora para a evolução dos processos, podendo ser o início de um programa de melhoria continua na linha.

Palavras chave: Redução de tempos, Controle Estatístico de Processo, Medição, Injetores Diesel.

ABSTRACT

This study aims to increase the productivity of a line of functional tests by reducing a production bottleneck observed in a diesel injector measuring station, where a time reduction can be implemented. By reducing the time of measurements performed on the equipment, it is possible to optimize the process without any losses in the quality of the product measured in the stations that compose the system. The used tools are related to Statistical Process Control (control charts) and time studies (standard, cycle times, etc.) integrated to a PDCA cycle, which dictates the development sequence of the study.
From experiments performed on the study, it was possible to observe a gain percentage of 3% over the measurement time previously used, contributing to the efficiency of the line. This time reduction, simulated in this equipment, can be considered a factor which contributes to process evolution, and can be the beginning of a program of continuous improvement in the line.

Key words: Time reduction, Statistical Process Control, Measurement, Diesel Injectors.

1. INTRODUÇÃO

A economia brasileira no ano de 2017 ainda vive grandes instabilidades na sua recuperação, decorrente à forte crise econômica iniciada em 2015, onde o Produto Interno Bruto (PIB) teve sua maior queda em 25 anos de aproximadamente 3,8%. (IBGE, 2016).

Essa queda da economia afeta diretamente as indústrias. E uma forte tendência que vem sendo desenvolvida nos sistemas produtivos, é a redução de custos e o aumento da produtividade com pouco ou nenhum investimento, tornando assim o processo mais competitivo.

Partindo da necessidade constante de evolução dos processos nas organizações, demandada pela acirrada competitividade de mercado e também pelo aumento na perspectiva de crescimento do setor, iniciou-se este estudo, que tem como objetivo o desenvolvimento de técnicas para melhoria do processo de medição de injetores diesel, partindo da redução dos tempos de medição em uma linha de testes funcionais, da redução da formação de gargalos no processo e na obtenção de melhores índices de produtividade, colaborando para que a organização siga elevando sua capacidade produtiva.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTUDO DOS TEMPOS

Nos primórdios da administração científica, Taylor foi o precursor dos estudos de tempos em 1881, a partir do estudo científico para determinação do tempo necessário para realização de vários tipos de operações. (BARNES, 1977, p. 8).

Para decompor as tarefas em uma série de movimentos simples, Taylor eliminou os movimentos inúteis e simplificou os movimentos úteis para o processo proporcionando, principalmente, economia de tempo na execução das tarefas. Com este estudo foi possível determinar o tempo médio da operação e, com a inclusão dos tempos elementares e mortos, definiu-se o tempo padrão, com a utilização da ferramenta de cronoanálise. (CHIAVENATO, 2003, p. 57).

O ritmo normal de execução de uma operação é denominado tempo normal, e é ausente de tolerâncias. Porém, o tempo padrão deve conter todos os elementos da operação, incluindo todas as tolerâncias necessárias, além do tempo de ciclo do processo. (BARNES, 1977, p. 313).

O tempo de ciclo é aquele que transcorre do início ao fim de qualquer operação,

podendo ser iniciado em um pedido de compra e finalizado no fornecimento do produto. Tempos de ciclos maiores ocasionam esperas entre fases de um mesmo processo e, em determinados casos, é necessário realizar o estudo de um método mais adequado ao processo para minimizar este efeito. (MAXIMIANO, 2012, p. 132).

2.2 MELHORIA DE PROCESSO PRODUTIVO

Entende-se como processo o caminho percorrido por um material durante sua transformação, desde sua entrada até a saída. Uma operação, pode ser definida como o trabalho realizado por máquinas e pessoas, em um determinado período de tempo, com a finalidade de processamento do material. (MARTINS; LAUGENI, 2005, p. 96).

Melhorar as operações essenciais para um processo muitas vezes significa um grande avanço tecnológico para a produção, através da mudança e aprimoramento das técnicas de produção ou automatizando a operação. E melhorar as operações auxiliares consiste em simplificar ou automatizar as entradas e saídas de peças de máquinas. (SHINGO, 2008, p. 91).

Antes de idealizar melhorias nos processos, é necessário mensurar a capacidade de processo, priorizando assim os procedimentos que serão realizados nas operações de acordo com a característica de cada tarefa. (SLACK, et al., 2009, p. 444).

A máxima produção de um processo ou saída é definida como capacidade, ou seja, pode ser definida como o nível máximo de atividade de valor adicionado que pode ser alcançado, nas condições normais de operação e por um período determinado de tempo. (MARTINS; LAUGENI, 2005, p. 31).

Quanto menor o tempo de processamento melhor será o nível de produtividade do processo. (SELEME, 2012, p. 31).

A produtividade é determinada pela relação de produção de uma peça em um determinado período de tempo, ou seja, quanto maior a eficiência do processo maior será a produtividade e menores serão as esperas ou gargalos entre processos. (CHIAVENATO, 2003, p. 58).

Gargalos se apresentam de forma interna ou externa em uma empresa, se evidenciam, na maioria das vezes, em processos ou etapas do processo produtivo de menor capacidade ou de maior *throughput*[1], ou seja, quando o tempo total para a execução de um processo é maior do que o do processo anterior. (KRAJEWSKI; MALHORTA;

[1] *Throughput*, ou tempo de atravessamento, é o tempo total considerado desde o começo até o fim de um processo. (KRAJEWSKI; MALHORTA; RITZMAN, 2009, p. 214).

RITZMAN, 2009, p. 214).

Essa restrição da capacidade pode ser definida como gargalo, que são as limitações do processo produtivo, ou seja, são aqueles recursos que definem a capacidade de produção e demandam constante controle. (SELEME, 2012, p. 31).

2.3 CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade pode ser definido como a comparação de resultados obtidos com padrões ou valores pré-determinados, sendo a única forma de confrontar o planejado com o resultado obtido, para verificação da eficiência do processo através dos indicadores de qualidade. (PALADINI, 2008, p. 22).

Os indicadores derivam de dados do processo, como dados de inspeção. A inspeção de uma peça é um processo bem delineado, envolvendo as etapas de interpretação das especificações, avaliação e registro das informações. (PALADINI; CARVALHO, 2012, p. 50).

Os dados coletados na inspeção, seja manual ou automatizada, podem ser tratados e analisados com a utilização do controle estatístico do processo. (GROOVER, 2011, p. 518).

O controle estatístico de processo (CEP) se define em utilizar técnicas estatísticas que delimitam se o processo está ou não de acordo com os requisitos predeterminados interna e externamente. (KRAJEWSKI; MALHORTA; RITZMAN, 2009, p. 175).

Portanto, para este fim, utilizam-se as técnicas estatísticas para analisar um processo e agir preventiva e continuamente de acordo com o resultado das medições. O CEP permite que sejam estabelecidos padrões “a fim de controlar, reduzir e eliminar variações, antes que o produto apresente distorções que escapem dos limites de qualidade definidos como aceitáveis”. (PEINADO; GRAEML, 2007, p. 591)

2.5 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade propiciam uma melhor resolução dos problemas que estejam interferindo no desempenho de um processo, produto ou serviço, permitindo que a melhoria contínua seja um objetivo constante de uma organização. Melhorias essas que normalmente são geridas pela ferramenta PDCA. (PACHECO; SAMPAIO; RODRIGUES, 2011, p. 237).

Para alcançar a melhoria de forma contínua, pode-se utilizar um método

sistemático como o ciclo PDCA. Aliado a gráficos de dispersão ou histogramas, o ciclo PDCA consiste em uma poderosa ferramenta. (FUSCO; SACOMANO, 2007, p. 53).

O ciclo PDCA segue 4 etapas: iniciando-se pelo planejamento "*plan*", onde são coletados dados, identificados os problemas, analisadas as informações e traçado um plano de ações, que, na segunda etapa "*do*", são executadas. Depois de checadas, na terceira etapa "*check*", as ações são padronizadas e continuamente melhoradas, o que confere a quarta etapa "*act*". (PALADINI; CARVALHO, 2012, p. 356).

Dentro da primeira etapa do PDCA, pode-se aplicar o 5W2H. O objetivo da ferramenta de análise 5*W*2*H*, é direcionar e focar a resolução de uma discussão, centralizando as ideias, sendo útil na verificação da ocorrência de um problema e elaboração de um plano de ação. (COLETTI, et al., 2010, p. 136).

3. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado em uma empresa metalúrgica, atuante no setor de autopeças, localizada na Cidade Industrial de Curitiba. O objetivo da empresa é garantir seu futuro, assegurando sua forte e significativa representatividade no mercado.

Considerando a elaboração deste trabalho, a sequência de etapas de execução segue o ciclo do PDCA, ferramenta base onde foram aplicadas as demais, conforme descrito a seguir:

1ª etapa - *Plan* – Planejamento: nesta etapa ocorreu o levantamento dos históricos de tempos da máquina e indicadores de até quatro meses anteriores. Foram estabelecidas metas a partir da aplicação da ferramenta 5*W*2*H*.

2ª Etapa - *Do* – Execução: nesta etapa foram realizadas as simulações no equipamento com os tempos menores, também, foram calculados os novos valores médios e de indicadores.

3ª Etapa - *Check* – Verificação: foram comparados os resultados das simulações junto aos dados de histórico do equipamento e as metas estabelecidas para apuração da porcentagem de melhoria que a redução de tempo de intervalo entre as medições causou na eficiência, qualidade, produtividade.

4ª Etapa - *Act* – Ação: Nessa etapa, foram sugeridas novas formas de melhoria a serem aplicadas a linha que foi objeto de estudo.

5. FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO

A montagem dos injetores é realizada em uma linha que antecede a linha de testes funcionais, onde a precisão e confiabilidade são garantidas através de aferições, calibrações com frequência controlada. Após a montagem, os injetores são disponibilizados em uma esteira responsável por transportá-los até a linha de testes.

O primeiro teste realizado no injetor é a verificação de possíveis vazamentos existentes em alta pressão. Na segunda etapa do processo de testes funcionais, onde o estudo se aplica, os injetores ficam em espera na esteira, aguardando a disponibilidade de uma estação de medição de injeção para seu posicionamento, que será realizado de forma automática e independente.

Depois do posicionamento do injetor na estação de medição de injeção, o processo de medição inicia-se com o enxágue (40s), e na sequência é realizada a medição dos 4 pontos, P1 (7s), P2 (7s), P3 (10s) e P4 (10s), constituindo um tempo total de 74 segundos para o ciclo de medição de todos os pontos do injetor.

As medições realizadas no equipamento de medição de injeção são confiáveis, devido ao alto nível de controle de medição de cada equipamento de medição, utilizando-se injetores padrões com valor de injeção conhecido, onde o equipamento deve ser aferido diariamente, mantendo os níveis de injeção dentro dos valores estabelecidos, garantindo assim que todas as medições realizadas sejam confiáveis mantendo sempre o padrão de qualidade especificado pelo cliente.

Através dos dados colhidos pelo software durante o processo de medição dos injetores, é possível gerar diversos relatórios e gráficos estatísticos referentes ao processo de medição. Conforme mostra FIGURA 1:

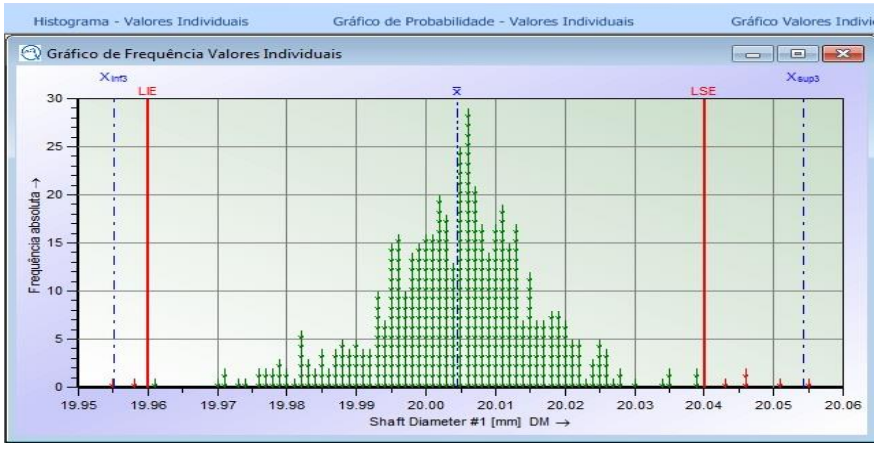


FIGURA 1: GRÁFICOS ESTATÍSTICOS
FONTE: Q-DAS, 2017.

É possível trabalhar os dados das medições para analisar um determinado intervalo de tempo (ano, mês, semana, dia, hora), referente a uma população de peças.

6.1. CAPACIDADE ATUAL DO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO

Após a explanação dos históricos, sequenciou-se o levantamento dos dados do processo, para isso, foi adaptada a equação apresentada por GROOVER (2011, p.42) utilizando-a para estabelecer o cálculo da capacidade produtiva da linha de produção, processo ou equipamento, como demonstrado na EQUAÇÃO 1:

$$Pc = n.S_w.H_{sh}.R_p \quad (1)$$

Sendo:

Pc = Capacidade de produção;

n = Número de estações de medição (12 estações);

S_w = Número de expedientes avaliado (1 turno);

H_{sh} = Carga horária avaliada (1 hora);

R_p = Taxa de produção (19,67 unidades/hora)

Foi determinada para a estação de medição automatizada uma capacidade produtiva de 236 peças/hora.

6.2. DADOS HISTÓRICOS

Seguindo a etapa de planejamento, utilizou-se como referência os últimos 4 meses de produção do injetor escolhido para os testes, entre maio a agosto de 2017, e os dados coletados correspondem à 11.970 injetores, distribuídos conforme demonstrado a seguir:

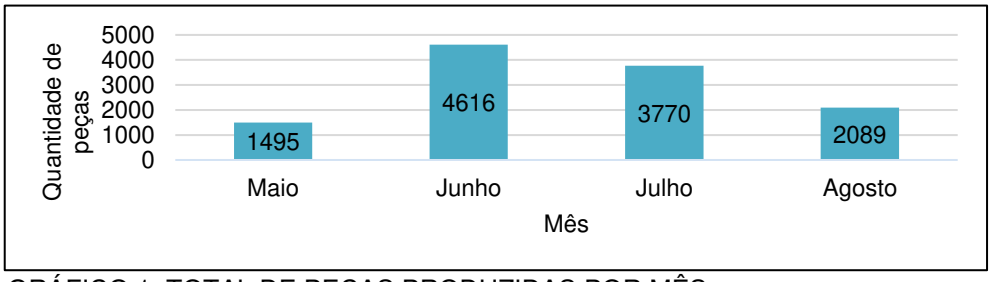


GRÁFICO 1: TOTAL DE PEÇAS PRODUZIDAS POR MÊS
FONTE: OS AUTORES, 2017.

A média do tempo de ciclo entre cada medição foi 183 segundos, com uma amplitude máxima de 4 segundos, devido a ocorrência de algumas paradas em determinados períodos da produção (planejadas ou não), influenciando diretamente na média dos ciclos.

Determinado o tempo de ciclo médio através dos dados coletados na estação de medição de injeção, onde é realizada a medição de 12 injetores simultaneamente a cada 183 segundos, foi comparado ao tempo de ciclo da estação anterior, que tem a função de verificar a existência de vazamentos nos injetores. Essa estação anterior apresenta um tempo de ciclo de 93 segundos, comprova-se então o desnivelamento de tempo de ciclo entre as estações de testes, gerando assim uma restrição no processo produtivo, comprovando o que disse SELEME (2012, p.32) sobre o tema gargalos e trazendo a base para a necessidade da execução desse estudo.

A partir da coleta de dados, foi possível determinar a eficiência do processo de medição, utilizando o OEE "*Overall Equipament Effectiveness*", ou seja, a eficiência global do equipamento. Para realização do cálculo deste índice, MARTINS e LAUGENI (2005, p. 471) estabelecem a EQUAÇÃO 3, a seguir:

$$OEE = ID \times IE \times IQ \tag{2}$$

Sendo:
OEE = Eficiência global do equipamento;
ID = Índice de disponibilidade;
IE = Índice de eficiência;
IQ = Índice de qualidade.

Para realização do cálculo do índice de disponibilidade, foram levantadas as principais causas de paradas da linha, que podem ser planejadas ou não planejadas e subtraído do tempo que o equipamento está disponível para produção, conforme demonstra a EQUAÇÃO 3 a seguir, adaptada de MARTINS e LAUGENI (2005, p. 470):

$$ID = \frac{Horas\ trabalhadas - interrupções}{Horas\ disponíveis} * 100\% = \frac{8-(0{,}5)}{8} * 100\% = 94\% \tag{3}$$

O próximo índice calculado refere-se à eficiência do equipamento, ou seja, quanto o equipamento produziu em relação à capacidade de produção teórica, conforme apresentado na EQUAÇÃO 4, por MARTINS e LAUGENI (2005, p. 470):

$$IE = \frac{Quantidade\ produzida\ real}{Quantidade\ produção\ teórica} * 100\% = \frac{11970}{13350} * 100\% = 90\% \tag{4}$$

O último índice calculado refere-se à qualidade, ou seja, quantas peças boas foram produzidas em relação ao total produzido, na empresa em estudo esse índice é denominado GA (Grau de Aproveitamento). E para este cálculo utilizou-se a EQUAÇÃO 5, estabelecida por MARTINS e LAUGENI (2005, p. 471), conforme segue:

$$IQ = \frac{Quantidade\ de\ peças\ boas}{Quantidade\ total\ produzida} * 100\% = \frac{11913}{11970} * 100\% = 100\% \quad (5)$$

Finalizados os cálculos dos índices, realizou-se na o cálculo da Eficiência Global do Equipamento (OEE), demonstrado através da EQUAÇÂO 6:

$$OEE = (0{,}94 \times 0{,}90 \times 1{,}0) * 100\% = 85\% \quad (6)$$

O alto grau de confiabilidade do equipamento através dos controles das variáveis, medições de forma automatizada, além das calibrações e aferições frequentes, contribuem na obtenção de um bom nível do OEE. O levantamento de dados históricos e determinação do indicador OEE, forneceu uma base que norteou o estabelecimento de metas.

7. APLICAÇÃO DA FERRAMENTA 5*W*2*H*

No QUADRO 1, pode-se verificar o planejamento das ações, que consiste na primeira etapa do ciclo PDCA, que norteia a execução das etapas desse trabalho, onde ocorrem o levantamento dos dados históricos e planejamento das ações de melhoria a serem aplicadas.

O que?	Aumentar a produtividade e a capacidade do equipamento em 2%. Reduzir o ciclo de medição em 5 segundos sem interferir na qualidade do produto.
Quem?	Equipe do TCC.
Onde?	Em uma linha de testes funcionais de injetores diesel.
Quando?	No ano de 2017
Por que?	Foi constatada a formação de gargalo no processo em decorrência do tempo de ciclo de medição dos injetores ser superior à estação anterior (teste de vazamento).
Como?	Realizando simulações, cálculos e análises com a redução do tempo de ciclo das medições.
Quanto custa?	Não haverá investimento financeiro.

QUADRO 1 – DESENVOLVIMENTO DO 5*W*2*H*
FONTE: OS AUTORES, 2017.

Como se trata de uma produção seriada, a realização dos testes pôde ser realizada em uma estação separada da linha, que não implica em desvios na produção ou atrasos/paradas, poupando a empresa de perdas financeiras.

8. SELEÇÃO DE AMOSTRA

Conforme TRIOLA (1999, p. 158) define, para determinação do tamanho da amostra é necessário calcular uma margem de erro “E”, observado na EQUAÇÃO 7 e definir o intervalo de confiança, conforme segue:

$$E = Z\frac{\propto}{2} * \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}} \quad ; \quad \hat{p} - E < \hat{p} < \hat{p} + E \tag{7}$$

A EQUAÇÃO 7 exige $\hat{p}$ como estimativa da proporção populacional, mas se não é possível realizar esta estimativa, fazer $\hat{p}.\hat{q} = 0{,}25$, assim tem-se o valor máximo do produto de $\hat{p}.\hat{q}$, que ocorre quando $\hat{p} = 0{,}5$ e $\hat{q} = 0{,}5$. Dessa forma, o tamanho da amostra “n” pode ser definida através da amostragem probabilística de proporções, como vê-se na EQUAÇÃO 8:

$$n = \frac{Z^2.\hat{p}.\hat{q}.N}{e^2.(N-1) + Z^2.\hat{p}.\hat{q}} \tag{8}$$

Onde:
Z = abscissa da distribuição normal padrão (nível de confiança de 90%, Z = 1,645);
$\hat{p}$ = quantidade de acerto esperado (50%);
$\hat{q}$ = quantidade de erro esperado (50%);
N = população total;
e = erro amostral, nível que varia entre 3% a 10%.

Para garantirmos na seleção da amostra um nível de confiabilidade de 90%, onde a abscissa (Z) é igual a 1,64, o produto entre a quantidade de acerto e erro esperadas ($\hat{p}$ e $\hat{q}$) é 0,2, a população total (N) é igual a 11.970 peças, com um erro amostral estipulado em 10%, trabalhando com o pior caso possível, o valor da amostra mínima para execução dos testes foi definida como 68 peças.

9. SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Após a definição do número mínimo de injetores que deveriam compor a amostra, foram separadas 70 peças para a coleta de dados, que ocorreu através de simulações realizadas em um equipamento isolado da linha de testes funcionais para garantir que qualquer desvio nos testes não afetasse a qualidade do produto final ou interrompesse a produção, que ocorre de forma seriada.

Todos os pontos de medição apresentam tolerância predefinida de ±1 segundo e as simulações foram realizadas respeitando estas especificações, podendo alcançar no máximo 5 segundos para cada ciclo de medição do injetor, ou seja, uma redução máxima de 3% do ciclo, correspondente a meta estipulada.

Os testes foram realizados seguindo uma sequência lógica para comparação das alterações com os valores originais do injetor. O primeiro teste realizado com os injetores selecionados foi a constatação da condição original dos injetores realizando a medição sem qualquer alteração ou modificação nos tempos (medição 1), para serem determinados os valores de referência para cada ponto de medição. A simulação subsequente foi realizada reduzindo 1 segundo do primeiro ponto de medição (medição 2), e os resultados foram comparados com os valores originais, provenientes da medição 1, essa comparação foi denominada Delta.

Constatado logo no primeiro teste, que a redução de 1 segundo no primeiro ponto não ocasionou mudanças significativas, decidiu-se então, realizar a alteração proposta de 1 segundo por ponto, totalizando uma redução do tempo de medição em 5 segundos.

Realizou-se um comparativo entre a condição de controle (medição 1) e a redução do tempo de medição em 5 segundos totais (medição 3). Através da representatividade que a alteração teve sobre a tolerância de cada ponto de acordo com a especificação exigida, podendo ser observado na TABELA 1:

Ponto	Medição 1 - Medição 3 Delta (mm^3)	Representação da variação de acordo com a tolerância do ponto
Ponto 1	-0,02	1,7%
Ponto 2	0,01	1,0%
Ponto 3	0,03	0,6%
Ponto 4	-0,01	0,5%
Dispersão do ponto 1 (3s)	0,00	0%
Dispersão do ponto 2 (3s)	0,01	1%
Dispersão do ponto 3 (3s)	0,01	1%
Dispersão do ponto 4 (3s)	-0,01	1%
Retorno	0,43	1,43%

TABELA 1: COMPARATIVO DO SEGUNDO TESTE (ANTES E DEPOIS)
FONTE: OS AUTORES, 2017.

É possível comprovar que a alteração realizada não teve impacto na qualidade dos injetores, pois, ao se observar a coluna de representação da variação de acordo com a tolerância do ponto, nenhum dos valores atingiu a tolerância, que é de 2%, ou seja, não houveram desvios significativos, o que confere a confiabilidade da medição em todos os pontos.

Observando-se a dispersão nos pontos, pode-se verificar que o valor é extremamente pequeno. A medição no ponto 1 não teve dispersão identificada, por isso consta com 0,00 mm³ de Delta, as demais dispersões se mantiveram em um padrão, para mais ou para menos, 0,01.

Essa redução do tempo de medição em 5 segundos totais, ou seja, uma redução de 3% no tempo de ciclo médio das medições dos injetores diesel.

10. REPRESENTAÇÃO DOS GANHOS

O tempo de produção total da amostra selecionada foi pouco mais de 73 horas com o tempo de produção distribuído mensalmente entre os quatro meses de dados históricos.

Com a implementação do estudo, obteve-se a redução do tempo de produção. E, realizando uma comparação do mesmo tempo necessário para produção dos injetores da amostra, conforme GRÁFICO 2, é possível observar que utilizando o mesmo tempo de produção, é viável produzir 359 injetores à mais, ou seja, um ganho de 3% de capacidade comprovado através da EQUAÇÃO 9, onde foi substituído apenas a taxa de produção Rp:

$$PC = 12.1.1.1.\left(\frac{3600}{178}\right) = 243\ peças/hora \quad (9)$$

Após análise do cálculo da capacidade produtiva demonstrado anteriormente, utilizou-se no levantamento dos dados do equipamento antes da modificação, pode-se observar o aumento desta capacidade produtiva, onde a mesma apresentava um índice de 236 peças/hora, e após a modificação, utilizando o novo tempo de ciclo, chegou-se ao índice de 243 peças/hora.

É possível verificar a representatividade da modificação na capacidade produtiva, tendo um impacto que representa um aumento na capacidade produtiva horária de 7 peças, ou seja, um aumento de 3%.

No GRÁFICO 2, pode ser observado o comparativo entre a situação atual e a futura, após a modificação nos tempos de medição. Onde constam as quantidades

produzidas em um mesmo período de tempo.

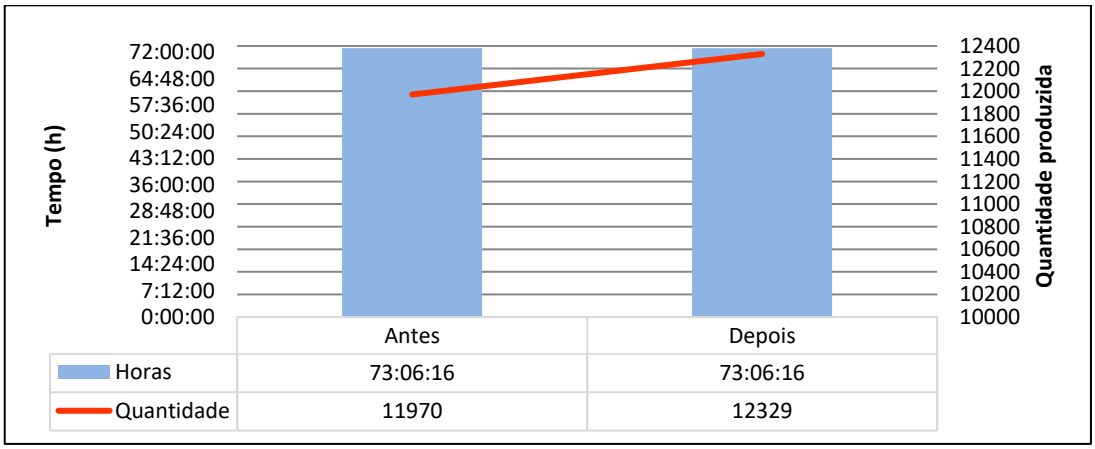


GRÁFICO 7: COMPARATIVO DO TEMPO DE PRODUÇÃO
FONTE: OS AUTORES, 2017.

Outra comparação realizada é em relação ao ganho no índice do OEE, onde, manteve-se os índices de disponibilidade “ID” (94%) e performance “IQ” (100%) sem alteração, e incluiu-se no índice de eficiência o valor do ganho de produção referente à modificação proposta, podendo ser observado a seguir no EQUAÇÃO 10:

$$IE = \frac{Quantidade\ produzida\ real{-}após\ melhoria}{Quantidade\ _{produção}\ teórica} * 100\% = \frac{12329}{13350} * 100\% = 92\% \qquad (10)$$

Com a obtenção do novo índice de eficiência (IE), foi possível realizar a projeção do OEE após a redução de tempo, conforme pode-se observar na EQUAÇÃO 11, a seguir:

$$OEE = (0{,}94 \times 0{,}92 \times 1{,}0) * 100\% = 86\% \qquad (11)$$

No cálculo de eficiência global realizado anteriormente é possível verificar um acréscimo do índice em 1%. Este ganho é atribuído ao maior índice de eficiência do equipamento, já que o mesmo será capaz de produzir a mesma quantidade em um intervalo de tempo reduzido, possibilitando também, um ganho em termos de custo de fabricação.

O índice alcançado de 86% de eficiência global, está dentro dos níveis considerados bons, e acima da meta global do índice OEE (85%).

11. CONCLUSÃO

Partindo do exposto, com a utilização deste estudo em uma empresa multinacional do setor de autopeças, foi possível realizar a redução no tempo de ciclo de medição dos

injetores diesel em uma linha de testes funcionais, utilizando-se das ferramentas do Controle Estatístico de Processo (CEP), mapeadas através da aplicação do ciclo PDCA, tornando possível a obtenção de ganhos de processo, principalmente na redução do tempo de medição, sem que houvessem impactos na qualidade dos injetores diesel.

Portanto, para o primeiro objetivo especificado no planejamento, foi possível realizar a redução no ciclo de medição em 5 segundos, mantendo a confiabilidade da medição comprovada através das simulações realizadas, que, comparadas ao estado inicial dos injetores da amostra, não demonstraram impacto significativo na qualidade da medição.

Para o segundo objetivo, comprovou-se que é possível reduzir a formação de gargalo e aumentar a produtividade, e consequentemente elevar o índice de eficiência do equipamento de medição obtendo um ganho de 3% na produtividade e 1% na Eficiência Global do Equipamento (OEE), elevando a qualidade do processo a níveis de processos robotizados conforme dito por STAMATIS (2006, p. 32), o que comprova o benefício da modificação feita no processo.

Após atingir com sucesso os objetivos propostos deste estudo, é válido e importante a aplicação deste estudo nos demais injetores fabricados no processo produtivo, pois os mesmos ganhos obtidos para o injetor utilizado nas simulações, podem ser replicados para os demais, tornando assim o processo mais eficiente, de modo que os ganhos possam ser expandidos contribuindo para o crescimento organizacional.

12. REFERÊNCIAS

ANTUNES, Junico et al. **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos:** Projeto e medida do trabalho. 6 ed. São Paulo: Blucher, 1977.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. 7 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

COLETTI, Jaqueline; BONDUELLE, Ghislaine Miranda; IWAKIRI, Setsuo. **Avaliação de defeitos no processo de fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheirados com uso de ferramentas de controle de qualidade.** 2010, vol.40, n.1, pp.135-140. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/aa/v40n1/v40n1a17.pdf>. Acesso em 17 de maio de 2017.

FUSCO, José P. A.; SACOMANO, José B. **Operações e Gestão Estratégica da Produção.** São Paulo: Arte e Ciência, 2007.

GROOVER, Mikell P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura.** 3 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

IBGE - **Indicadores**. Brasil, 2016. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acesso em 11 de julho de 2017.

KRAJEWSKI, Lee; MALHORTA, Manoj; RITZMAN, Larry. **Administração de Produção e Operações.** 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção.** 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MAXIMIANO, Antonio C. A. **Teoria geral da administração:** da revolução urbana à revolução digital. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

PACHECO, Marta; SAMPAIO, Paulo; RODRIGUES, Cristina. **Ferramentas da qualidade**: estudo da sua aplicação e uso nas organizações certificadas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Universidade do Minho, Portugal, 2011. Disponível em <http://hdl.handle.net/1822/15165>. Acesso em 19 de maio de 2017.

PALADINI, Edson P. **Avaliação Estratégica da Qualidade**. São Paulo: Atlas, 2008.

PALADINI; Edson P.; CARVALHO, Marly M. de. **Gestão da qualidade:** teoria e casos. 2 ed. Rio Janeiro: Elsevier, 2012.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R. **Administração da produção**: operações industriais e serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.

Q-DAS QUALITY. **Qualificação do Processo**. Disponível em: <http:www.q-das. com.br/site/qualificação-do-processo-qs-stat/>. Acesso em 01 de Outubro de 2017.

SELEME, Robson. **Métodos e tempos**: racionalizando a produção de bens e serviços. Curitiba: Intersaberes, 2012.

SELEME, Robson; SELEME, Roberto B. **Automação da produção.** Curitiba: Ibpex, 2008.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de produção**: o ponto de vista da engenharia de produção. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

STAMATIS, D., H.;The **OEE Primer**: Understanding Overal Equipament Effectiveness, Reliability, and Maintainability; CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton, 2011.

TRIOLA, Mario F. **Introdução à Estatística**. 7 ed. Rio de Janeiro: ABPDEA, 1999.