



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Brazilian Journal of
Production Engineering

BJPE - Revista Brasileira de Engenharia de Produção



Campus São Mateus

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS: APLICAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA MEDIR O DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS EM UMA EMPRESA METALMECÂNICA DE PEQUENO PORTE NO SUL DO BRASIL

EQUIPMENT EFFICIENCY: APPLICATION OF A TOOL TO MEASURE EQUIPMENT PERFORMANCE IN A SMALL METAL MECHANICAL COMPANY IN SOUTH BRAZIL

Júlia Grasielle Appel Schnorrenberger^{1*} & Fabiano de Lima Nunes²

¹ Graduanda em Engenharia de Produção ² Mestre em Engenharia de Produção, Universidade Feevale, Rodovia RS 239, Bairro Vila Nova, Novo Hamburgo - RS, CEP 93525-075.

¹ juliappel@yahoo.com.br ² fabiano@familianunes.com.

ARTIGO INFO.

Recebido em: 12.10.2019

Aprovado em: 04.11.2019

Disponibilizado em: 18.12.2019

PALAVRAS-CHAVE:

Desempenho operacional; OEE; Eficiência; controle de máquinas e equipamentos.

KEYWORDS:

Operational performance; OEE; Efficiency; control of machinery and equipment.

*Autor Correspondente: Schnorrenberger, J. G. A.

RESUMO

O presente artigo busca descrever a importância do controle do desempenho operacional, em máquinas e equipamentos para o atingimento das metas e ganho de eficiência nas empresas, visando implementar este tipo de controles em empresas manufatureiras de pequeno porte. Com esse intuito este trabalho propõe a criação de uma ferramenta de fácil compreensão para ser aplicada a uma empresa de pequeno porte no sul do Brasil que seja capaz de medir o OEE da empresa. Promovendo, através dessa ferramenta, o conhecimento do sistema produtivo em todos os níveis da empresa o que gera inputs para futuras

tomadas de decisões, como, por exemplo, aumento de produção e melhorias de processos. Através da implantação da ferramenta foi possível observar que a empresa não possuía conhecimento dos fatores que impactavam diretamente as suas metas de produção. Após o estudo foi possível demonstrar que grande parte do não atingimento das metas se dava por falhas simples e que poderiam ser resolvidas rapidamente.

ABSTRACT

This paper aims to describe the importance of controlling operational performance in machinery and equipment to achieve goals and gain efficiency in companies, aiming to implement this type of controls in small manufacturing companies. To this end, this paper proposes the creation of an easy-to-understand tool to be applied to a small company in southern Brazil capable of measuring the company's OEE. Promoting, through this tool, knowledge of the production system at all levels of the company, which generates inputs for future decision making, such as increased production and process improvements. Through the implementation of the tool it was possible to observe that the company had no knowledge of the factors that directly impacted its production goals. After the study it was possible to demonstrate that most of the failure to achieve the goals was due to simple failures and could be resolved quickly.



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Gonçalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

INTRODUÇÃO

A busca pelo incremento de produtividade no ambiente competitivo faz com que sistemas de medição de desempenho sejam frequentemente definidos e implantados junto aos processos de manufatura (Muchiri & Pintelon, 2008). A competitividade das empresas de manufatura é dependente da disponibilidade de suas instalações, bem como da produtividade de seus recursos (Piran, et al., 2015). Assim, essas empresas se esforçam para melhorar e aperfeiçoar essa produtividade para permanecerem competitivas (Muchiri & Pintelon, 2008).

O Overall Equipment Effectiveness (OEE) é uma medida de desempenho aplicada para medir a eficiência dos equipamentos instalados em uma linha de produção. Trata-se de um indicador-chave de desempenho em sistemas que analisa os dados de produção com o intuito de identificar potenciais de melhoria e apoiar as iniciativas Lean. (Yuniawan, et al., 2013). Os resultados do OEE permitem a comparação e a observação de itens produzidos em diferentes setores, utilizados em de produção para o incremento do desempenho dos sistemas produtivos (Sari & Darestani, 2019). Além disso, o OEE tem como objetivo avaliar com que eficiência, os recursos são utilizados nos processos de fabricação, identificação dos desperdícios produtivos baseados na disponibilidade, desempenho e na qualidade (Braglia, et al., 2019).

A partir deste contexto, esse artigo, visa responder a seguinte questão de pesquisa: como medir a eficiência em máquinas de produção seriada (tornos automatizados) e não seriada (Centros de usinagem) em empresas de pequeno porte, como por exemplo, uma metalúrgica no Sul Brasil? Como objetivo geral, desenvolver uma ferramenta para a medição de eficiência em máquinas operatrizes em uma empresa de pequeno/médio porte. Este artigo está dividido em seis seções, a primeira refere-se a essa introdução; a segunda apresenta a revisão teórica acerca dos assuntos relacionados (IROG e OEE). A terceira aborda a metodologia aplicada na condução dessa pesquisa; na quarta apresenta-se o objeto de estudo; na quinta apresenta-se a implantação da ferramenta para a medição da eficiência e por fim as considerações finais deste artigo.

2 REVISÃO TEÓRICA

Essa seção destina-se a explicar os conceitos de TPM, IROG (Índice de Rendimento Operacional Global dos Equipamentos), OEE, TEEP, das etapas e formas de cálculos utilizados para alcançar os objetivos de controle de eficiência na produção.

2.1 Manutenção produtiva total (TPM)

A metodologia TPM é o método cujo objetivo principal é melhorar a vida útil das máquinas, que também, contribui para evitar desperdícios no processo produtivo (Nakajima 1989). Essa filosofia precisa envolver todos os setores da empresa para extrair a máxima utilização dos equipamentos. Um dos principais motivadores para implantação do TPM é o conceito de zero perda, pois é sabido que todas as organizações possuem problemas, e por isso é necessário que todos os envolvidos sejam responsáveis com suas tarefas, cumprindo seu papel para prevenir as falhas e as perdas durante o processo produtivo (Moraes, 2004). A metodologia



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

TPM teve início na década de 70 e era dividida em quatro (4) gerações, que por sua vez, apresentavam o foco em diferentes tipos de perda, conforme apresenta o Quadro 1.

Quadro 1. Relação entre Estratégias e gerações da TPM

	1ª Geração 1970	1ª Geração 1980	1ª Geração 1990	1ª Geração 2000
Estratégia	Máxima Eficiência dos Equipamentos		Produção e TPM	Gestão e TPM
Foco	Equipamento		Sistema de Produção	Sistema Geral da Companhia
Perdas	Perda por Falha	Seis principais perdas nos equipamentos	Dezesseis perdas (Equipamentos, fatores humanos e recursos na produção)	Vinte perdas (processos, inventário, distribuição e compras)

Fonte: Adaptado de Palmeira (2001).

O Quadro 1 apresenta a relação entre as gerações da metodologia TPM as estratégias utilizadas, foco e perdas. Ela demonstra a evolução entre estas relações ao longo das gerações, visto que, na quarta geração a estratégia utilizada é a gestão e TPM com foco no sistema geral da companhia acompanhando vinte perdas no sistema produtivo, o que demonstra que a metodologia da TPM compreende a empresa como sistema, e não mais como departamentos onde as máquinas estão sendo utilizadas.

Ao utilizar o TPM, surgem inúmeras falhas que afetam diretamente o índice de eficiência global dos equipamentos utilizados pelas organizações em seus sistemas de produção. A medição pode estar ligada a três pilares: disponibilidade da máquina, questões operacionais e qualidade (Moraes, 2004). Portanto, o método se esforça para manter as condições ótimas do equipamento a fim de que nas atividades operacionais não ocorram quebras, perda de ritmo e defeitos de qualidade (Kumar, et al., 2012). Então, através dessa descrição pode-se verificar que são três os objetivos finais do TPM: zero de defeitos, zero acidente e zero avarias, utilizando as palavras de Nakajima (1989) os equipamentos devem ser operados com 100% de capacidade e 100% do tempo. a partir destas informações adiante serão explanadas algumas maneiras de como medir a maximização da eficácia dos equipamentos de produção garantida pelo TPM.

2.2 Índice de Rendimento Operacional Global dos Equipamentos (IROG)

O IROG (Índice de Rendimento Operacional Global dos equipamentos) pode ser definido como monitoramento dos fatores que mais influenciam no desempenho e disponibilidade geral do equipamento. Devendo, este, ser realizado de forma contínua, pois isso gera uma melhor utilização das máquinas, e com isso aumentando a produtividade (Antunes, et al., 2008).

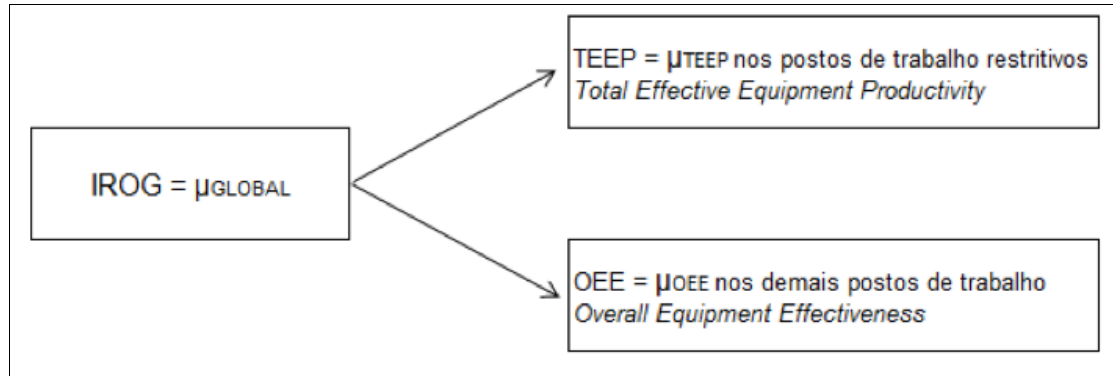
O indicador IROG pode ser denominado, para fins de cálculos, de duas formas: considerando se o posto de trabalho é ou não gargalo. Ou seja, se o posto de trabalho é considerado um recurso crítico restritivo (gargalo) pode ser chamado de TEEP (Total Effective Equipment



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Gonçalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Productivity). E, se o posto de trabalho é considerado um recurso crítico não gargalo ele é denominado OEE (Overall Equipment Effectiveness) (Piran, et al., 2015; Prates & Bandeira, 2011; Biegelmeier, 2015.) (Figura 1).

Figura 1. IROG e suas divisões



Fonte: Piran, et al., (2015)

A Figura 1 apresenta as duas divisões do IROG, que são compreendidas a partir do tipo de postos de trabalho, ou seja, se os postos de trabalho são considerados ou não como gargalos. A Equação 1 apresenta a fórmula para o cálculo do IROG.

$$\mu_{global} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3 \quad (1)$$

A equação apresentada na Figura 2, mostra que a multiplicação do tempo de ciclo de um determinado produto pela quantidade produzida em um determinado equipamento corresponde ao tempo de agregação de valor deste equipamento ao processo de produção, em outras palavras, o tempo em que o equipamento efetivamente funcionou agregando valor ao produto (ANTUNES et al, 2013). Para esta equação podem ser descritos como μ_1 o índice de Disponibilidade dos equipamentos; μ_2 como o índice de desempenho dos equipamentos e o μ_3 como o índice de qualidade dos itens produzidos em cada equipamento (Piran, et al., 2015). A seguir serão descritos os desdobramentos do IROG.

2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

A eficiência geral do equipamento (OEE) é uma hierarquia dos critérios desenvolvidos que foram introduzidos pela primeira vez por Nakajima em 1960 para levar a uma produção eficiente e também a uma avaliação baseada em métodos (Sari & Darestani, 2019). O OEE é uma forma útil para avaliar o desempenho dos equipamentos nas indústrias (Mather, 2003).

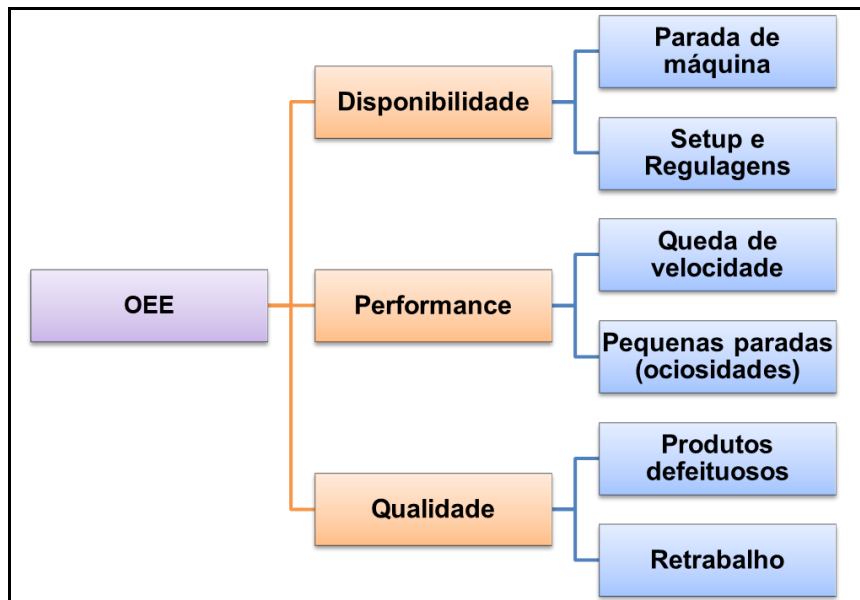
É considerado um indicador muito importante para mapear a eficiência no processo de manufatura, ou seja, é uma forma de medir o processo e a efetividade dos equipamentos no momento em que estes são planejados para operar (Nascif & Dorigo, 2013). Ainda para estes autores o OEE analisa a produtividade dos equipamentos medindo como percentual o tempo que a máquina produziu efetivamente comparado com o tempo disponível para trabalho. Este cálculo pode ser utilizado tanto para máquinas quanto para células de trabalho (Nascif & Dorigo, 2013). A grande vantagem desse indicador é que ele desmembra a eficiência nos três



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

indicadores que a compõe (disponibilidade, performance e qualidade), como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2. Relação entre OEE e suas perdas



Fonte: Adaptado de Chiaradia (2004)

A partir dessa relação pode ser descrita a equação para calcular o OEE, de um equipamento ou posto de trabalho:

$$OEE = \text{DISPONIBILIDADE} \times \text{PERFORMANCE} \times \text{QUALIDADE} \quad (2)$$

Fonte: Piran, et al., (2015)

Construída dentro de cada um dos subcomponentes essa fórmula tem alguns requisitos para cada aplicação, e uma sequencia de levantamento de dados para a correta utilização e aplicação (Mather, 2003). Como o OEE é ligado à prática do TPM para realização dos cálculos esta ferramenta leva em consideração das 6 grandes perdas (Nascif & Dorigo, 2013; Vince, 2018). A Figura 2 apresenta a relação entre o tempo disponível para manufatura e as seis perdas. Ou seja, relaciona cada índice com suas principais formas, por exemplo, o índice de disponibilidade é representado pelas perdas devido a quebras, tempo de setup e regulagens. Já o índice de desempenho se relaciona com as perdas por ociosidade ou pela redução de velocidade de máquina. Por fim, mas não menos importante, o índice de qualidade é calculado através das perdas relacionadas as peças não conformes (refugos) (Piran, et al., 2015).

Após a apresentação das grandes perdas é importante realizar uma explanação a respeito dos tempos que podem ser considerados para realizar os levantamentos de cálculos do OEE, que serão apresentados a seguir. Iniciando pelo tempo potencial, que pode ser definido como o tempo que a empresa tem disponível para operar o equipamento. Desse tempo são excluídas as paradas programadas, tais como paradas para almoço, café, manutenções programadas, folgas, feriados ou férias;



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Gonçalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Tempo disponível, ou seja, o tempo programado de fato para a produção. Então, é necessário levar-se em consideração dois fatores: o tempo que não foi planejado para produzir pela equipe de planejamento e o tempo em que o equipamento não produziu por razões alheias à responsabilidade da equipe de produção. Por exemplo, o horário de almoço é um período considerado sem produção. Porém há situações em que o equipamento não produz apesar de estar programado para tal, como por exemplo, falta de pedido, parada por greve, entre outras razões, e este período também deve ser retirado do tempo operacional.

Tempo de operação, é o período restante após ser retirado o tempo perdido devido às perdas por paralisação. Tempo líquido de operação, é denominado tempo líquido de operação o período de tempo de operação após as retiradas de tempo causadas por queda de velocidade dos equipamentos.

Tempo de operação efetiva, esse é o período em são descontados do tempo líquido de operação todos os defeitos de Qualidade relacionados aos itens produzidos. A relação entre os tempos de operação podem ser verificados na Figura 3.

Figura 3. Tempos e perdas de produção

Tempo Calendário (total/potencial)			POTENCIAL DE MELHORIAS
Tempo programado (disponível)		Paradas Programadas	
Tempo real de operação		Paradas não Programadas	
Tempo real de operação Efetivo	Performance (perdas por queda de velocidade ou por paralisação)		
Tempo de Agregação de Valor	Refugo e retrabalho (Perdas por Qualidade, por Queda de velocidade ou por paralisação)		
OEE	PERDAS		

Fonte: Adaptado de Nascif & Dorigo (2013).

A partir da Figura 3, visualizam-se as perdas relacionadas a cada tempo de operação da máquina, pode-se calcular cada variável do OEE (disponibilidade, *performance* e qualidade). Para a obtenção do OEE, aplicam-se equações matemáticas. A Figura 4 mostra essas equações.



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Gonçalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

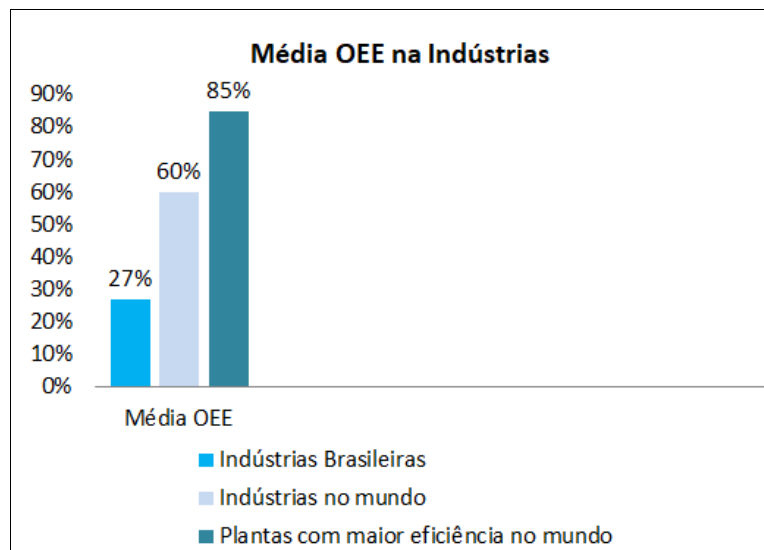
Figura 4. Cálculo das variáveis do OEE

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo disponível} - \text{Paradas}}{\text{Tempo disponível}} \times 100$$
$$\text{Performance} = \frac{\text{Ciclo de Tempo teórico} \times \text{Quantidade produzida}}{\text{Tempo de operação}} \times 100$$
$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Quantidade produzida} - \text{Quantidade com defeito}}{\text{Quantidade produzida}} \times 100$$

Fonte: Adaptado de Nascif & Dorigo (2013)

Através dessas equações identifica-se que o resultado final do OEE se dará através de percentuais, e por isso identifica-se que qualquer número menor do que 1 em qualquer das três variáveis irá gerar um prejuízo no resultado do indicador (NASCIF; DORIGO, 2013). Tendo como base essa afirmação a Figura 5 apresenta um comparativo do resultado percentual do OEE nas empresas brasileiras, em empresas mundiais e nas empresas de melhor performance (World Class).

Figura 5. Comparativo do percentual do OEE.



Fonte: Adaptado de Vince (2018).

Esse desempenho de 85% é em geral identificado em processos contínuos e cerca de 80% para processos por batelada, tendo em mente que esse resultado é atingido através da média das três variáveis que compõem o indicador (Nascif & Dorigo, 2013). O JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) criou o conceito “World Class OEE” para classificar as plantas mais produtivas no mundo, atingem esta classificação empresas com índice OEE igual ou acima de 85% (Vorne, 2019). Pesquisas demonstraram que, embora o OEE seja bem definido na literatura, a interpretação de seus fatores de perda subjacentes é um motivo comum para variações entre empresas. Uma medida precisa do OEE é determinada pela capacidade de



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

coleta de dados das empresas e pelo nível de precisão necessário. No entanto, como a eficiência do equipamento é afetada pelo ambiente circundante, a medida do OEE também depende das ações dos operadores, bem como das políticas de planejamento e controle da produção da empresa, por isso é necessário fazer com que os operadores sintam-se parte fundamental do processo (Hedman, et al., 2016). Então, após esta explanação pode-se compreender que a Eficiência Geral do Equipamento (OEE) mede a eficácia da máquina usada na fabricação praticamente de maneira oposta à teoria. Disponibilidade, desempenho e taxa de qualidade são os três parâmetros importantes que formam o produto da OEE. As seis grandes perdas, como quebra, instalação e ajustes, pequenas paradas, velocidade reduzida, rejeições de partida e rejeições de produção são a principal contribuição que afeta o desempenho das máquinas (Azizi, 2015).

2.4 PRODUTIVIDADE EFETIVA TOTAL DO EQUIPAMENTO (TEEP)

Diferentemente do OEE, a TEEP é utilizado nos postos de trabalho onde os recursos são gargalos. E para este o cálculo deve ser considerado o tempo disponível para manufatura dos itens sem nenhuma parada programada, pois os recursos gargalos não podem parar, por serem os recursos que restringem a produção da fábrica (Antunes, et al, 2013). Ainda segundo este autor, o ideal é manter o posto gargalo em operação durante todo o tempo disponível para manufatura, também é indicado aumentar a eficiência das operações neste posto de forma sistêmica, o que levará ao aumento do desempenho de todo o sistema produtivo.

Através da TEEP, poderão ser alcançados valores que podem ser utilizados para avaliar a capacidade de qualquer tipo de empresa. A TEEP pode ser um bom indicador da capacidade, visto que ela mede a efetividade global de um processo ou equipamento considerando todo o seu o seu período, e isso se torna muito importante para novos cálculos de (Hansen, 2006).

Ao final pode-se entender que os indicadores OEE e TEEP complementam-se e devem ser usados em conjunto, principalmente quando se trata de processos que são gargalo. Pois, enquanto o OEE revela as oportunidades de capacidade que não são utilizadas durante o tempo programado para produção, o TEEP apresenta as oportunidades que não são utilizadas relacionadas à capacidade total (Piran, et al., 2015).

3 METODOLOGIA APLICADA

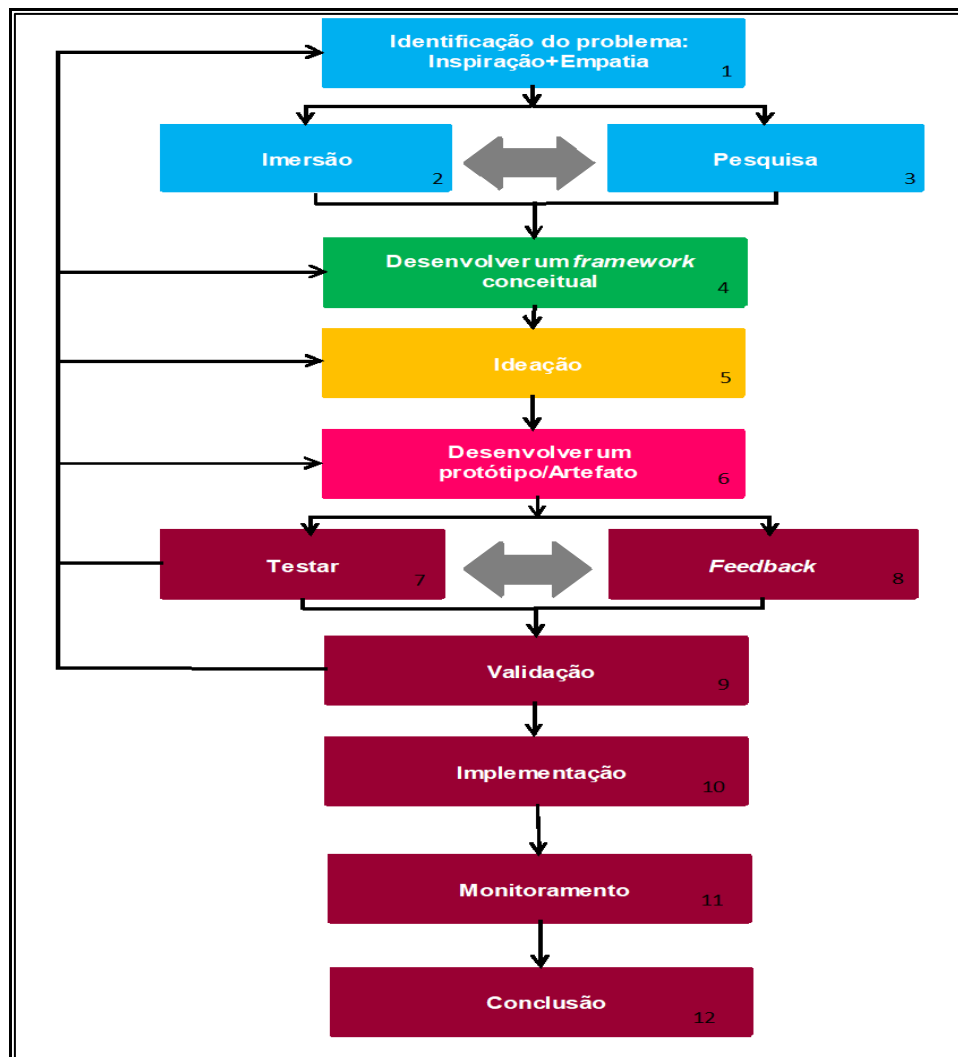
Este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa aplicada com abordagem qualitativa, no que se refere a sua natureza. Já quanto aos objetivos a pesquisa classifica-se como exploratória e descritiva, pois tem o intuito de facilitar o entendimento dos leitores para o assunto abordado, através da descrição das características e nuances que envolvem o assunto estudado.

O método de trabalho aplicado baseia-se na junção do Design Thinking (DT) e *do Design Science Research (DSR)* para identificação das oportunidades e implementação de melhorias. O método utilizado pode ser verificado na Figura 6.



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Figura 6. Método de trabalho



Fonte: autores

Passo 1. Identificar o problema a ser trabalhado justificando a relevância da pesquisa. A fim de gerar a questão central de pesquisa, ou seja, a delimitação do problema que será trabalhado nas próximas etapas.

Passo 2. Nessa etapa o pesquisador deve buscar o máximo de informações possíveis, garantindo a completa compreensão das características, causas e contextos para garantir a aproximação do problema do ponto de vista do usuário. Com o intuito de produzir um resumo da oportunidade de trabalho e o perfil do usuário em potencial.

Passo 3. Visa à descoberta de novos conhecimentos a respeito da oportunidade de trabalho, esta fase é complementar à fase de imersão. Definindo os objetivos a serem alcançados:

- Enquadramento e delimitação de pesquisa;
- Definição do problema;
- Resumo do objeto de estudo.



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Gonçalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Passo 4. O objetivo nessa etapa é gerar um conjunto de conceitos usado para resolver o problema de um domínio específico. Podendo ser uma estrutura, um fluxo de informações, um resumo das atividades ou ideias geradas e que podem ser utilizadas nas próximas fases para a construção do protótipo.

Passo 5. Esta fase é sugerida para a geração de ideias inovadoras entorno do tema do projeto. Nesta fase é importante que a criatividade seja estimulada para gerar soluções dentro do contexto do assunto que está sendo trabalhado. Tem a finalidade de gerar um conceito para o protótipo que será trabalhado na próxima etapa.

Passo 6. Esta fase é proposta com a finalidade de auxiliar a validação das ideias geradas. O protótipo poderá ser qualquer coisa que as pessoas poderão interagir, identificando-se, pelo menos, dois tipos de saídas diferentes:

- A primeira diz respeito ao protótipo em seu estado funcional, ou seja, um objeto;
- A segunda engloba protótipos que podem ser não físicos, ou seja, um construto, modelo, framework ou instanciação.

Passo 7. A fim de validar o protótipo gerado na etapa anterior é sugerida uma etapa de testes com os usuários do produto, antes de mesmo que o protótipo seja fabricado de forma definitiva, sendo ele físico ou não. Os testes são realizados a fim de gerar conhecimento sobre a aceitação do artefato e da eficácia deste no meio para o qual foi projetado;

Passo 8. A etapa de feedback tem o intuito de validar os testes com os protótipos para que seja desenvolvido o artefato definitivo da pesquisa. Tendo como principal função gerar os inputs para a validação do protótipo.

Passo 9. Sugere-se que esta etapa ocorra posterior à coleta dos feedbacks, a fim de que o projeto possa ser entendido através das opiniões dos usuários, e assim ele possa ser melhorado, ou refeito, caso necessário. É esperado que nesta etapa sejam gerados registros documentados da eficácia do protótipo proposto, de maneira consistente e coerente com o objetivo da pesquisa desenvolvida.

Passo 10. É importante que a fase de implementação seja posterior as fases de feedback e validação, uma vez que as anteriores são etapas que visam buscar o ponto de vista do usuário sobre o artefato, dessa forma as chances de que o protótipo seja bem-sucedido no momento da implementação são maiores.

Passo 11. Esta fase tem o intuito de fazer com que o pesquisador consiga identificar que o artefato está de fato contribuindo para elucidar o problema para o qual foi proposto. Podendo o pesquisador verificar, observar e medir o comportamento do artefato na solução do problema. Este passo deve gerar um conjunto de dados que validam o quanto bem executado foi à pesquisa e a aplicação do artefato na resolução do problema de pesquisa.

Passo 12. A etapa da conclusão é sugerida para que se possa realizar um balanço sobre o processo de implementação do protótipo, no qual é possível rever os pontos fortes e



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

oportunidades de melhoria da utilização do método. Esta etapa pode ser utilizada, também, para propor gaps de pesquisa e pesquisas futuras.

4 OBJETO DE ESTUDO – ANÁLISE

O Objeto de estudo é situado no Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, e fabrica uma gama variada de itens para componentes automotivos utilizando tornos e máquinas CNC. Essa empresa apresentava dificuldades de manter a produtividade, devido a constantes problemas nos recursos de produção, principalmente nos seus recursos automatizados (tornos CNC) e esses problemas não eram evidentes para os gestores da mesma. Ao aplicar o método de trabalho descrito anteriormente foram desenvolvidas seguintes etapas:

Passo 1: A primeira etapa (Identificação do Problema) foi baseada em storytelling a partir de visitas ao local e teve o intuito de entender a realidade da empresa, quais os tipos de equipamentos e identificar as pessoas envolvidas no processo. Nessa etapa valeu-se de conversas e entrevistas não estruturadas, baseadas na empatia e na inspiração para entender o real cenário da empresa em questão, bem como entender as dificuldades encontradas e perspectivas futuras. Evidenciou-se, então, que a empresa não possuía controles em relação aos seus recursos produtivos junto ao processo de manufatura. Assim, após essa etapa, surgiu ao tema de pesquisa eficiência em processos produtivos.

Passos 2 e 3: Após a identificação do problema, foram realizadas a imersão e a pesquisa. Assim, que o problema foi diagnosticado, partiu-se para realizar a pesquisa detalhada dos fatores que poderiam estar gerando o problema no chão de fábrica. Para isso foi necessário obter a visão do ponto de vista do usuário. A fim de entender o contexto dos problemas encontrados na empresa foi realizada a imersão utilizando-se de livros, pesquisas bibliométricas ligados ao ramo de atuação do usuário, assim como seus processos produtivos e filosofias de administração, assim como visita in loco e conversa com os funcionários da empresa. Para complementar a fase de imersão também foi realizada a fase de Pesquisa, utilizando pesquisas em bases de dados como a Science Direct e a Scopus, por exemplo, a fim de buscar fontes de referência de aplicação e fonte de inspiração para realizar a próxima etapa de pesquisa. Assim, após essa etapa, surgiu a pergunta de pesquisa: como medir a eficiência em máquinas de produção seriada (tornos automatizados) e não seriada (Centros de usinagem) em empresas de pequeno porte em uma metalúrgica no Sul Brasil? O Quadro 2 apresenta a quantidade de artigos disponíveis em Português e Inglês que poderiam ser utilizados na imersão realizada.



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Quadro 2. Quantidade de artigos relacionados ao objeto de pesquisa

Metabuscadores	Palavras chave	Número de Artigos Encontrados	Filtros	
<i>Science Direct</i>	OEE	47	Período de 2009 a 2019	Research articles
	Eficiência operacional dos equipamentos	307		Finalidades das publicações (tipos das Revistas): Engineering and manufacturing
	Eficiência	11		
	Índice Operacional Global	275		
	Equipment operational efficiency	87		
	Efficiency	0		
	IROG	20		
	Global Operating Index	0		
<i>Scopus</i>	OEE	35	Período de 1999 a 2019	Research articles
	Eficiência operacional dos equipamentos	0		Finalidades das publicações (tipos das Revistas): Engineering and manufacturing
	Eficiência	82		
	Índice Operacional Global	1		
	Equipment operational efficiency	105		
	Efficiency	35206		
	IROG	1		
	Global Operating Index	18		

Fonte: Autores

A partir deste levantamento de dados, os títulos foram verificados pelos autores, a fim de realizar-se a avaliação das fontes. Após esse passo os títulos que mais encaixavam-se nas necessidades, baseado na experiência dos autores, foram incluídos para auxiliar na fundamentação para o desenvolvimento do protótipo. O resultado desta análise realizada pelos autores pode ser verificado no Quadro 3, que apresenta os títulos que foram utilizados para o desenvolvimento de um conceito durante a fase de imersão. Para esta seleção somente foram utilizados artigos desenvolvidos para pesquisas, em especial estudos de casos, envolvendo empresas de porte similar ao descrito neste artigo.



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Quadro 3. Títulos encontrados nas bases de dados (utilizados para a Imersão) (continua)

Artigo	Autor	Ano	Journal
Investigating the relationship between RPN parameters in fuzzy PFMEA and OEE in a sugar factory	Mohammad baghbani, Soleyman Irazzadeh, Majid Bagherzadeh khajeh	2019	Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 60, July 2019, Pages 221-232
Using OEE to evaluate the effectiveness of urban freight transportation systems: A case study	Andrés Muñoz-Villamizar, Javier Santos, Jairo R. Montoya-Torres, Carmen Jaca	2018	International Journal of Production Economics, Volume 197, March 2018, Pages 232-242
On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity	C. Andersson, M. Bellgran	2015	Journal of Manufacturing Systems, Volume 35, April 2015, Pages 144-154
Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE	Richard Hedman, Mukund Subramaniyan, Peter Almström	2016	Procedia CIRP, Volume 57, 2016, Pages 128-133
Optimizing & Analysing Overall Equipment Effectiveness (OEE) Through Design of Experiments (DOE)	Anand S. Relkar, K. N. Nandurkar	2012	Procedia Engineering, Volume 38, 2012, Pages 2973-2980
Production Planning and Process Improvement in an Impeller Manufacturing Using Scheduling and OEE Techniques	S. Vijaya Kumar, V. G. S. Mani, N. Devraj	2014	Procedia Materials Science, Volume 5, 2014, Pages 1710-1715
Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company	Bupe. G. Mwanza, Charles Mbohwa	2015	Procedia Manufacturing, Volume 4, 2015, Pages 461-470
Improving the overall equipment effectiveness in high-mix-low-volume manufacturing environments	Juan M. Jauregui Becker, Jesper Borst, Abele van der Veen	2015	CIRP Annals, Volume 64, Issue 1, 2015, Pages 419-422
Evaluation Improvement of Production Productivity Performance using Statistical Process Control, Overall Equipment Efficiency, and Autonomous Maintenance	Amir Azizi	2015	Procedia Manufacturing, Volume 2, 2015, Pages 186-190
Measuring Global Production Effectiveness	Gisela Lanza, Johannes Stoll, Nicole Stricker, Steven Peters, Christof Lorenz	2013	Procedia CIRP, Volume 7, 2013, Pages 31-36
Overall Equipment Effectiveness (OEE) Calculation - Automation through Hardware & Software Development	Ranteshwar Singh, Dhaval B. Shah, Ashish M. Gohil, Miles H. Shah	2013	Procedia Engineering, Volume 51, 2013, Pages 579-584



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Quadro 3. Títulos encontrados nas bases de dados (utilizados para a Imersão) (Continuação)

On the Analysis of Effectiveness in a Manufacturing Cell: A Critical Implementation of Existing Approaches	Gamberini Rita, Galloni Luca, Lolli Francesco, Rimini Bianca	2017	Procedia Manufacturing, Volume 11, 2017, Pages 1882-1891
A Two-way Knowledge Interaction in Manufacturing Education: The Teaching Factory	L. Rentzos, D. Mavrikios, G. Chrystolouris	2015	Procedia CIRP, Volume 32, 2015, Pages 31-35
Analysing the utilisation effectiveness of mining machines using independent data acquisition systems: A case study	Brodny, J., Tutak, M.	2019	Energies 12(13),2505
Invisibility of impact from customer demand and relations between processes in Overall Equipment Effectiveness (OEE)	Teoh, Y.S., Ito, T., Perumal, P.	2017	Journal of Advanced Mechanical Design, Systems and Manufacturing 11(5)
Visual Management System to Manage Manufacturing Resources	Steenkamp, L.P., Hagedorn-Hansen, D., Oosthuizen, G.A.	2017	Procedia Manufacturing 8, pp. 455-462
An analysis of the application of indicators alternative to overall equipment effectiveness (OEE) in the management of a plant's overall performance	Busso, C.M., Miyake, D.I.	2013	Produção / Production 23(2), pp. 205-225

Fonte: Autores

O Quadro 3 apresenta os títulos selecionados na imersão realizada pelos autores, cada título foi selecionado por deter alguma informação ou conceito que os autores julgaram ser úteis para a compreensão de diferentes formas para aplicação do OEE em diferentes empresas e setores.

Passo 4: a partir da definição da pergunta de pesquisa foi possível formar um conceito acerca do que era necessário para responder a essa questão. Através disso, então, foi realizado um brainstorming seguido da utilização da ferramenta dos 5 por quês, e com isso foi possível identificar que um dos principais problemas, era a falta de controle sobre a capacidade e eficiência de produção das máquinas da empresa.

A ferramenta dos 5 porquês é uma ferramenta muito utilizada por se tratar de uma técnica simples e mas efetiva, quando analisa-se os “5 Porquês” é possível entender as razões da ocorrência do problema. Iniciando-se com o estabelecimento do problema e após deve-se fazer a pergunta “porquê o problema aconteceu?”. Nada impede que sejam feitas mais ou menos perguntas, até que se chegue à causa raiz do problema (Johnston, Chambers & Slack, 2002). E por isso foi fundamental sua utilização neste ponto, pois é uma ferramenta simples, porém ela auxilia na resposta da causa raiz do problema, que é fundamental para a etapa de ideação, pois a partir disso é que podem ser criados os artefatos. Outra ferramenta que é de grande valia para a identificação dos problemas, mas dessa vez olhando com os olhos do usuário, é o mapa de empatia.

O mapa de empatia é uma ferramenta que sintetiza as informações sobre o cliente através da visualização do que ele diz, faz, pensa e sente. Através dessa ferramenta é possível organizar os dados da fase de Imersão com a finalidade de prover entendimento de situações de



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Gonçalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

contexto e comportamentos do usuário (Vianna, et al., 2012). Um fator importante observado, através do mapa de empatia, foi a falta de indicadores de monitoramento de fatores imprescindíveis para a produção: índice de sucata, tempo de máquina parada, paradas não programadas, paradas programadas, produção diária, entre outras.

O mapa de empatia e a análise dos 5 porquês, também foram aplicados para justificar que a investigação estivesse alinhada com o desempenho atual da produtividade da produção, e através disso entender os fatores que realmente influenciavam na fábrica. A partir destas análises, chegou-se a conclusão que o principal problema da empresa é relacionado à falta de informação e controle das paradas de produção e da eficiência das máquinas que tem no parque fabril. E a partir dessa conclusão os autores decidiram criar uma ferramenta para a empresa que fosse de fácil preenchimento e leitura desses dados tão importantes para garantir a competitividade da empresa, que será descrita na fase de ideação.

Passo 5: Com o conceito desenvolvido na etapa anterior, realizou-se a fase de ideação, no intuito de desenvolver uma solução para o problema identificado. Para isso foi criado um Writestorming a fim de realizar o levantamento das necessidades da fábrica a fim de garantir o controle sobre as operações, máquinas e quantidade de itens produzidos com ou sem condição de uso (índice de rejeitos), e, com isso, garantir que suas paradas fossem calculadas para haver identificação das perdas do processo produtivo. Partindo desse conceito realizou-se a utilização de duas ferramentas de priorização: o funil de ideias e a priorização das ideias. Através dessa priorização foi possível identificar que inserir os conceitos de TPM e eficiência dos equipamentos na empresa seria de grande importância, e por isso decidiu-se aplicar o OEE à planta.

Além da evidente falta de indicadores, também se identificou a necessidade de realização de treinamentos para os operadores para que a execução dos controles fosse realizada de forma correta, uma vez que esse procedimento visa identificar e trabalhar nas causas das perdas de produção da planta.

Passo 6: A partir dessa ideia uma planilha protótipo foi criada para realizar a coleta dos primeiros indicadores, e com isso identificar quais os fatores mais impactavam a produção. A ideia de criar uma planilha iniciou-se através de um writestorming. Que também identificou que a planilha precisava ser de fácil acesso e simples, a fim de qualquer pessoa fosse capaz de realizar o apontamento dos dados. Além disso, era desejável que tivesse um mostrador de como estava o andamento no dia, e com isso poderia ser verificado semanalmente, tendo ao final do ano um resumo de como a empresa performou, sendo possível identificar as melhorias a serem executadas, bem como prever sua demanda em relação à capacidade. A planilha protótipo ainda não apresentava todas as funcionalidades e necessidades dos operadores, mas foi enviada para teste e coleta de dados.

Passo 7 e 8: Nesses passos foram realizados testes com a planilha, de maneira que os dados começaram a ser coletados nas máquinas, juntamente com os operadores. E a partir disso passaram a ser coletados os feedbacks dos usuários a fim de identificar o que poderia se alterado até a implementação definitiva.



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Gonçalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Passo 9: Os resultados encontrados na etapa de teste e feedback foram, então, validados com os gestores e a planilha foi alterada utilizando as sugestões coletadas como base. Ela inicialmente havia sido pensada como uma planilha eletrônica de coleta de dados, porém em alguns casos as empresas de pequeno e médio porte não possuem computadores nas máquinas de produção, por isso foi desenvolvida, também, uma folha de verificação para coleta dos dados nas máquinas, que seriam utilizadas pelos operadores das máquinas. Através dessa ideia o responsável pelo apontamento eletrônico dos dados seria o responsável de processos (Figura 7).

Figura 7. Planilha de controle semana 10 a 14. , vale lembrar que a mesma não é imutável, portanto, deve ser ajustada a realidade de cada empresa de acordo com a necessidade de cada usuário.

OEE/ PRODUTIVIDADE TOTAL SEMANAL										
MÁQUINA	SINITRON					FEELER TORNO				
JUNHO	S10	S11	S12	S13	S14	S10	S11	S12	S13	S14
TEMP. CALND(MIN)	1155	1155	1155	1155	1095	1155	1155	1155	1155	1095
TMP. PRODUZINDO	735	955	930	735	675	0	0	360	105	0
PARADAS N PROG	300	20	45	280	300	1035	1035	495	750	975
PARADAS PROG	120	180	180	140	120	120	120	300	300	120
PEÇA	1308	8281	1308	1308/1386	1386	XX	XX	KON	AMOS	0
TEMP. CICLO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0	0	1,7	3	0
PÇS CONFORME	1200	1790	1793	1550	1100	0	0	230	5	0
PÇS NC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERADOR	A	VA	VA	VA	VA	D	D	D	A	D
DISPONIBILIDADE%	71%	98%	95%	72%	69%	0%	0%	42%	12%	0%
PERFORMACE %	65%	75%	77%	84%	65%	0%	0%	109%	14%	0%
QUALIDADE %	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	100%	0%
OEE %	46	73	74	61	45	0	0	46	2	0
produtividade hora	97,96	112,5	115,7	126,53061	97,77777778	0	0	38,33	2,857	0

Fonte: Autores (2019).

Na Figura 7, pode-se verificar a interface da planilha desenvolvida para realizar o controle dos dados de produção das máquinas utilizadas na empresa, nesta Figura são apresentadas apenas duas máquinas que foram acompanhadas na produção. Já na Figura 8 é apresentada a folha de verificação para os operadores.

Figura 8. Folha de verificação para o operador da máquina

FOLHA DE VERIFICAÇÃO							
MÁQUINA	SINITRON						
DIA							
PARADAS N PROG TEMPO							
PARADAS PROG	120	120	120	120	120	120	120
PEÇA (CÓDIGO)							
TEMP. CICLO							
PÇS CONFORME							
PÇS NC							
OPERADOR							

Fonte: autores (2019).

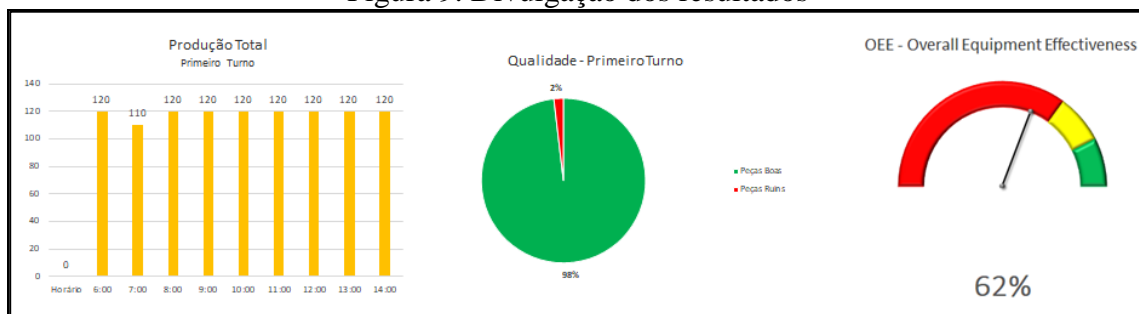


Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Gonçalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

A Figura 8 apresenta a folha de verificação, classificada como controle para as empresas que não possuem computadores disponíveis aos operados na fábrica. A coleta dos dados deve ser realizada pelos operadores, e no final da semana ser trocada e os dados inseridos na planilha de controle e cálculo do OEE. Nessa folha de verificação já podem ser destacadas as paradas programadas, tais como intervalos de almoços, setups, manutenções preventivas, entre outras, para que o operador apenas descreva as paradas não programadas e a quantidade de peças não conformes. Bem como as características das peças, caso a máquina realize duas operações diferentes. Nessa folha sugere-se que sejam inseridos os dias em que foi realizada cada coleta. O tempo das paradas não programadas, como por exemplo, uma quebra de máquina ou de ferramenta. O código da peça que está sendo fabricada na máquina, pois uma mesma máquina pode fabricar diferentes tipos de peças durante uma semana, por exemplo. Assim como o código do item é importante também colocar o tempo de ciclo de cada item, o tempo real de fabricação, para que sejam calculadas as perdas por qualquer parada, o que no final gera a eficiência da máquina. Outro fator importante para controle do OEE é a qualidade dos itens que estão sendo fabricados, por esse motivo há um campo para que sejam anotadas a quantidade de peças conformes, bem como a quantidade de peças não conformes que cada máquina produz durante o dia e semana, nesse caso.

Ainda no intuito de incentivar os operadores a preencher os controles é sugerida uma forma de divulgação do percentual atingido semanalmente ou mensalmente, pois se acredita que se o funcionário sentir-se incluído e pertencente ao sistema ele irá realizar suas tarefas de forma mais natural (Figura 9).

Figura 9. Divulgação dos resultados



Fonte: Elabora pelos autores, baseado em planilhas disponíveis no mercado (2019).

Figura 9 apresenta de forma gráfica e através de medidores os resultados da efetividade das máquinas, que são geradas através da planilha de controle que é abastecida com as informações dos operadores. É importante que a empresa tenha esses resultados expostos de forma que todos saibam qual a condição de funcionamento das máquinas e, através dessas informações possam ser capazes de atuar para a proposição de melhorias.

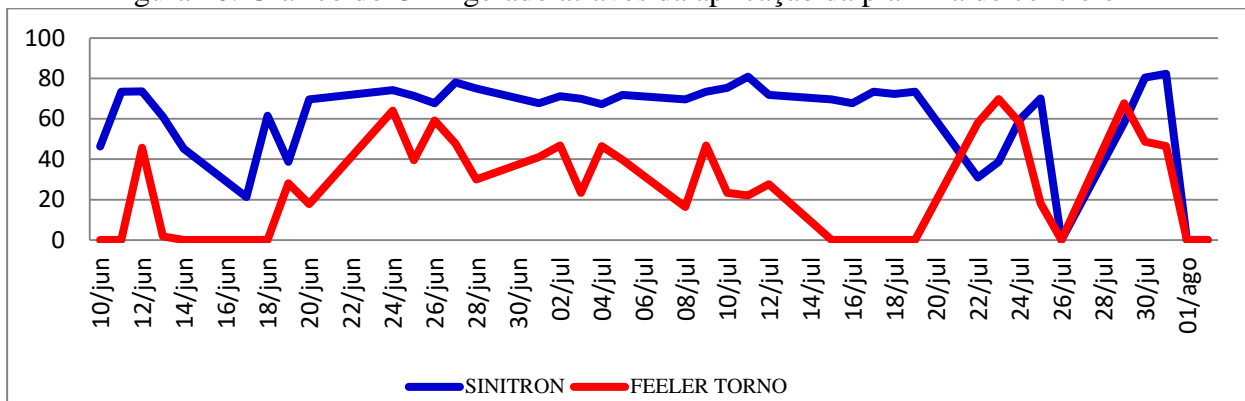
Passo 10: Após os passos de testes e feedback e validação, nos quais houveram alterações testes e conversas, realizou-se o passo de implementação dessa ferramenta de controle na empresa. Nesse passo os operadores ainda receberam treinamento e acompanhamento para realizar o apontamento de forma correta, a fim de garantir valores reais ao final do processo.



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Passo 11: O monitoramento passou a ser realizado diariamente, e com este tipo de controle implementado há muito mais possibilidades de identificar quais os reais problemas da produção, bem como realizar as paradas para manutenções preventivas tornam-se mais fáceis de administrar e organizar. Na Figura 10 é apresentado um gráfico gerado com a aplicação da planilha de controle desenvolvida. Esse gráfico apresenta duas de dez (10) máquinas que foram identificadas e ganharam a aplicação do artefato proposto por este artigo. O período para desenvolvimento deste trabalho e para a plotagem do gráfico foi de 10 de junho até 02 de agosto.

Figura 10. Gráfico do OEE gerado através da aplicação da planilha de controle



Fonte: Autores (2019).

A Figura 10 apresenta a produtividade de duas máquinas que a empresa possui e que foram contempladas pela melhoria sugerida por este artigo, e pode-se notar que não estão sendo bem utilizadas pela empresa. Pois apresentam muitos períodos de ociosidade e outros períodos de pico de produção, e estes períodos poderiam ser utilizados para, por exemplo, assumir novos pedidos ou ampliar o portfólio da empresa. Então, através da implementação deste controle é esperado que a empresa identificasse as seguintes possibilidades:

- As principais perdas que ocorrem durante o período de produção;
- Quais os turnos e operadores que mais param as máquinas;
- Quais os motivos dessas ocorrências, e;
- As possibilidades de melhoria a serem adotadas.

Passo 12: Após a ferramenta estar funcionando corretamente e os operadores estarem devidamente familiarizados com o procedimento de controle e com a realização dos apontamentos o projeto pode ser concluído. Porém é importante que a empresa que adotou este tipo de monitoramento de produção prossiga realizando a melhoria contínua em seus processos para que se torne cada vez mais eficiente.



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta para a medição de eficiência em máquinas operatrizes em uma empresa de pequeno/médio porte. Através desta, pode-se observar que a eficiência operacional é fator importante para o funcionamento efetivo das organizações, bem como, auxiliar na competitividade destas junto ao mercado.

Também é possível identificar que as pequenas empresas ainda não estão bem familiarizadas com os indicadores de desempenho, e na maioria das vezes acabam não entendendo o motivo das perdas que estão gerando. Por isso é de grande importância que soluções simples, porém eficientes, sejam abordadas dentro destas empresas que não tem o poder aquisitivo de manter um sistema robusto de MRP para poder monitorar suas máquinas e equipamentos, bem como a quantidade de não conformidades que estão gerando. Tendo em vista que essas perdas podem, ao longo do tempo, acabar gerando falência destas empresas.

Identifica-se que através da aplicação e desenvolvimento desta ferramenta para a empresa em estudo pode-se verificar que o OEE é uma importante ferramenta que ainda não é amplamente utilizado, mas que pode gerar muitos benefícios se bem aplicado. Porém ainda é vista a necessidade de treinamento para os funcionários entenderem a importância do correto preenchimento dos controles a fim de gerar os números mais corretos possíveis, e assim, garantir acuracidade dos dados. Pois é a partir destes dados é que serão tomadas as decisões da planta de produção.

Como principal ganho desta empresa em específico, pode-se destacar o ganho de indicadores, visto que antes da implantação desta planilha de controle nem os operadores nem a gerencia sabia o que era produzido, e tão pouco qual a condição da produção. Não havia conhecimento da demanda e da capacidade, nem se haviam recursos críticos galgalos ou não.

Com a utilização desta ferramenta pode-se observar quais as máquinas produzem mais, quais são as capacidades e quais são as demandas que ainda podem ser trazidas por parte do time de vendas, visto que tem máquinas, assim como a TNG, por exemplo, que fica parada em algumas semanas. Assim como o torno Feller, que, de acordo com a Figura 7, passa a maior parte do tempo parado, sendo assim, a empresa está com recursos parados (máquina e operador), sendo que poderia estar gerando valor. Com este tipo de indicador, torna-se mais fácil para a empresa gerenciar a entrada de pedidos e até mesmo antecipar o período de baixa para tentar realizar outros tipos de venda de serviço, por exemplo, ou mesmo programar manutenções em épocas de produção baixa.

Sendo assim, após a aplicação deste trabalho, observa-se que por meio da aplicação do indicador de desempenho OEE, é possível auxiliar nas análises sistemáticas e na melhoria contínua dos equipamentos nas empresas e assim contribuir com a melhoria do processo. Além disso, faz-se que todos envolvidos saibam as ações estratégicas da empresa, pois desta forma irão fortalecer a relevância dos indicadores de desempenho e o gerenciamento do mesmo, por isso é fundamental que sejam realizados treinamentos com todos os funcionários. A partir deles é possível buscar a realidade, analisar a produtividade do equipamento ou processo e promover melhorias no sistema produtivo estudado.



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Como sugestões de pesquisas futuras, indica-se a ampliação da medição do OEE nas demais máquinas e equipamentos da empresa, bem como a inclusão do TEEP, após a detecção dos gargalos dos fluxos produtivos da organização.

REFERENCIAS

Antunes, J. A. do V., & Klippel, M. (2001) *Uma abordagem metodológica para o gerenciamento das restrições dos sistemas produtivos: A gestão sistêmica, unificada/integrada e voltada aos resultados do posto de trabalho*. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Campinas – SP. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2001_tr12_0256.pdf. Acessado em: 07 set. 2019

Antunes, J. A. do V., et al., (2013). *Uma revolução na produtividade a gestão lucrativa dos postos de trabalho*. Bookman Editora.

Azizi, A. (2015). *Overall Equipment Efficiency, and Autonomous Maintenance*. *Procedia Manufacturing*, Montenegro, 2, 186-190. Disponível em: <Procedia Manufacturing 2 (2015) 186 – 19>. Acesso em: 27 nov. 2019.

Braglia, M., Gabbrielli, R., Marrazzini, L. (2019). Overall Task Effectiveness: a new Lean performance indicator in engineer-to-order environment. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(2), 407-422.

Gasparin, Clovis, & Palomino, R. C. (2006). *Aplicação do índice de eficiência global dos equipamentos numa indústria metal-mecânica de pequeno porte*. 1-11. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/211.pdf>. Acesso em: 08 set. 2019.

Hedman, R., Subramaniyan, M., & Almström, P. (2016). Analysis of critical factors for automatic measurement of OEE. *Procedia Cirp*, 57, 128-133.

Johnson, T. H., & Kaplan, R. S. (1987). The Rise and Fall of Management Accounting. *Management Accounting*, 7(68), 22-30.

Johnston, R., Chambers, S., & Slack, N. (2002). *Administração da Produção*. 2ed. Atlas.

Klippel, A. F., et al., *Considerações sobre o desdobramento do cálculo do Índice do Rendimento Operacional Global (IROG) utilizado como pilar de sustentação para a abordagem de Gestão dos Postos de Trabalho (GPT) para sistemas produtivos*. Disponível em: <http://www.produttare.com.br/artigos>. Acesso em: 07 set. 2019.

Kumar, P., Varambally, K. V. M., & Rodrigues, L. L. R. (2012). A Methodology for Implementing Total Productive Maintenance in Manufacturing Industries—A Case Study. *International Journal of Engineering Research and Development*, 5(2), 32-39.

Machado, L. R. (2006). *Projeto pedagógico do curso de graduação em engenharia de produção*. Disponível em: <https://caep.catalao.ufg.br>. Acesso em 12 set 2019.

Mather, D. (2003). *CMMS: A Timesaving Implementation Process*. Boca Raton: Crc Press Llc. 141 p.



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535.

Nascif, J. de A., & Dorigo, L. C. (2013). *Manutenção orientada para resultados*. Rio de Janeiro: Quality mark, 276 p.

Nakajima, S. (1989). *TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*, p.44 Cambridge MA: Productivity Press.

Palmeira, Jorge Nassar. (2001). *Manutenção Produtiva Total: O Caso da Eletronorte*. P 128. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br>>. Acesso em: 17 nov. 2019.

Piran, Fabio Antonio Sartori et al.(2015). A Utilização do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) na Gestão dos Postos de Trabalho: Estudo Aplicado em uma Empresa do Segmento Metal Mecânico. *Espacios*, 36, n. 24, p.14-20, 25 set. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com>. Acesso em: 08 set. 2019.

Piran, F. A. S., Trapp, G. S., Neves, C. T., & Nunes, F. (2015). A Utilização do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) na Gestão dos Postos de Trabalho: Estudo Aplicado em uma Empresa do Segmento Metal Mecânico. *Revista Espacios*, 36(24). 1-14

Prates, C. C.; & Bandeira, D. L. (2011). Increased efficiency through production stream mapping and application of Index of Global Operating Income in the manufacturing process of an electronic components company. *Gestão & Produção*, 18(4), 705-718.

Raposo, Cristiane De Fatima Cavalcante. (2011). *Overall Equipment Effectiveness- Aplicação em uma empresa do setor de bebidas do pólo industrial de manaus*. in: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep>. Acesso em: 20 set. 2019.

Santos, A. C. O., & Santos, M. J. (2007). Utilização Do Indicador De Eficácia Global De Equipamentos (Oee) Na Gestão De Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura - Um Estudo de Caso. In: Encontro Nacional da Engenharia de Produção, 27, 1-10. Disponível em: <http://www.volumetricusa.com/anexos/oeef.pdf>. Acesso em: 20 set. 2019.

Santos, P. V. S. (2018). Aplicação do Indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE): Um Estudo de Caso Numa Retífica E Oficinamecânica. *Brazilian Journal Of Production Engineering*, 4(3), 1-18.

Sari, M. F., & Darestani, S. A. (2019). Fuzzy overall equipment effectiveness and line performance measurement using artificial neural network. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(2), 340-354.

Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). *Administração da produção*, 2. ed. São Paulo: Editora Atlas. 748 p.

Silveira Junior, R. J. A. da, Menezes, F. M., & Nunes, F. de L. (2015). O Índice De Rendimento Operacional Global E A Troca Rápida De Ferramentas Aliadas À Eficiência De



Citação (APA): Secchim, A. B., Freitas, R. R. de, & Goncalves, W. (2019). Eficiência de equipamentos: aplicação de uma ferramenta para medir o desempenho de equipamentos em uma empresa metalmeccânica de pequeno porte no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial em Segurança do Trabalho, 86-107.

Uma Aplicadora De Adesivos. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza. Artigo. Fortaleza: Abepro, 2015. p. 1 - 18. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_226_27567.pdf>. Acesso em: 07 set. 2019.

Stamatis, D. H. (2010). *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. New York: Crc Press Llc, 2010. 483 p. Disponível em: <http://www.mescenter.ru/images/abook_file/The_OEE_Primer.pdf>. Acesso em: 20 set. 2019.

Soltanali, H., et al., (2018). Improving the performance measurement using overall equipment effectiveness in an automotive industry. *International Journal of Automotive Engineering, Iran*, 8(3), 2781-2791.

Takahashi, Y., & Osada, T. (1993) *TPM/MPT: Manutenção Produtiva Total*. 4. ed. São Paulo: Instituto Imam, 1993. 322 p.

Vianna, M., et al., (2012). *Design Thinking: inovação em negócios*. 5. Ed. Rio de Janeiro: Mjv Press, 2012. 162 p.

Vince Soluções E Tecnologia© (Brasil). (2018). *Tutorial para cálculo do OEE*. Disponível em: <www.oeec.com.br/ferramenta/tutorial-para-calculo-do-oeec>. Acesso em: 08 set. 2019.

Vorne. (2019). *World-Class OEE*. Disponível em: <<https://www.oeec.com/world-class-oeec.html>>. Acesso em: 10 set. 2019.

Yuniawan, D., Ito, T., & Bin, M. E. (2013). Calculation of overall equipment effectiveness weight by Taguchi method with simulation. *Concurrent Engineering*, 21(4), 296-306.

