# **U**tilização do **I**ndicador de **E**ficácia **G**lobal de **E**quipamentos (OEE) na **A**valiação do **C**iclo de **I**njeção de **T**ermoplásticos - **U**m **E**studo de **C**aso




Elton Simomukay[1]
[1] *Secretaria Estadual de Educação do Paraná-Rede Pública de Ensino*

**RESUMO**
*Atualmente a gestão da produção sofreu grandes mudanças com a difusão e implantação dos programas de Manutenção Produtiva Total. O aumento da qualidade e produtividade é o objetivo de toda empresa e a correta análise do desempenho de um sistema de produção é imprescindível para avaliação da produtividade,tomada de decisão e melhoria contínua da produção de uma empresa.Uma das ferramentas mais viáveis para o monitoramento e análise é o uso de indicadores.A eficácia global dos equipamentos conhecido como OEE – Overall Equipment Effetiveness é um indicador que vem sendo empregado devido a integração dos parâmetros de qualidade,desempenho e disponibilidade em uma linha de equipamentos presentes em uma produção.Um dos sistemas de produção mais utilizados na indústria de transformação de termoplásticos é a injeção de peças plásticas.Neste trabalho apresentamos os conceitos de OEE e através da simulação de um estudo de caso utilizando a OEE avaliamos o ciclo de injeção de termoplásticos, demonstrando como a OEE é um indicador importante para verificar a melhoria contínua da qualidade e da produtividade.*

*Palavras chave: Gestão da Produção,OEE,Plásticos.*

***ABSTRACT***
Currently the production management has undergone great changes to the dissemination and implementation of Total Productive Maintenance program. Increased quality and productivity is the goal of every company and the correct analysis of the performance of a production system is essential for the evaluation of productivity, decision making and continuous improvement of production of a industry.The most viable tools for monitoring and analysis is the use of indicators.A overall effectiveness of equipment also known as OEE - Overall Equipment Effetiveness is an indicator that has been used because the integration of quality standards, performance and availability in a line of equipment .The production systems most commonly used in thermoplastics processing industry is the injection moulding.This paper present the concepts of OEE and by simulating a case study using the OEE evaluate the thermoplastic injection cycle, demonstrating how OEE is an important indicator to check the continuous improvement of quality and productivity.
.

*Key Words: Production Management, OEE, Plastics.*

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como tema principal o uso da eficácia global de equipamento (OEE) frente às necessidades existentes na gestão da produção e qualidade, principalmente em relação à produtividade e o uso de forma eficaz e eficiente dos equipamentos que compõem uma linha de produção.

Quando se fala em produtividade espera-se que os programas de melhoria contínua consigam alcançar um nível de eficiência na qual se consuma a menor quantidade possível dos recursos na produção de um bem como o tempo, mão de obra e matéria-prima. Além disso, é necessária a comparação entre o desempenho esperado e o desempenho realizado que introduzem o conceito de eficácia.

O emprego correto destes conceitos produzirão resultados negativos ou positivos na produção. Daí a importância de se estudar e empregar programas e ferramentas capazes de minimizar os resultados negativos e aumentar os resultados positivos.

Segundo Verdin et al. (2015) usar o OEE como indicador permite aumentar a eficácia global da empresa, verificar as perdas e ineficiências das máquinas que de uma fábrica possibilitando classifica-la como uma excelente ferramenta de medição devido à agilidade na tomada de decisão

A partir da publicação da introdução ao conceito de OEE em um estudo realizado por Nakajima em 1988 para determinar a produtividade de uma máquina em uma linha de produção, o OEE vem sendo utilizado cada vez mais nos mais diversos segmentos industriais em todo o mundo.

A eficácia global de equipamento ( OEE ) é portanto importante para avaliar o progresso do sucesso da implantação do TPM,revelando as perdas ocultas que ocorrem na disponibilidade,desempenho e qualidade de equipamentos.

Neste contexto, o objetivo primordial deste trabalho é, pois, investigar a aplicação da eficácia global de equipamento na análise de um ciclo de injeção em equipamentos de produção de termoplásticos.

Nesta perspectiva, construíram-se questões que nortearam este trabalho:

- O que é e como são calculados os índices que representam o OEE e como as empresas podem maximizar a produtividade dos seus equipamentos?
- Como deve ser a análise dos resultados a fim de proporcionar subsídios adequados a correta interpretação dos resultados?

Para alcançar os objetivos propostos, utilizou-se como recurso metodológico, a pesquisa bibliográfica, realizada a partir de uma análise pormenorizada de literatura e artigos científicos publicados e divulgados no meio eletrônico.

Empregaram-se então os resultados da pesquisa bibliográfica na elaboração de um estudo de caso simulado a fim de verificar a aplicabilidade da ferramenta OEE.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A utilização do OEE como indicador foi descrito pela primeira vez por Nakajima em 1988 tendo como objetivo medir a produtividade em um equipamento. Ele identificou e chamou de elementos de perda aqueles fatores que ocasionam a perda de produtividade dos equipamentos de uma produção.

Além disso, ele classificou-os em seis grupos apresentados a seguir conforme o citado por Andrade e Scheres (2009).Estes seis grupos são:

(1) Perdas por quebra: perdas ocasionadas por falha de equipamentos e ferramentas que ocasionam o uso de manutenções não planejadas.

(2) Perdas por setup e regulagens: perda de tempo necessária para o ajuste da produção da primeira peça sem defeito troca de moldes e acessórios, parametrização das variáveis do processo como temperatura, pressão e velocidade.

(3) Perda por pequenas paradas e ociosidade: perda de tempo devido à parada temporária e pequenas interrupções para regulagem.

(4) Perdas por queda de velocidade: perda de tempo devido a desgaste do equipamento, nível de treinamento do operador e vida útil da máquina.

(5) Perdas por refugo ou retrabalhos: perda de tempo devido à produção de peças defeituosas e/ou fora da especificação.

(6) Queda de rendimento: perda ocasionada pela demora da máquina em produzir.

Podemos notar que OEE dependerá da otimização de equipamentos, métodos, materiais e mão de obra empregada.

A implantação de um OEE envolve o cálculo obtido da multiplicação de três índices, conforme observado na equação 1 sugerida por Nakajima (1988).

$$OEE = Qualidade \times Disponibilidade \times Performance \quad \text{(equação 1)}$$

A qualidade refere-se à relação entre a quantidade de peças em conformidade com as especificações de qualidade pelo total de peças produzidas. A qualidade é afetada pela produção de peças defeituosas, rejeitos e refugos.

A disponibilidade é calculada utilizando o tempo ideal de funcionamento em relação ao tempo de operação e o total de peças produzidas. Portanto a disponibilidade é a razão entre o tempo de operação e o tempo de produção planejado e é influenciada principalmente pela falha dos equipamentos e as paradas para setup e ajustes.

Finalmente o terceiro fator é a performance que está relacionada com a velocidade de operação do equipamento e é calculada como a razão da quantidade realmente produzida com a quantidade planejada de modo que uma redução na velocidade de produção implicará na diminuição do fator performance.

Desta forma a OEE é um indicador que apresenta um valor numérico como resultado. Para avaliar o resultado Hansen (2006) considera que valores menores que

65% são inaceitáveis, entre 65% e 75% podem ser considerado bom sendo que entre 75% e 85% o OEE é avaliado como muito bom e valores acima de 85% são a meta ideal para qualquer empresa.A eficiência global dos equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness* - OEE) é uma ferramenta que compõem a metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM) conhecida com Manutenção Produtiva Total.

A Manutenção Produtiva Total almeja maximizar a eficiência do sistema de produção, reduzir as perdas nas linhas de produção de modo que programas como zero acidentes, zero defeito e zero falha obtenham sucesso em um sistema de produção. A TPM é incluída na Gestão da Qualidade Total, pois tem como princípio *a melhoria contínua de produtos e processos*.

O emprego da OEE segundo Santos e Santos (2007) vai além de um número que apresenta a eficácia do equipamento. É uma ferramenta que permite fornecer dados para a melhoria de equipamentos, análise de perdas e permite o envolvimento de todas as áreas de uma empresa. Bento et al.(2010) concluíram que a capacidade de identificar o desempenho e a eficiência da linha produtiva e a alocação otimizada dos recursos disponíveis são benefícios do uso da OEE.

**Estudo de Caso Simulado**

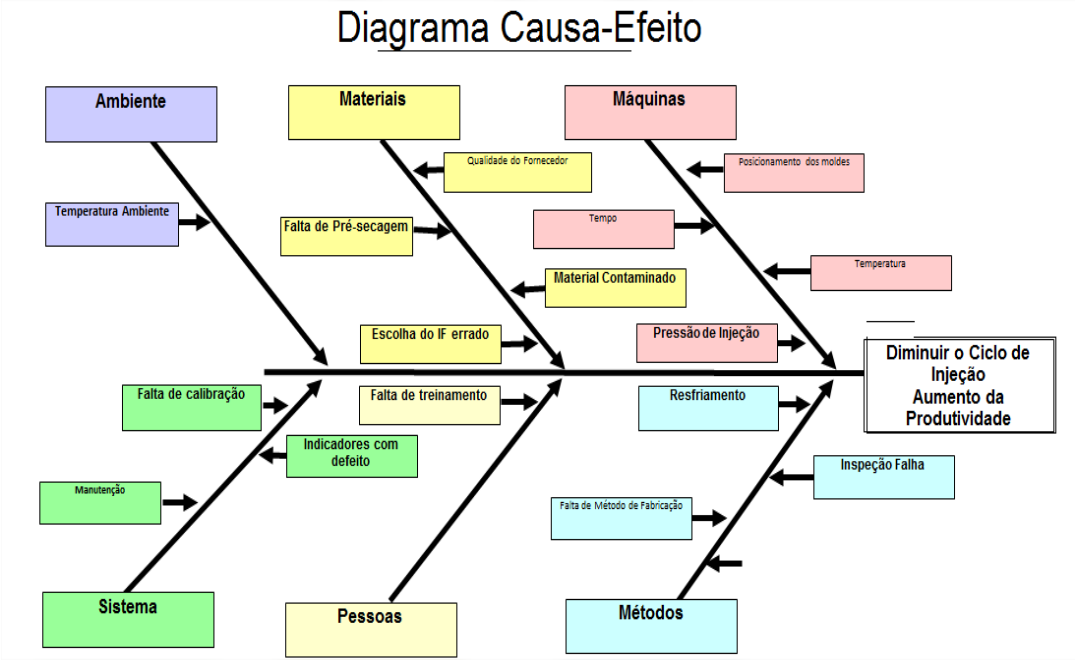
Este estudo de caso simulado considera uma empresa que possua uma injetora, equipamento de transformação de peças plásticas, em sua linha de produção e que opera em um determinado tempo conhecido como ciclo de injeção na qual uma quantidade de peças é produzida. O ciclo de injeção é o intervalo total entre o instante em que a matriz é fechada durante um ciclo e o instante correspondente ao fechamento do molde no ciclo seguinte enquanto a máquina opera de forma repetitiva conforme citado no manual de processamento de plásticos de uma grande empresa do setor Innova (2008).

Deste modo à medida que se diminui o ciclo de injeção há um aumento da produtividade e da quantidade de peças produzidas e temos então que custo horário de uma máquina de injeção deve ter como objetivo principal a obtenção de ciclos de injeção mais rápidos, pois implicará na produção de peças de menor custo.

Podemos então definir o ciclo de injeção composto por 6 etapas que podem ser citadas como: (1) Fechamento do molde, (2) Avanço da unidade de injeção, (3) Injeção do material durante um tempo determinado, (4) Tempo de recalque, (5) Recuo do canhão e Resfriamento, (6) Dosagem do material a ser injetado e (7) Abertura do molde e extração da peça.

A nossa simulação se concentra na redução do tempo do ciclo de injeção e o seu efeito na OEE. Inicialmente simulamos a elaboração de um diagrama causa-efeito (figura 1) com o objetivo de evidenciar as possíveis mudanças que poderiam auxiliar na diminuição do ciclo de injeção do processo.

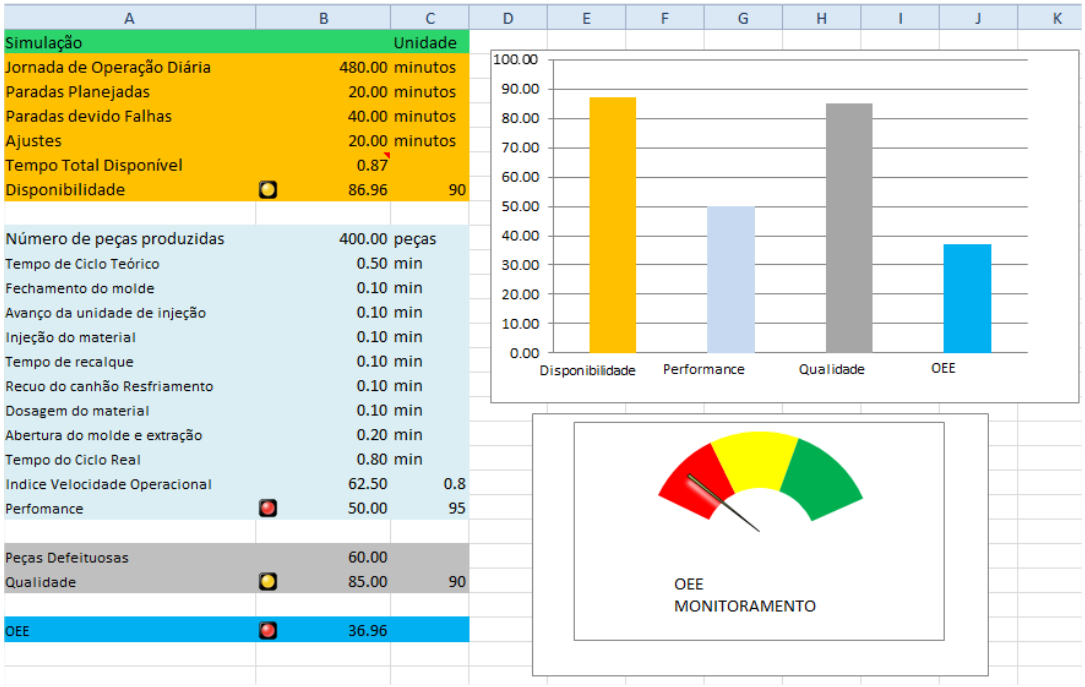
**Figura 1-Diagrama Causa-Efeito para Diminuir o Ciclo de Injeção e Aumentar a Produtividade**




Fonte: Autor (2015)

O estágio atual da produção pode ser vista na figura 2.Usando uma planilha eletrônica calculamos a OEE com os dados da simulação da figura 2 conforme as equações e metodologia sugerida por Nakajima (1988).

**Figura 2-Planilha da Situação Simulada Atual da Produção**



| Simulação | | Unidade |
|---|---|---|
| Jornada de Operação Diária | 480.00 | minutos |
| Paradas Planejadas | 20.00 | minutos |
| Paradas devido Falhas | 40.00 | minutos |
| Ajustes | 20.00 | minutos |
| Tempo Total Disponível | 0.87 | |
| Disponibilidade | 86.96 | 90 |
| | | |
| Número de peças produzidas | 400.00 | peças |
| Tempo de Ciclo Teórico | 0.50 | min |
| Fechamento do molde | 0.10 | min |
| Avanço da unidade de injeção | 0.10 | min |
| Injeção do material | 0.10 | min |
| Tempo de recalque | 0.10 | min |
| Recuo do canhão Resfriamento | 0.10 | min |
| Dosagem do material | 0.10 | min |
| Abertura do molde e extração | 0.20 | min |
| Tempo do Ciclo Real | 0.80 | min |
| Indice Velocidade Operacional | 62.50 | 0.8 |
| Perfomance | 50.00 | 95 |
| | | |
| Peças Defeituosas | 60.00 | |
| Qualidade | 85.00 | 90 |
| | | |
| OEE | 36.96 | |



Fonte:Autor(2015)

Como visto, adotando uma jornada de operação diária do equipamento de 480 minutos com o tempo devido a paradas planejadas,falhas e ajustes em 80 minutos.Foi possível calcular a disponibilidade em 86.96 sendo este um valor próximo ao ideal de 90.

Neste período são fabricadas 400 peças com a produção de 60 peças defeituosas o que origina uma qualidade de 85 abaixo do nível ideal de 90.

A performance da produção utilizando o ciclo de injeção é de 50 estando bem abaixo do ideal de 95.

A OEE calculada é de 36.96 o que nos diz que usando os valores de Hansen (2006) é inaceitável.

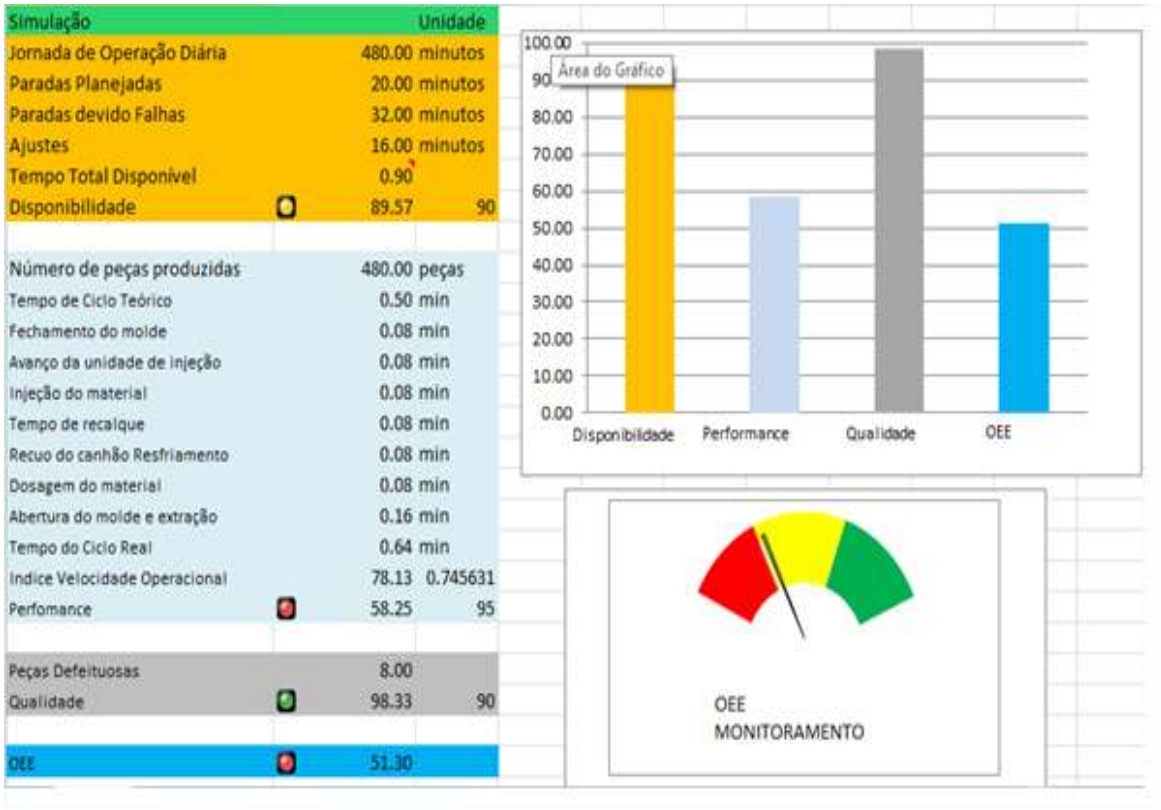
A OEE pode ser visualizada com o uso de um indicador visual que nos mostra a situação na região de perigo (vermelho).

Agora para verificar a utilidade da OEE adotamos que o uso da análise do diagrama causa-efeito podemos ter duas situações otimistas levando-se em conta a filosofia da melhoria contínua.

Em uma primeira situação promovendo as mudanças sugeridas tem-se uma redução de 20% do ciclo de injeção e aumento em 20% da produção e em uma segunda situação: 50% de redução do ciclo de injeção e aumento de 50 % da produção.

Na primeira situação consideramos também uma redução na quantidade de defeitos e como mostrado na figura 3 a OEE continua em um valor baixo de 51.30.

**Figura 3-Planilha com simulação da redução de 20% do ciclo de injeção e aumento em 20% da produção**



| Simulação | | | Unidade |
|---|---|---|---|
| Jornada de Operação Diária | | 480.00 | minutos |
| Paradas Planejadas | | 20.00 | minutos |
| Paradas devido Falhas | | 32.00 | minutos |
| Ajustes | | 16.00 | minutos |
| Tempo Total Disponivel | | 0.90 | |
| Disponibilidade | | 89.57 | 90 |
| | | | |
| Número de peças produzidas | | 480.00 | peças |
| Tempo de Ciclo Teórico | | 0.50 | min |
| Fechamento do molde | | 0.08 | min |
| Avanço da unidade de injeção | | 0.08 | min |
| Injeção do material | | 0.08 | min |
| Tempo de recalque | | 0.08 | min |
| Recuo do canhão Resfriamento | | 0.08 | min |
| Dosagem do material | | 0.08 | min |
| Abertura do molde e extração | | 0.16 | min |
| Tempo do Ciclo Real | | 0.64 | min |
| Indice Velocidade Operacional | | 78.13 | 0.745631 |
| Perfomance | | 58.25 | 95 |
| | | | |
| Peças Defeituosas | | 8.00 | |
| Qualidade | | 98.33 | 90 |
| | | | |
| OEE | | 51.30 | |

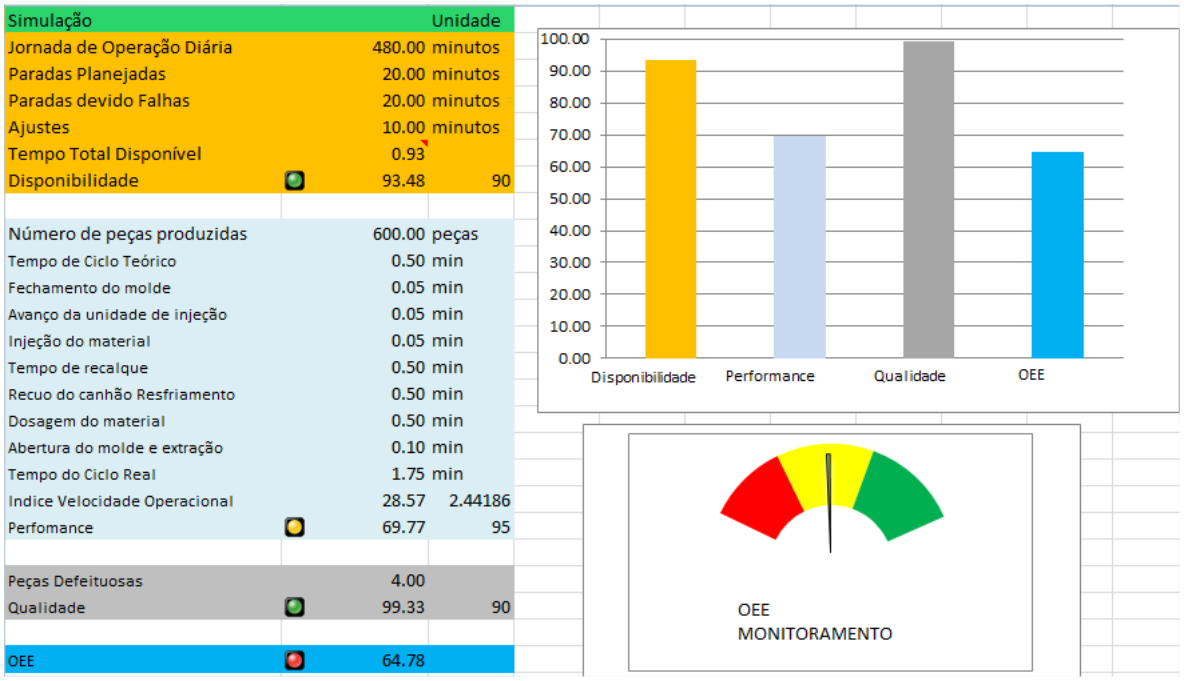


Fonte: Autor(2015)

Com o segundo cenário obtivemos um valor da OEE de 64.78 o que já pode ser considerado bom (figura 4).

Esta possibilidade é bem razoável visto que melhorias de 50% são bastante tangíveis.

**Figura 4-Planilha com simulação da redução de 50% do ciclo de injeção e aumento em 50% da produção**



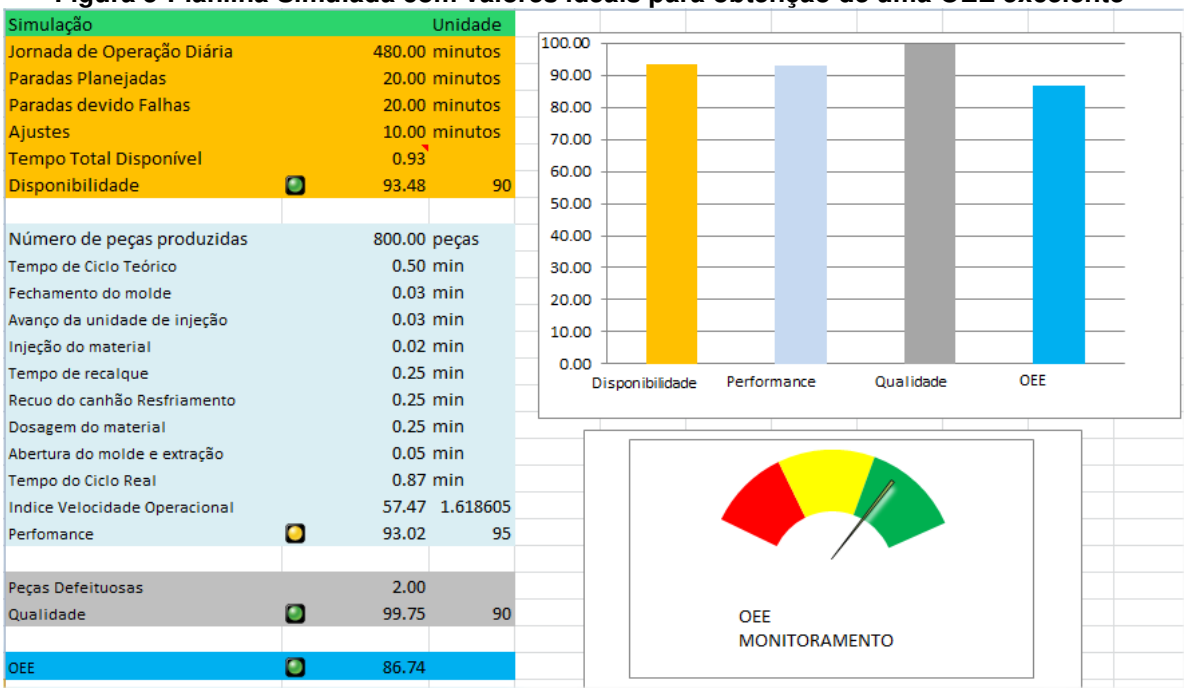
| Simulação | | Unidade | |
|---|---|---|---|
| Jornada de Operação Diária | | 480.00 | minutos |
| Paradas Planejadas | | 20.00 | minutos |
| Paradas devido Falhas | | 20.00 | minutos |
| Ajustes | | 10.00 | minutos |
| Tempo Total Disponível | | 0.93 | |
| Disponibilidade | | 93.48 | 90 |
| | | | |
| Número de peças produzidas | | 600.00 | peças |
| Tempo de Ciclo Teórico | | 0.50 | min |
| Fechamento do molde | | 0.05 | min |
| Avanço da unidade de injeção | | 0.05 | min |
| Injeção do material | | 0.05 | min |
| Tempo de recalque | | 0.50 | min |
| Recuo do canhão Resfriamento | | 0.50 | min |
| Dosagem do material | | 0.50 | min |
| Abertura do molde e extração | | 0.10 | min |
| Tempo do Ciclo Real | | 1.75 | min |
| Indice Velocidade Operacional | | 28.57 | 2.44186 |
| Perfomance | | 69.77 | 95 |
| | | | |
| Peças Defeituosas | | 4.00 | |
| Qualidade | | 99.33 | 90 |
| | | | |
| OEE | | 64.78 | |



Fonte:Autor(2015)

No entanto uma OEE ideal conforme o parâmetro de Hansen (2006) só será conseguida com uma melhora em 100% do ciclo de injeção e dos demais parâmetros da produção conforme podemos comprovar na figura 5.

**Figura 5-Planilha Simulada com valores ideais para obtenção de uma OEE excelente**



| Simulação | | Unidade | |
|---|---|---|---|
| Jornada de Operação Diária | | 480.00 | minutos |
| Paradas Planejadas | | 20.00 | minutos |
| Paradas devido Falhas | | 20.00 | minutos |
| Ajustes | | 10.00 | minutos |
| Tempo Total Disponível | | 0.93 | |
| Disponibilidade | | 93.48 | 90 |
| | | | |
| Número de peças produzidas | | 800.00 | peças |
| Tempo de Ciclo Teórico | | 0.50 | min |
| Fechamento do molde | | 0.03 | min |
| Avanço da unidade de injeção | | 0.03 | min |
| Injeção do material | | 0.02 | min |
| Tempo de recalque | | 0.25 | min |
| Recuo do canhão Resfriamento | | 0.25 | min |
| Dosagem do material | | 0.25 | min |
| Abertura do molde e extração | | 0.05 | min |
| Tempo do Ciclo Real | | 0.87 | min |
| Indice Velocidade Operacional | | 57.47 | 1.618605 |
| Perfomance | | 93.02 | 95 |
| | | | |
| Peças Defeituosas | | 2.00 | |
| Qualidade | | 99.75 | 90 |
| | | | |
| OEE | | 86.74 | |

Fonte:Autor(2015)

## 3. CONCLUSÃO

Diante do exposto, concluiu-se que a OEE é uma ferramenta importante para a gestão da qualidade e produção.

A simulação da produção adotada neste artigo revelou a evolução dos efeitos das mudanças na produção e os resultados em termos de produtividade e confirmou a afirmação de Santos e Santos (2007) que a OEE vai além de um número que apresenta a eficácia do equipamento.

Visualizou-se também a importância de outras ferramentas como o diagrama causa-efeito na elaboração da OEE e mostrou-se a integração da eficácia global de equipamento ( OEE ) com as ferramentas da qualidade.

Dessa forma constatou-se que a OEE é uma ferramenta que permite fornecer dados para a estudar a capacidade do desempenho, qualidade e eficiência da linha produtiva e seus equipamentos permitindo a alocação otimizada dos recursos disponíveis da produção.

## 4. REFERÊNCIAS


ANDRADE, J. J. O.; SCHERER, C. S. **Estudo de caso da aplicação de indicador deficiência global de equipamento (OEE) para diagnóstico e melhoria de produtividade em uma linha de produção automotiva.** XXIX ENEGEP, Salvador, BA, 2009. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_619_13678.pdf.Acesso em 18 de maio de 2015.

BENTO, A. R.; PAULILLO, G. **Rastreabilidade e Inovação Tecnológica em Cadeias Produtivas na Indústria Automotiva**. Anais do 65º Congresso Internacional da ABM. p.1162-1170. Rio de Janeiro, 2010.

HANSEN, R.C. **Eficiência Global dos Equipamentos: Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

**INNOVA**.Manual de Injeção de Termoplásticos.2008.Disponível em: www.innova.ind.br/upload/others/files/Manual_de_Injecao.pdf.Acesso em:19 de maio de 2015.

JEONG, K. Y.; PHILLIPS, D. T. **Operational efficiency and effectiveness measurement. International Journal of Operations and Production Management**, v. 21, n. 11, p. 1404-1416, 2001.

**NAKAJIMA, S**. Introduction to TPM – Total Productive Maintenance. Cambridge, MA. Productivity Press, 1988.

**SANTOS, A. C. O.; SANTOS, M. J**. Utilização do Indicador de Eficácia Global de Equipamentos (OEE) na Gestão de Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura – Um estudo de caso. Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Foz do Iguaçu-PR, Outubro, 2007. Disponível em: www.volumetric.com.br/anexos/oee.pdf.Acesso em 19 de maio de 2015.

**VERDIN, Adnilson S. XAVIER, Aline Diniz, PEDRO, Michele de Castro, AZEVEDO, Karen, DARICO, Ramon Gontijo**. Disponível em: www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/abrirPDF/1873.Acesso em 19 de maio de 2015.

.