

**Análise do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) para o equipamento  
convertedor em uma empresa de siderurgia**

**Overall Equipment Effectiveness analysis for converter equipment in a  
steel industry**

---

**Bruno Plözner Toledo\*** - [toledo.p.bruno@gmail.com](mailto:toledo.p.bruno@gmail.com)  
**Arthur Venterim Ferrão\*** - [arthurventerim@gmail.com](mailto:arthurventerim@gmail.com)  
**Marta Monteiro da Costa Cruz\*** - [marta.cruz@ufes.br](mailto:marta.cruz@ufes.br)  
\*Universidade Federal do Espírito Santo - (UFES), Vitória, ES

---

**Article History:**

Submitted: 2019 - 12 - 02

Revised: 2019 - 12 - 06

Accepted: 2020 - 02 - 07

---

**Resumo:** A globalização aumenta a pressão pela excelência nas organizações. Isso intensifica a concorrência entre elas, fazendo com que busquem constantemente uma maior eficiência do seu processo produtivo e uma melhor utilização de seus recursos de produção. Frente à esta realidade, são utilizados indicadores de desempenho para suportar decisões a serem tomadas e melhorar o planejamento da cadeia produtiva. Neste contexto, encontra-se a aplicação da Eficiência Global dos Equipamentos – *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), proposto pela metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM), que calcula a eficácia dos equipamentos e auxilia na análise do rendimento real dos recursos de produção, possibilitando o detalhamento das perdas que afetam diretamente a produtividade através de três parâmetros: disponibilidade, *performance* e qualidade. Dessa forma, o presente trabalho propõe a realização de uma análise sobre o cálculo do OEE para avaliação no desempenho de um convertedor em uma indústria siderúrgica de grande porte. Os principais resultados encontrados foram em relação ao parâmetro *performance*, onde foram analisadas possíveis causas, uma simulação de quanto sua melhora impactaria no resultado final do OEE e uma visão futura de como o indicador poderia ser melhor utilizado para auxiliar ainda mais na tomada de decisão eficaz e obtenção de maior ganho de produtividade operacional.

**Palavras-chave:** *Overall Equipment Effectiveness* (OEE); Indústria siderúrgica; Produtividade

**Abstract:** Globalization increases the pressure for excellence in organizations. This intensifies the competition between them, making them constantly seek greater efficiency of their production process and better use of their production resources. Faced with this reality, performance indicators are used to support decisions to be made and to improve the planning of the production chain. In this context, there is the application of the Overall Equipment Effectiveness (OEE), proposed by the Total Productive Maintenance (TPM) methodology, which calculates the effectiveness of the equipment and assists in the analysis of the real yield of production resources, enabling the detail of losses that directly affect productivity through three parameters: availability, performance and quality. Thus, the present work proposes an analysis of the OEE calculation to evaluate the performance of a converter in a large steel industry. The main results found were in relation to the performance parameter, where possible causes were analyzed, a simulation of how its improvement would impact in the final result of the OEE was made and a future view of how the indicator could be better used to further assist in effective decision making. and obtaining greater operational productivity gain.

**Keywords:** Overall Equipment Effectiveness (OEE); Steel industry; Productivity

## 1. Introdução

Com o processo de globalização e a rápida evolução tecnológica, as organizações estão vivendo sob a constante pressão. A intensificação da concorrência, consequência desse processo, tem exigido das empresas disponibilizem seus produtos com qualidade, confiabilidade no prazo de entrega e flexibilidade para suprir as necessidades específicas de cada cliente (Busso, 2012).

Para atender esses objetivos, as indústrias buscam constantemente uma maior eficiência do seu processo produtivo e de seus recursos de produção. Segundo Gagnon (1999), a eficiência global da indústria é afetada diretamente pelo desempenho dos equipamentos, pois estes estão envolvidos em decisões como a tecnologia a ser utilizada, a capacidade industrial, quantidade de mão-de-obra, tipo de produto a ser desenvolvido e entre outros.

Devido à grande importância de medir precisamente a produtividade da planta fabril, surge o indicador de eficiência global dos equipamentos Overall Equipment Effectiveness (OEE). Proposto pela metodologia da Manutenção Produtiva Total -Total Productive Maintenance (TPM), o indicador OEE calcula a eficácia global dos equipamentos e auxilia os gestores das empresas na análise do rendimento real dos recursos de produção, possibilitando o detalhamento das perdas que afetam diretamente a produtividade (Nakajima, 1989).

O problema de pesquisa foi elaborado através da análise de dados de desempenho das etapas de produção do aço em um convertedor de uma empresa siderúrgica de grande porte localizada no estado do Espírito Santo. O convertedor é parte integrante da aciaria, onde acontece o refino primário do aço, isto é, onde o ferro gusa adicionado à sucata é transformado em aço e são removidos o carbono e as impurezas. A Figura 1 representa o processo simplificado de produção do aço, destacando a etapa na qual se enquadra o convertedor (refino).

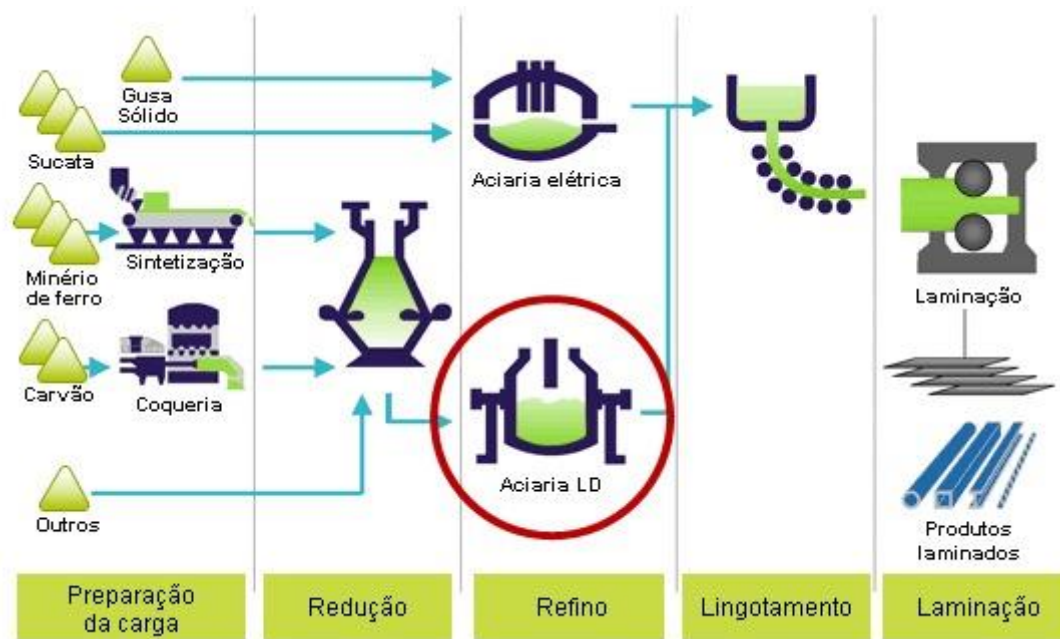


Figura 1 – Fluxo simplificado de produção do aço  
 Fonte: Adaptado de Instituto Aço Brasil (2015)

Buscou-se identificar os desperdícios nessa etapa da produção e quantificá-los através do uso de indicadores, bem como suas causas e efeitos, utilizando as ferramentas necessárias para auxiliar na tomada de decisão em possíveis melhorias no que tange a produção. Diante da identificação do problema de pesquisa, busca-se, através da análise do OEE, avaliar a eficiência do convertedor, com foco em quantificar o rendimento real deste equipamento e, em seguida, orientar ações de melhorias que permitam facilitar as tomadas de decisões estratégicas.

A motivação para realizar o estudo proposto é justificada pela importância de analisar as reais condições de utilização dos recursos produtivos, buscando sempre a melhoria contínua dos processos. No atual cenário de busca por aumento de produtividade e redução dos custos, a ausência de uma análise correta sobre a eficiência dos equipamentos impede a sua adequada utilização, que constitui de fundamental importância na melhoria e manutenção dos processos produtivos e asseguram a competitividade das empresas.

A empresa em estudo possui grande parcela de contribuição para o desenvolvimento do ramo siderúrgico e industrial do Espírito Santo e do Brasil, produzindo placas e bobinas de aço, atendendo ao mercado interno e externo. As constantes paradas (programadas ou não) e o alto índice de refugo existentes em todas as etapas comprometem a eficiência do processo produtivo. No entanto, a empresa pesquisada possui o OEE implementado de forma inicial,

onde propomos uma análise detalhada do indicador em um equipamento específico integrante do processo para a identificação de oportunidades de melhoria neste setor da indústria.

A aplicação do indicador de eficiência global dos equipamentos permite à empresa uma análise mais detalhada dos equipamentos, bem como do processo de produção em geral. Além de ser uma importante ferramenta de gerenciamento, o OEE caracteriza-se também como um relevante fator que auxilia na tomada de decisão. A partir da identificação das perdas envolvidas que afetam a eficiência dos equipamentos, o cálculo da ferramenta busca auxiliar os gestores na análise dos problemas que causam altos índices de desperdícios, e, conseqüentemente, aumento nos custos.

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a eficiência de um conversor em uma indústria siderúrgica através da utilização do Índice de Eficiência Global (OEE), propor melhorias que contribuam para o aumento da eficiência do equipamento e identificar como o OEE pode ser utilizado para auxílio na tomada de decisão estratégica.

## **2. Revisão bibliográfica**

### *2.1 Toyota production system (TPS)*

Para entender o surgimento do indicador principal utilizado pelo estudo em questão, o OEE, é necessário voltar para os anos de aproximadamente 1950, onde Eiji Toyoda juntamente com seu engenheiro de confiança Taiichi Ohno fizeram uma visita pelas indústrias americanas, principalmente a fábrica da Ford, e deram início a construção do modelo que hoje é conhecido como Toyota Production System, o TPS.

O TPS surgiu de um estudo realizado sobre outro modelo já existente aplicado na fábrica da Ford, até então a unidade mais eficiente e complexa do mundo. Durante as visitas nas fábricas da Ford para estudar o modelo de produção em massa, Toyoda e Ohno perceberam os seguintes problemas na produção em massa: trabalhadores subutilizados; tarefas repetitivas, além de não agregarem valor; forte divisão do trabalho (projeto e execução); qualidade negligenciada ao longo do processo de fabricação; e, grandes estoques intermediários (Ghinato, 2000). Tais constatações mostram que a produção em massa é incompatível com o ambiente de baixo crescimento e de reduzida demanda em que vivia o Japão.

Portanto, para sobreviver, os gerentes perceberam que era necessário fazer uma adaptação ao mercado japonês, isto é, um contraste a filosofia Ford da época, eram

necessários baixos volumes e com diferentes modelos usando a mesma linha de montagem. A necessidade do mercado japonês exigia qualidade, custo baixo, lead-time curto e flexibilidade (Ohno, 1997).

Ainda nas visitas de estudo as fábricas americanas, em 1950, os gerentes da Toyota observaram muitos equipamentos produzindo grandes quantidades e formando estoques que seriam transferidos para outro processo e assim por diante. Esse tipo de processo causava o acúmulo de estoques intermediários decorrente do excesso de produção e defeitos escondidos em grandes lotes acumulados por semanas (Ohno, 1997).

Assim, por meio das visitas e estudos realizados na Ford, a Toyota aproveitou a linha de montagem contínua da Ford, porém, implementando algumas melhorias de redução dos desperdícios. Estabeleceu-se também a produção puxada conforme a necessidade do cliente, inspirado nos supermercados que abasteciam as prateleiras somente após a necessidade do produto na mesma, e o fluxo contínuo com o one-piece-flow – fluxo puxado um a um. Com o sistema Just in Time, pode-se reduzir drasticamente os estoques vistos nas fábricas da Ford.

Dessa forma, construiu-se o modelo TPS com a premissa de que qualquer desperdício é igual à perda de esforços, de materiais e de tempo. Logo, a lógica do sistema é que tudo o que gerar custo e não agregar valor deve ser eliminado. Por todos estes motivos Taiichi Ohno sistematiza o TPS e elege “dois pilares principais”, a saber: o just-in-time e a autonomia, que seria uma “automação com um toque humano” (OHNO, 1997), além de diversas outras técnicas como o kanban (controle visual/gerenciamento pela visão), andon (luz indicadora de problema), o kaizen (melhoria contínua), o poka-yoke (à prova de defeitos), troca rápida de ferramentas, pequenos lotes, ilhas de produção, dentre outras, que foram disseminadas pelo mundo. Os conhecimentos desenvolvidos pelo TPS foram aperfeiçoados e detalhados no conceito seguinte de Total Productive Maintenance (TPM).

## 2.2 Total productive maintenance (TPM)

Segundo Wicher *et al.* (2012), o monitoramento dos processos fundamenta-se em coletar, acompanhar e analisar os dados da produção. Reno et al (2010) complementa que o monitoramento da produção revela perdas escondidas nos processos e possibilita melhorias e ganhos nos mesmos.

A Manutenção Produtiva Total ou Total Productive Maintenance (TPM) surgiu no Japão na década de 70 (Xenos, 2004). Foi criado e desenvolvido a partir do conceito do

Toyota Production System (TPS) com a filosofia de reduzir e eliminar os desperdícios, gerando valor para o cliente e tornando a organização mais competitiva no mercado.

O TPM é definido em um de seus primeiros conceitos por Nakajima (1989) como sendo a “Manutenção conduzida com a participação de todos”. Para Slack et al (2009) as atividades de manutenção preventiva, quando realizadas de maneira integrada, através de pequenos grupos de operadores, que tomam para si a responsabilidade por suas máquinas e executam atividades rotineiras de manutenção e reparo simples, recebe a denominação de Manutenção Produtiva Total, ou TPM.

Sampaio (1993) afirma que o TPM é “a busca de maior eficiência da manutenção produtiva, por meio de um sistema compreensivo baseado no respeito individual e na total participação dos empregados”. O programa de TPM está estruturado sobre oito pilares estratégicos, no qual envolve toda a empresa, levando-a à definição de metas para redução de falhas, quebras e defeitos zero:

- 1- Manutenção Planejada;
- 2- Manutenção Autônoma;
- 3- Melhoria Específica;
- 4- Educação e treinamento;
- 5- Controle Inicial;
- 6- Manutenção da Qualidade;
- 7- TPM nas Áreas Administrativas; e
- 8- Segurança, Higiene e Meio ambiente.

Sendo uma das bases do Lean Manufacturing, o TPM é um programa de gestão que visa atingir a máxima eficiência do sistema produtivo, através da busca constante pela perda zero, potencialização da utilização dos recursos físicos e humanos existentes, elevando o conhecimento e a autoestima dos colaboradores (Pinto e Lima, 2007). O TPM visa, portanto, o aumento do rendimento global.

A implantação do TPM dentro da organização e sua correta utilização proporcionam a realização de melhorias significativas que se renovam continuamente à medida que as metas são alcançadas e de acordo com o avanço do programa.

### 2.3 Lean manufacturing

O termo Lean, que é traduzido como “enxuto” no idioma português, foi citado originalmente no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (The Machine that Changed the World), de Womack, Jones e Roos, publicado nos EUA em 1990.

O termo “produção enxuta” foi disseminado por Womack *et al.* (1992), após relatarem os resultados de um amplo estudo na indústria automobilística mundial (International Motor Vehicle Program - IMVP) que identificou diferenças significativas de produtividade entre as empresas japonesas e as empresas ocidentais. Os autores observaram que, na verdade, essas diferenças não eram resultantes apenas de uma técnica específica de gestão de operações, mas de um sistema integrado de princípios e técnicas que vieram receber a importante denominação de Produção Enxuta.

O pensamento enxuto é definido por Womack e Jones (2004) como uma forma de especificar valor, alinhá-lo na melhor sequência das ações que o criam, realizar as atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e de forma cada vez mais eficaz. O grande desafio da Produção Enxuta (Lean Manufacturing) é reduzir ao máximo as perdas, realizando um esforço contínuo para o alcance de um estado caracterizado por desperdício mínimo e fluxo máximo (Tapping e Shuker, 2010).

Para explicar melhor o pensamento lean e como a produção enxuta pode impactar no resultado dos processos produtivos, Ohno (1997) identificou sete tipos de desperdícios que impactam negativamente um sistema produtivo, de modo que suas práticas resultam em uma produção contrária ao ideal implicada pelo pensamento Lean.

Os sete principais desperdícios são:

- i) Superprodução (produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em fluxo pobre de peças e informações, ou excesso de inventário);
- ii) Espera (longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informações, resultando em um fluxo pobre, bem como em lead times longos);
- iii) Transporte excessivo (movimento excessivo de pessoas, informação ou peças, resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia);
- iv) Processos inadequados (utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma aproximação mais simples pode ser mais efetiva);

- v) Inventário desnecessário (armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixa performance do serviço prestado ao cliente);
- vi) Movimentação desnecessária (desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixa performance dos aspectos ergonômicos e perda frequente de itens); e
- vii) Produtos defeituosos (problemas frequentes nas cartas de processos, problemas de qualidade do produto ou baixa performance na entrega).

Estes desperdícios podem ser reduzidos e eliminados por meio das práticas e ferramentas desenvolvidas pelo Lean Manufacturing, que serão melhor explicadas nos próximos tópicos.

#### 2.4 Ferramentas da qualidade

De acordo com Carvalho e Paladini (2012), ferramentas de qualidade podem ser definidas como técnicas eficientes de Gestão de Qualidade que são caracterizadas pela simplicidade de concepção e implantação que visam viabilizar a implantação de melhorias nos processos de produção. Corroborando, Las Casas (2008) enfatiza que as ferramentas de análise auxiliam na identificação e solução de problemas.

Por não possuir grande alcance, as ferramentas de qualidade, em geral, enfatizam a operação de um equipamento ou um setor produtivo. São representadas através de procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, dispositivos, esquemas de funcionamento, entre outros (Carvalho e Paladini 2012).

No início da década de 1950, baseado em teorias e práticas existentes, o guru japonês da qualidade, Kaoru Ishikawa, propôs o uso de “sete ferramentas básicas”, que objetivavam uma coleta e interpretação mais simples e eficaz do uso de dados (Martinelli, 2009). A seguir são apresentadas duas das sete ferramentas da qualidade, que puderam ser utilizadas no presente trabalho.

##### 2.4.1 Diagrama de causa e efeito

Também conhecido como diagrama de Ishikawa ou gráfico de espinha de peixe, esta ferramenta investiga com clareza a relação entre causas e efeito do processo produtivo e auxilia na descoberta das raízes dos problemas (Abrantes, 2009; Slack, 2009).

De acordo com Paladini (2012), a construção do diagrama de causa e efeito começa com a identificação do efeito que será analisado, colocando-o no lado direito do diagrama. As causas são divididas em 6 componentes: mão de obra; métodos; materiais; máquinas;



medições e meio ambiente. A cada um dos componentes atribuem-se possíveis causas para o efeito analisado, conforme demonstra a Figura 2.



Figura 2 - Exemplo do diagrama de causa e efeito  
Fonte: Adaptada de Abrantes (2009)

Uma técnica que contribui para a construção do diagrama de causa e efeito na identificação das possíveis causas é o brainstorming. De acordo com Martinelli (2009), o brainstorming, também conhecido como “tempestade de ideias” é uma técnica simples de dinâmica de grupo que tem como objetivo incentivar a participação das pessoas em reuniões ou trabalhos em grupos, onde o foco é obter ideias de forma livre, ou seja, explorar a potencialidade criativa do indivíduo.

#### 2.4.2 Fluxograma

Segundo Paladini (2012), os fluxogramas são representações gráficas das fases que compõem um processo que possibilitam uma visão global desse processo, bem como das características de cada uma das etapas e de como elas se relacionam entre si. Através da ferramenta é possível identificar operações críticas ou situações que ocorrem cruzamento de fluxos, caracterizando-se gargalos. Os fluxogramas são compostos por símbolos que identificam cada operação básica ou secundária e oferecem mecanismos para, se for necessário, a realização de esquemas alternativos.

### 2.5 Overall equipment effectiveness (OEE)

A Eficiência Global dos Equipamentos (Overall Equipment Effectiveness - OEE) é um indicador proposto pela metodologia TPM. Segundo Nakajima (1989), tal metodologia tem como objetivo maximizar o rendimento operacional global da indústria através de um sistema de manutenção da produção que engloba a participação de todos os colaboradores, da alta direção até a operação, e que considera toda a vida útil dos equipamentos.

Para se atingir a maximização do custo do ciclo do equipamento, Nakajima (1989) afirma que é necessário eliminar seis grandes perdas que acarretam uma performance indesejada das máquinas. São elas:

- 1) Perda por parada acidental;
- 2) Perda durante a mudança de linha;
- 3) Ociosidade/pequenas paradas;
- 4) Queda de velocidade de trabalho;
- 5) Defeito no processo; e
- 6) Defeito no início da produção.

Busso (2012) afirma que as seis grandes perdas se enquadram e interferem em três categorias dos equipamentos: disponibilidade, performance e qualidade conforme demonstram a Figura 3 e as Equações 1, 2 e 3.

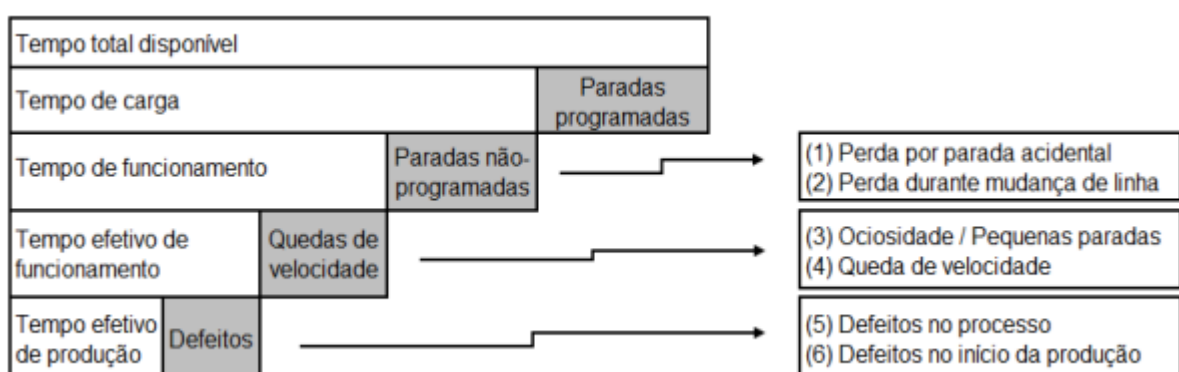


Figura 3 – Definição das variáveis do OEE  
Fonte: Adaptado de Nakajima (1989)

$$\text{DISPONIBILIDADE} = \frac{\text{TEMPO DE FUNCIONAMENTO}}{\text{TEMPO DE CARGA}} \quad (1)$$

$$PERFORMANCE = \frac{\text{TEMPO DE CICLO} \times \text{TOTAL DE ITENS}}{\text{TEMPO DE FUNCIONAMENTO}} \quad (2)$$

$$QUALIDADE = \frac{\text{TOTAL DE ITENS} - \text{ITENS COM DEFEITO}}{\text{TOTAL DE ITENS}} \quad (3)$$

O indicador de disponibilidade (1) do equipamento demonstra a porcentagem de tempo em que o equipamento operou em comparação com o tempo disponível para operação com o tempo das paradas programadas devidamente descontado. O indicador performance (2) é a relação percentual entre o tempo de ciclo real do equipamento e o tempo de ciclo teórico. A performance está diretamente ligada com a velocidade de funcionamento e ociosidade nos recursos analisados. Por fim, o indicador de qualidade (3) expressa a capacidade de fazer o produto de maneira correta na primeira vez, relacionando a quantidade de peças não conformes com a quantidade total de peças produzidas (Moraes, 2004).

Nakajima (1989) destaca a importância dos três índices individualmente, entretanto, afirma que somente o produto entre disponibilidade, performance e qualidade é capaz de fornecer o verdadeiro diagnóstico da situação das máquinas através do Índice de Eficiência Global (OEE) dos equipamentos, conforme mostra a Equação 4.

$$OEE = \text{DISPONIBILIDADE} \times \text{PERFORMANCE} \times \text{QUALIDADE} \quad (4)$$

Segundo o site OEE (2018), o cálculo do OEE deve considerar apenas o tempo que é de responsabilidade da equipe de produção. Portanto, o tempo que o equipamento não produziu, por exemplo, pela falta de demanda, pela falta de matéria-prima ou por qualquer outra razão alheia à equipe de produção, não se insere no cálculo do OEE.

Conforme mostra a Tabela 1, Nakajima (1989) sugere os valores desejáveis para o índice OEE, bem como para os indicadores de disponibilidade, performance e qualidade. Tais valores foram sugeridos de acordo com resultados obtidos por empresas ganhadoras do TPM Award (1971).

Apesar de ter surgido para medir as melhorias implementadas pela metodologia TPM, o índice OEE passou a ser tratado como uma ferramenta autônoma para medir o real desempenho de um equipamento devido à sua grande importância nos diversos ramos da indústria (Hansen, 2006).

Tabela 1 – Valores desejáveis para o índice OEE e seus atributos

Índices	Valor desejável
OEE	Superior a 85%
Disponibilidade	Superior a 90%
<i>Performance</i>	Superior a 95%
Qualidade	Superior a 99%

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989)

Hansen (2006) enfatiza que através do indicador de eficiência global dos equipamentos é possível identificar a existência da “fábrica oculta” dentro das organizações e quantificar sua eficiência. Este conceito de tesouros escondidos, citado por Nakajima (1989), é responsável pelos baixos índices de eficiência advindos das perdas no processo de produção que causam diminuição dos lucros da empresa.

Conforme Jeong e Phillips (2001), ao realizar a medição dessas perdas, o OEE permite a análise dos problemas e o tratamento dos distúrbios crônicos em equipamentos, orientando, assim, as ações de melhorias no processo e o aumento da capacidade dos ativos fixos de produção. Ademais, o indicador OEE pode ser utilizado como medida de benchmarking, ou seja, processo de conhecimento de práticas excelentes de uma organização, pela comparação de resultados que ajudam a entender diferenças entre processos de produção (Bamber *et al.*, 2003).

### 3. Método proposto

#### 3.1. Classificação da pesquisa

Conforme Gil (2002), as formas mais comuns de classificar a pesquisa são: quanto à natureza, quanto aos objetivos, quanto aos procedimentos e quanto a forma de abordagem do problema. Na Tabela 2, o presente estudo é classificado de acordo com suas peculiaridades, conforme as definições de Gil (2002).

Tabela 2 – Classificação da pesquisa

Classificação		Justificativa
Natureza	<b>Pesquisa aplicada</b>	Pois objetiva gerar conhecimentos para a solução de problemas específicos.
Objetivos	<b>Pesquisa exploratória</b>	Pois objetiva proporcionar maior familiaridade com a problemática visando torná-la mais explícita.
Procedimentos	<b>Estudo de caso</b>	Pois consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento e não é acompanhado de ações.
Forma de abordagem do problema	<b>Quantitativa</b>	Pois tanto na coleta de informações quanto no tratamento dos dados foram utilizadas técnicas quantitativas.

Fonte: Elaborada pelos autores

### 3.2. Etapas da pesquisa

A metodologia da pesquisa adotada no presente trabalho foi dividida em etapas, sendo cada uma destas representadas na Figura 4.

Conforme mostrado no fluxograma (Figura 4), a pesquisa foi iniciada com a revisão de literatura, etapa que trouxe a descrição de conceitos que visaram auxiliar a análise do indicador OEE nos processos utilizados nas etapas de produção do aço. O passo seguinte foi realizar uma definição dos dados a serem coletados após reuniões e entrevistas com colaboradores da indústria para definição de onde e em quais processos e equipamentos analisar a implantação do OEE e das possíveis melhorias adquiridas através da utilização do indicador.

As reuniões e entrevistas foram realizadas durante o período de março a maio de 2019 e foram divididas em três etapas, da seguinte forma: a primeira reunião foi realizada com engenheiros da área de melhoria contínua, que foram os responsáveis por implantar o OEE nos processos da empresa. Buscou-se primeiramente obter um panorama geral da utilização do indicador em cada área, para assim escolher uma específica na qual poderia ser realizado o estudo de caso. A segunda reunião foi com os gestores responsáveis pelo processo escolhido (convertedor), onde foi realizada uma entrevista com o objetivo de coletar dados de pesquisa, entender como a utilização do OEE auxilia nos resultados dos processos e tirar dúvidas sobre sua implementação. A terceira fase foi uma entrevista de alinhamento afim de validar o

resultado obtido e a análise realizada. Além dessas entrevistas, foram realizadas também visitas técnicas no processo produtivo para entendê-lo melhor como um todo.

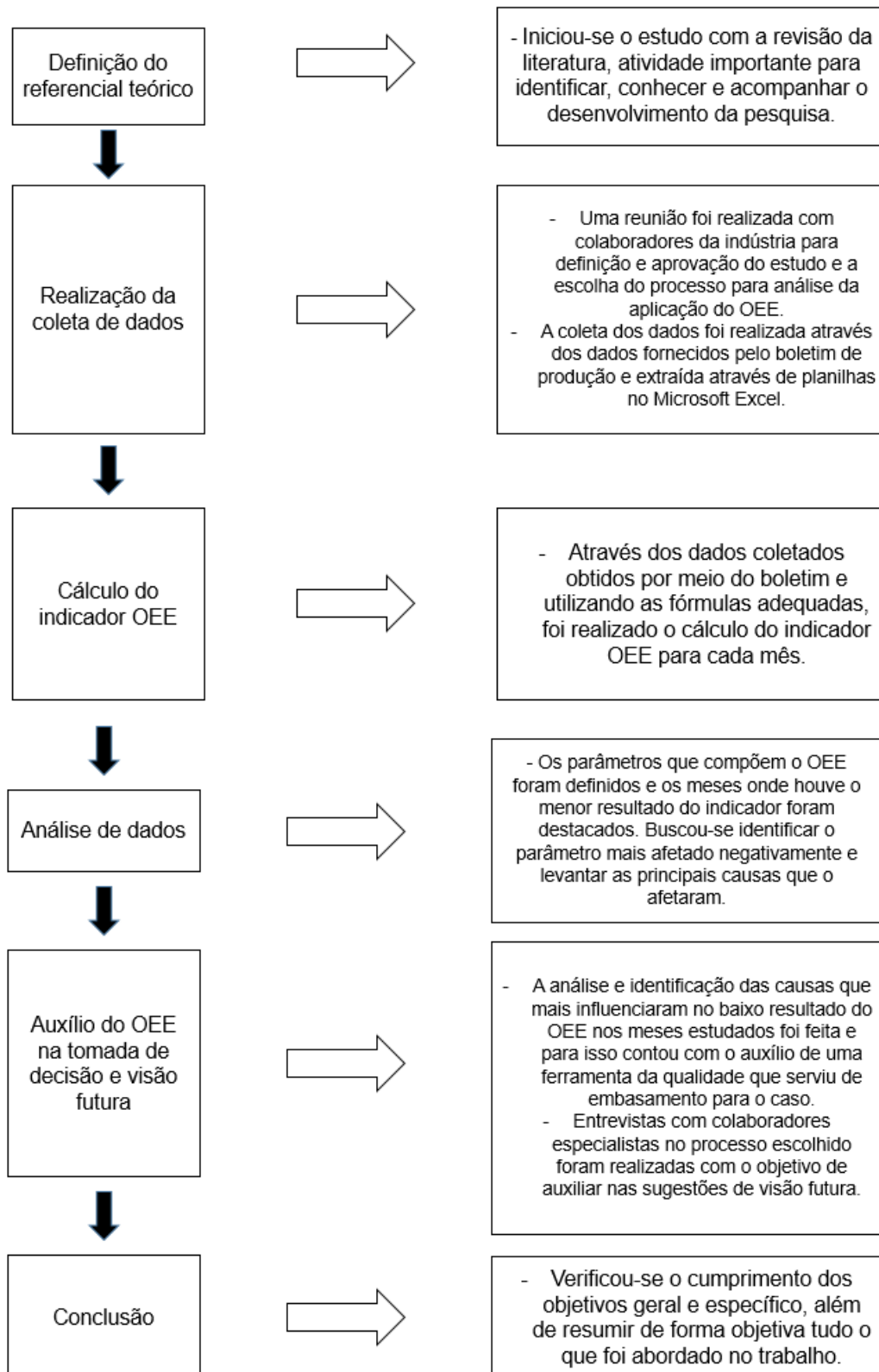


Figura 4 – Fluxograma da metodologia da pesquisa utilizada

Fonte: Elaborada pelos autores

Os dados foram coletados durante o período de 01 de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2018, e utilizados na realização do cálculo do indicador OEE com o auxílio da ferramenta Microsoft Excel. O cálculo baseou-se nas equações 1, 2, 3 e 4 do presente trabalho, que foram apresentadas no Capítulo 2. Após o cálculo, foram feitas as análises dos dados referentes ao equipamento, buscando a identificação dos pontos com maiores potenciais de melhorias e redução de desperdícios para a tomada de decisão estratégica eficaz.

#### 4. Resultados

A empresa localiza-se no município da Serra, região metropolitana da Grande Vitória, no Espírito Santo e é considerada referência no setor siderúrgico do Brasil, consolidada no mercado, devido à produção de bobinas a quente e placas de aço em larga escala. Surgida no ano de 1974, a empresa atende as demandas tanto do mercado interno quanto externo e possui uma capacidade de produção de 7,5 milhões de toneladas por ano aproximadamente, sendo a 3ª maior produtora brasileira de aços laminados.

Após uma reunião com colaboradores da empresa, foi necessário realizar a escolha do maquinário para aplicação do indicador OEE. A decisão final ficou entre as máquinas que realizam etapas consideradas importantes do processo nas quais o indicador está sendo bem acompanhado e utilizado pela equipe. Assim sendo, optou-se pela análise no convertedor 3.

A coleta de dados envolveu a participação de colaboradores: foi preciso de reuniões e entrevistas para entender o funcionamento dos equipamentos e compreender como o indicador é analisado e utilizado na área. Através da ferramenta Microsoft Excel foram alimentados os dados fornecidos necessários para realização do cálculo do OEE.

Para o presente trabalho foram utilizados os dados coletados durante o período do dia 01 de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2018.

O OEE é calculado mensalmente na própria empresa em diferentes áreas, e o resultado é divulgado por meio de um boletim mensal.

Para a realização dos cálculos do OEE no processo do Convertedor 3, foi necessário obter os dados referentes ao processo escolhido. Esses dados foram fornecidos através do boletim de paradas da empresa, que possui a série histórica de todas as perdas e paradas, sendo possível extraí-los através de planilhas no Microsoft Excel, como mostrado na Figura 5 abaixo:

1	A	B	C	E	G	I	J	K
	concat	Área macro	Sub-Área	Equipamento/Sistem	Desc Parada	Desc Tipo Parada 3	CLASS 1	CLASS 2
3397	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PP-TRATº. AÇO CTPA DO LD - FALHA EQUIPAMENTO	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo
3398	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PP-TRATº. AÇO CTPA DO LD - FALHA OPERACIONAL	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo
3399	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PP-TRATº. AÇO CTPA DO LD - ROTA DIRETA	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo
3402	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PP-TROCA DE PEDIDO - ERRO DE FIM DE SOPRO	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo
3405	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PP-TROCA IMPREVISTA DO CONJUNTO REFRAFRATºRIO DE	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo
3408	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PP-TROCA IMPREVISTA DO CONJUNTO REFRAFRATºRIO V?L	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo
3412	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PP-TROCA PEDIDO POR S ALTO NO F.S.	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo
3417	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PROBLEMAS NO IRUT	FALTA DE DEMANDA	0-Fatores Externos	1-Falta de Demanda
3420	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PROBLEMAS NO RH1	FALTA DE DEMANDA	0-Fatores Externos	1-Falta de Demanda
3423	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PROBLEMAS NO RH2	FALTA DE DEMANDA	0-Fatores Externos	1-Falta de Demanda
3426	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PROGRAMAÇÃO - ERRO	NÃO PROGRAMADA	2-Performance	1-Parada não Programada OP
3428	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PROGRAMAÇÃO - FALTA DE PEDIDO NO BOF	NÃO PROGRAMADA	2-Performance	1-Parada não Programada OP
3435	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PROJEÇÃO / APLICAÇÃO MASSA REFRAFRATºRIA	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada
3448	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PROLONGAMENTO MANUTENÇÃO - INSTRUMENTAÇÃO	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada
3452	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PROLONGAMENTO MANUTENÇÃO - MECÂNICA	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada
3454	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	PROLONGAMENTO MANUTENÇÃO - OPERACIONAL	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada
3457	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	QUEBRA / FALTA DEMOLIDORA	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada
3465	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	REPARO DO FURO CORRIDAS - TUBO	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada
3470	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	REPROGRAMAÇÃO POR PROBLEMA NO LC	FALTA DE DEMANDA	0-Fatores Externos	1-Falta de Demanda
3472	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	RETORNO DE AÇO - CORRIDA FF_LD'S	NÃO PROGRAMADA	2-Performance	1-Parada não Programada OP
3478	REFINOSR	REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciairia - Convertedor 03	SINCRONISMO - LD DISPONÍVEL E OCIOSO	SEM PROGRAMAÇÃO	0-Fatores Externos	1-Falta de Demanda

Figura 5 – Planilha referente à base de dados das paradas  
 Fonte: Extração do boletim de paradas da empresa

O boletim de paradas alimenta a planilha informando a área, equipamento e a descrição de cada parada ocorrida. A partir disso é necessário classificar a parada de acordo com o seu tipo e com o motivo que a originou e também seguindo os atributos do indicador OEE (disponibilidade, performance ou qualidade).

As perdas do OEE que são levadas em consideração no cálculo do indicador, estão apresentadas na Figura 6 abaixo, onde cada perda segue de acordo com uma classificação específica da empresa:



Figura 6 – Desagregação do indicador OEE



Fonte: Dados da empresa

O resultado mês a mês do OEE do Convertedor 3, referente ao ano de 2018 é apresentado a seguir, de acordo com a Figura 7.

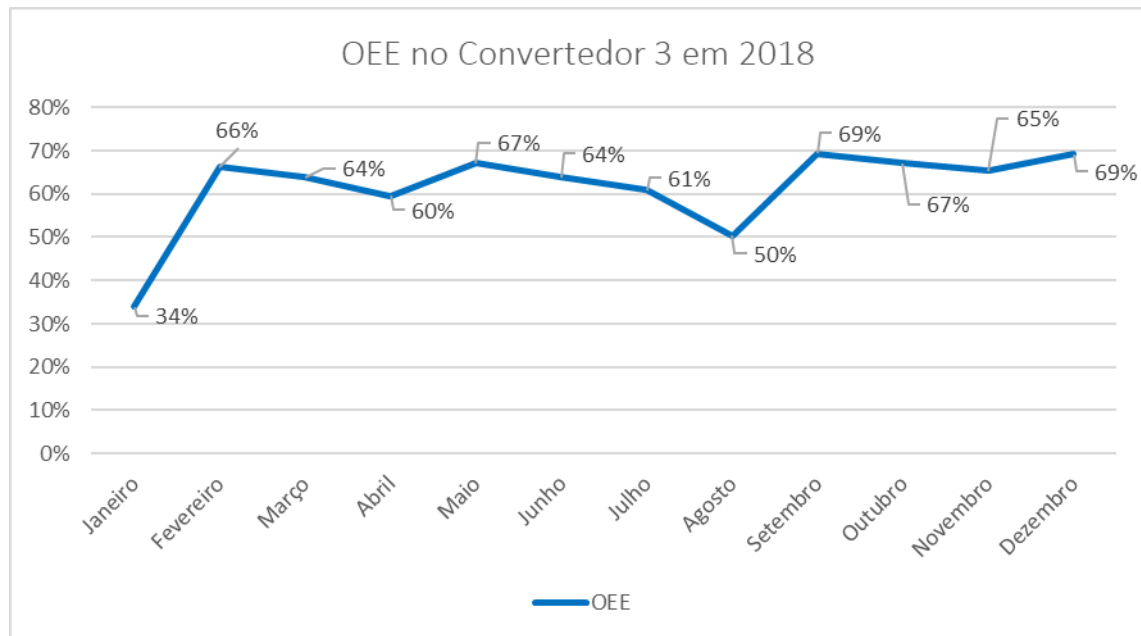


Figura 7 – Resultado do OEE mês a mês no Convertedor 3 em 2018

Fonte: Elaborada pelos autores

Além dos três parâmetros levados em conta no cálculo do OEE (disponibilidade, performance e qualidade), a empresa em questão também adiciona um parâmetro a mais à fórmula (fatores externos), que também é levado em conta e interfere no resultado final do cálculo do indicador. Este componente foi adicionado ao cálculo para estratificar paradas não-planejadas e quebras de ritmo de produção devido à estratégia e mercado, já que as paradas causadas por fatores externos independem da atuação da área, como falta de demanda, insumo, energia, entre outros. Essa foi uma adaptação da empresa julgada necessária pois esses tipos de perda estão sujeitos a qualquer organização, não sendo exclusividade de uma área específica e também impedem que os equipamentos atinjam sua efetividade máxima.

Considerando os quatro principais atributos levados em conta no cálculo do OEE, a média final do indicador é mostrada no gráfico da Figura 8:

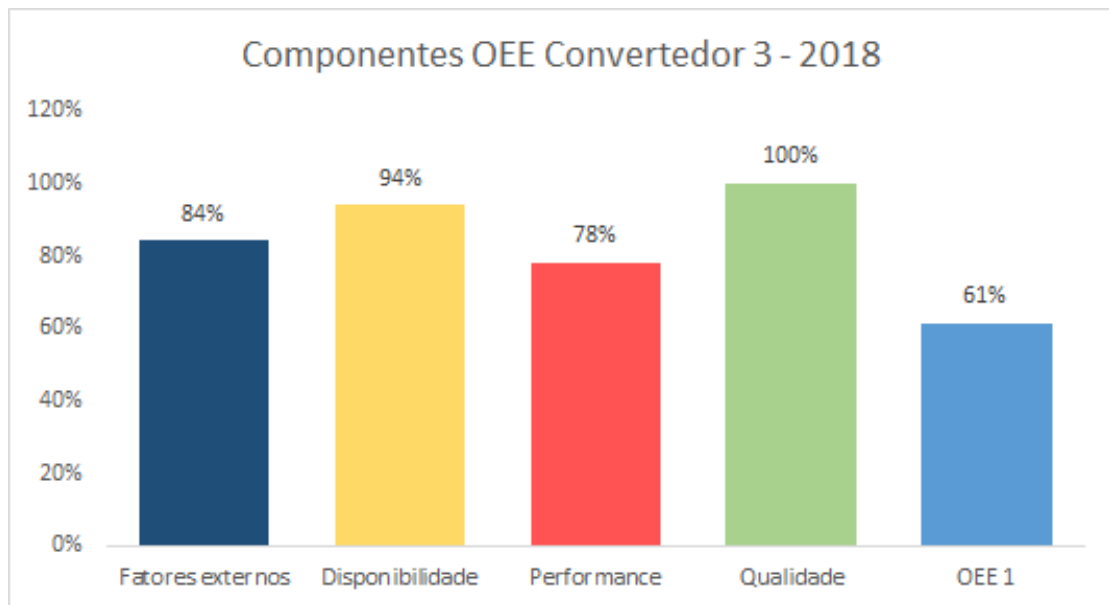


Figura 8 – Média final do OEE e seus componentes no Convertedor 3 em 2018

Fonte: Elaborada pelos autores

Analisando os resultados do cálculo do OEE no processo do Convertedor 3, é possível perceber que o valor final do índice de rendimento global para o ano de 2018 foi de 61%. Os meses em que o indicador atingiu seu maior valor foram em setembro e dezembro, com 69%, enquanto o mês onde houve o menor valor registrado foi em janeiro, 34%.

Quanto aos atributos que compõem o OEE (fatores externos, disponibilidade, performance e qualidade), a qualidade foi o que obteve o maior valor. Todo e qualquer processo apresenta algum defeito de qualidade, porém este atributo é registrado como 100% no caso do convertedor pela própria organização pois é considerado como boa qualidade todo o material consumido no processo seguinte. O componente de Disponibilidade, que obteve um resultado de 94%, também pode ser considerado como um ótimo resultado operacional. Esses dois componentes ficaram acima dos valores desejáveis sugeridos por Nakajima (1989), conforme mostra a Tabela 3:

Tabela 3 - Valores desejáveis x valores obtidos para o índice OEE e seus atributos

Índices	Valor desejável	Valor obtido
<b>Disponibilidade</b>	Superior a 90%	94%
<i>Performance</i>	Superior a 95%	78%
<b>Qualidade</b>	Superior a 99%	100%
<b>Fatores Externos</b>	-	84%
<b>OEE</b>	Superior a 85%	61%

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989)

Podemos observar na Tabela 3 que o componente “Fatores Externos”, como já explicado, foi adicionado como uma alteração da metodologia feita pela própria empresa que expressa melhor a realidade, já que as causas das perdas são relacionadas por fatores externos que independem do processo do Convertedor. Por isso, esse atributo não possui classificação de acordo com a revisão bibliográfica. Se fosse seguido o modelo tradicional do OEE, este componente estaria inserido em disponibilidade. Se o OEE fosse calculado sem o componente fatores externos, o resultado seria de 73%, valor também abaixo do desejável.

Por fim, o componente que obteve o resultado mais baixo foi o de Performance. Com 78%, é possível concluir que esse atributo foi o que mais afetou negativamente o resultado global do convertedor 3 e que as perdas relacionadas à performance foram as maiores responsáveis pela queda do valor final do OEE. Assim sendo, é o componente o qual deve ser melhorado para, conseqüentemente, aumentar o valor final do OEE.

Diante do resultado mostrado e realizando um aprofundamento dos cálculos, é possível realizar um desdobramento de cada componente mês a mês no ano de 2018, como mostra o seguinte gráfico da Figura 9:

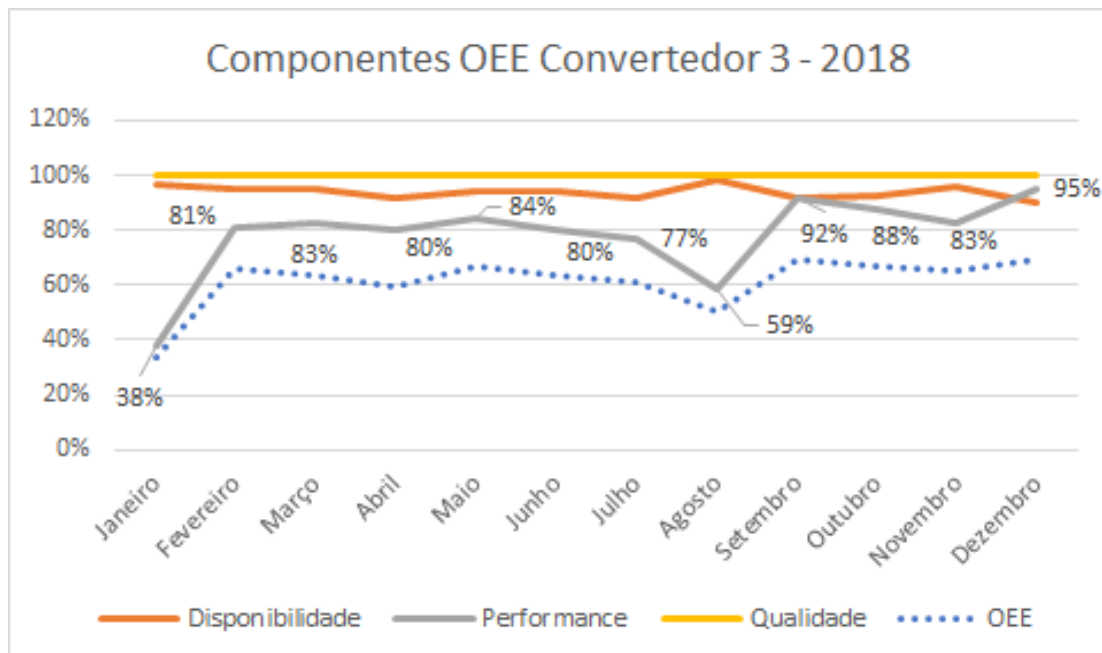


Figura 9 – Desdobramento do OEE e seus componentes no Convertedor 3 mês a mês em 2018

Fonte: Elaborada pelos autores

De acordo com o gráfico acima, é possível concluir que o resultado do atributo de Performance obteve, durante praticamente o ano inteiro, um valor abaixo dos demais. Somente em um mês (dezembro) o componente performance esteve entre os valores desejáveis propostos por Nakajima (1989). Além disso, é visível também que esse

componente obteve um resultado abaixo da média anual de 78% em três meses, que foram janeiro, julho e agosto.

Por isso, foi realizado um detalhamento das perdas durante esses três meses, com o objetivo de identificar os principais motivos desses resultados obtidos, sobretudo relacionado ao atributo de Performance.

Especificando o motivo de cada ou perda no mês de janeiro, assim como a porcentagem de cada uma, foi desenvolvido o gráfico a seguir, conforme a Figura 10:

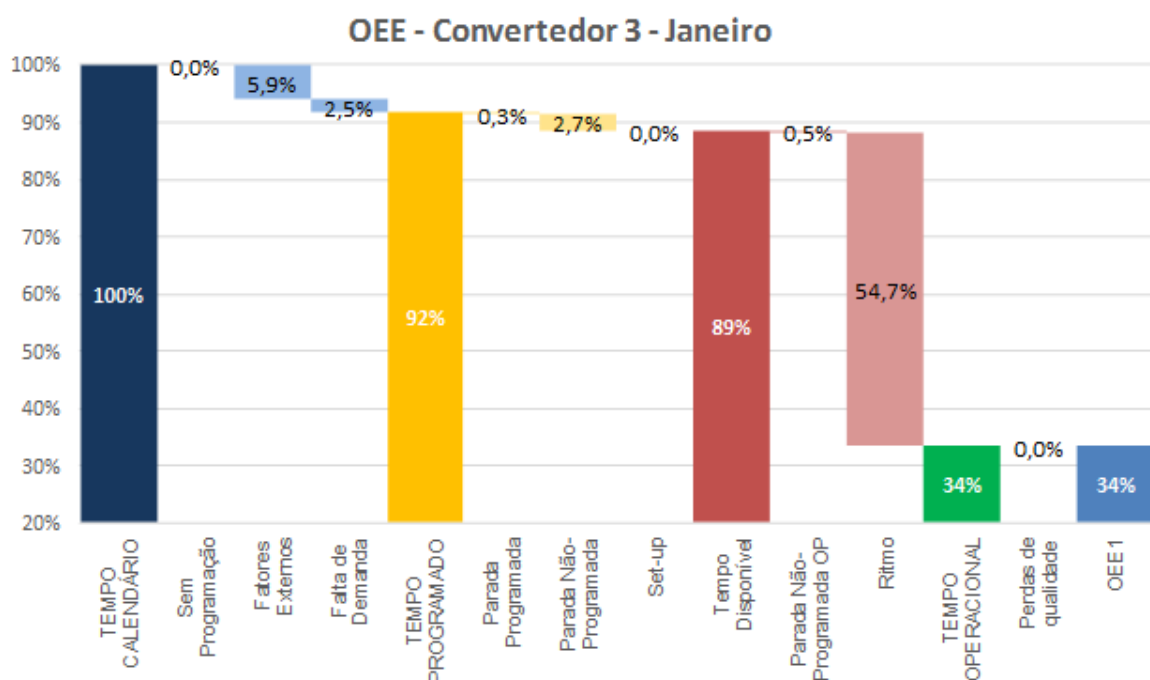


Figura 10 – Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em janeiro de 2018  
Fonte: Dados da empresa

De uma forma geral, as perdas que por quaisquer motivos ocorreram independente da área ou processo em questão (perdas de produtividade devido à falta de insumos, matérias primas, transporte, equipamentos, etc. e paradas ou redução de velocidade causados por redução na demanda de processos subsequentes) são relacionadas ao componente de Fatores Externos. As paradas programadas, não programadas (sem disponibilidade do equipamento) e tempo de set-up (tempo entre o início da parada para ajustes no equipamento até o reinício da produção) se relacionam diretamente ao componente de Disponibilidade do OEE. As paradas não programadas OP (com disponibilidade do equipamento) e as quebras de ritmo se referem ao atributo de Performance, objeto de estudo do presente trabalho. Por fim, as perdas de

qualidade (volume produzido que não é possível aproveitar ou utilizar no processo seguinte) são quantificadas no componente Qualidade do OEE.

O gráfico da Figura 10 mostra que o principal motivo pelo baixo resultado de 34% do OEE no mês de janeiro de 2018 e sobretudo no componente Performance, se deve principalmente ao elevado índice gerado pela quebra de ritmo, que foi responsável por 54,7% das perdas do mês em questão.

Especificando o motivo de cada perda no mês de julho, assim como a porcentagem de cada uma, foi desenvolvido o gráfico a seguir, conforme a Figura 11:

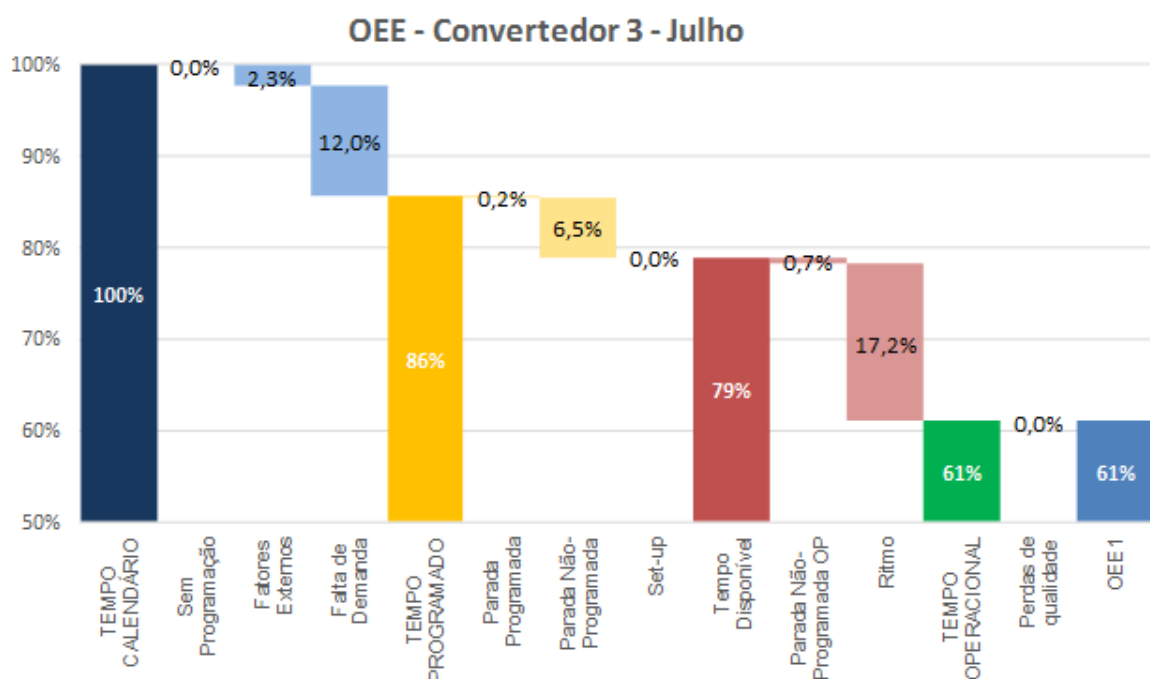


Figura 11 – Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em julho de 2018  
Fonte: Dados da empresa

O gráfico da Figura 11 mostra que o principal motivo pelo baixo resultado de 61% do OEE no mês de julho de 2018 e sobretudo no componente Performance, se deve principalmente ao elevado índice gerado pela quebra de ritmo, que foi responsável por 17,2% das perdas do mês em questão.

Especificando o motivo de cada perda no mês de agosto, assim como a porcentagem de cada uma, foi desenvolvido o gráfico a seguir, conforme a Figura 12.

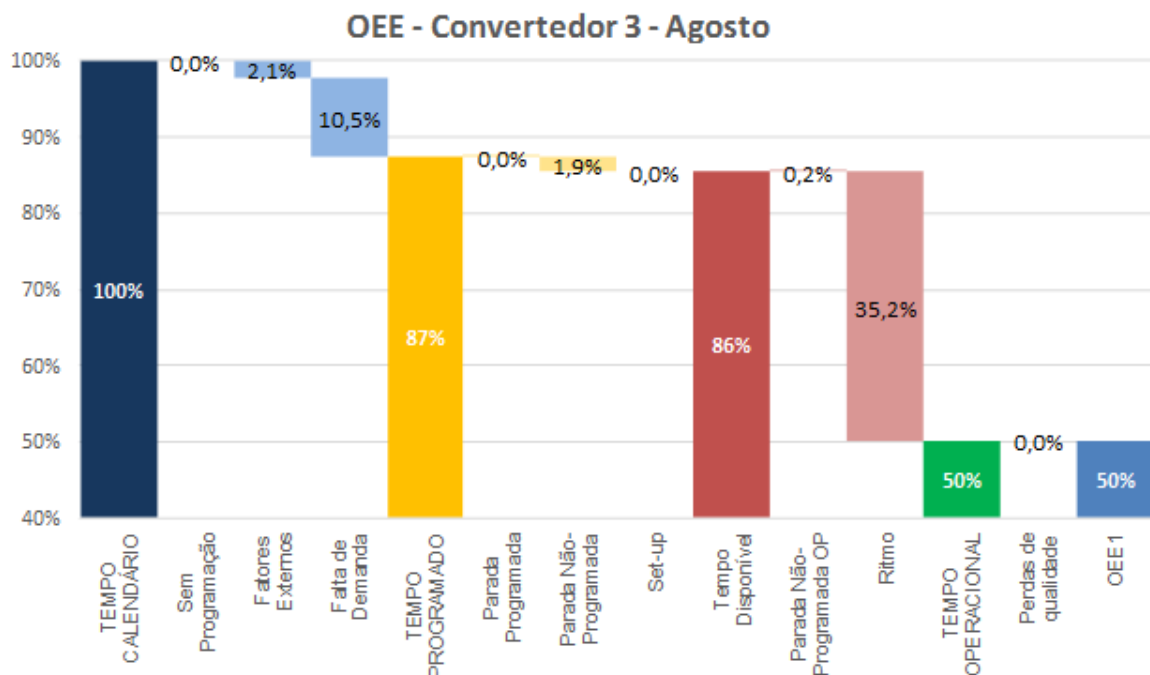


Figura 12 – Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em agosto de 2018  
Fonte: Dados da empresa

Utilizando o mesmo raciocínio dos meses anteriores, é possível observar pelo gráfico da Figura 12 que o principal motivo pelo baixo resultado de 50% do OEE no mês de agosto de 2018 e do componente Performance, se deve principalmente ao elevado índice gerado pela quebra de ritmo, que foi responsável por 35,2% das perdas do mês em questão.

Então, conclui-se que nos 3 meses analisados o principal fator que interferiu no baixo índice do OEE foram as quebras de ritmo. Assim, busca-se soluções para diminuir essa taxa.

De acordo com os resultados obtidos nos gráficos dos meses analisados, o parâmetro performance foi o que obteve o menor valor dentre aqueles que compõem o OEE e a quebra de ritmo foi o principal fator causador da baixa performance. Portanto, as soluções devem ser voltadas para a quebra de ritmo, a fim de buscar aumentar o índice de eficiência global das máquinas.

Buscando achar as razões para a elevada quebra de ritmo nos meses estudados, encontrou-se dificuldade nesta etapa devido principalmente a dois fatores: o primeiro pelo fato do ritmo englobar diferentes tipos de perdas, muito específicos e podendo variar muito de um mês para outro. O segundo devido à confidencialidade dos dados. Apesar disso, é possível listar alguns dos motivos, de forma geral, que podem ser responsáveis pela alta quebra de ritmo no convertedor, por exemplo:

- ✓ Conversor (LD) disponível, porém ocioso;
- ✓ Defeito mecânico nos carros transportadores de panela de aço (CTPA);
- ✓ Medição perfil refratário do conversor;
- ✓ Espera de lingotamento contínuo (LC) por defeito instrumental, mecânico, operacional ou break out;
- ✓ Baixa qualidade do gusa;
- ✓ Excesso de escória ou dupla escória no conversor (LD);
- ✓ Espera de panela por falha nos viradores, por falta de panela no ciclo, pelo fato das panelas estarem cheias, pelo acúmulo de troca de válvulas superiores ou devido à panela apresentar falha no sistema válvula gaveta;
- ✓ Limpeza sob conversor;
- ✓ Problemas no RH2;
- ✓ Defeito elétrico no sistema de adições, na 41-PR02 (ponte rolante) ou no sistema de lanças de O<sub>2</sub>;
- ✓ Defeito mecânico na 41-PR02 (ponte rolante) ou no sistema LDG (gás do conversor); e
- ✓ Outras reduções de ritmo por causas elétricas, mecânicas, operacionais, de refratário, de matérias-primas, ou do lingotamento contínuo.

Essas possíveis causas que originam a elevada quebra de ritmo estão melhor demonstrados de acordo com o Diagrama de Ishikawa apresentado na Figura 13 abaixo, que facilita a visualização do efeito e das causas que podem contribuir para sua ocorrência:

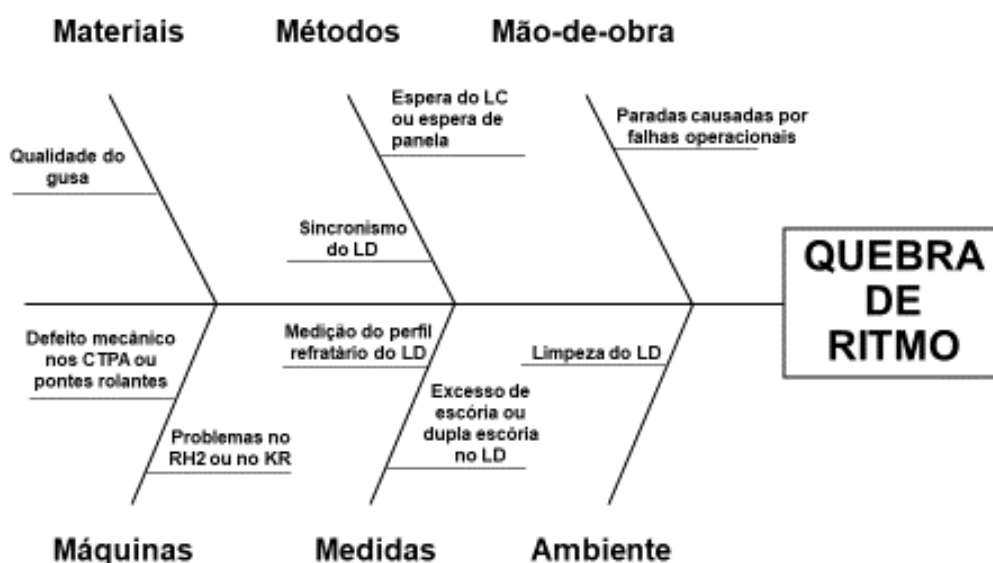


Figura 13 – Diagrama de causa e efeito para possíveis causas da quebra de ritmo

Fonte: Elaborada pelos autores

Simulando quanto o OEE melhoraria percentualmente caso o atributo de performance fosse aumentado, se forem desconsiderados os 3 meses onde o OEE foi mais baixo em 2018, impactado pela performance, como já citado, e fazendo a média dos 9 meses restantes, o resultado para performance seria de 85%. Elevando a performance para essa média, o OEE seria de 67%, ao invés de 61%, o que geraria um aumento de aproximadamente 9% no indicador. Os gráficos apresentados a seguir na Figura 14 demonstram esses cálculos:

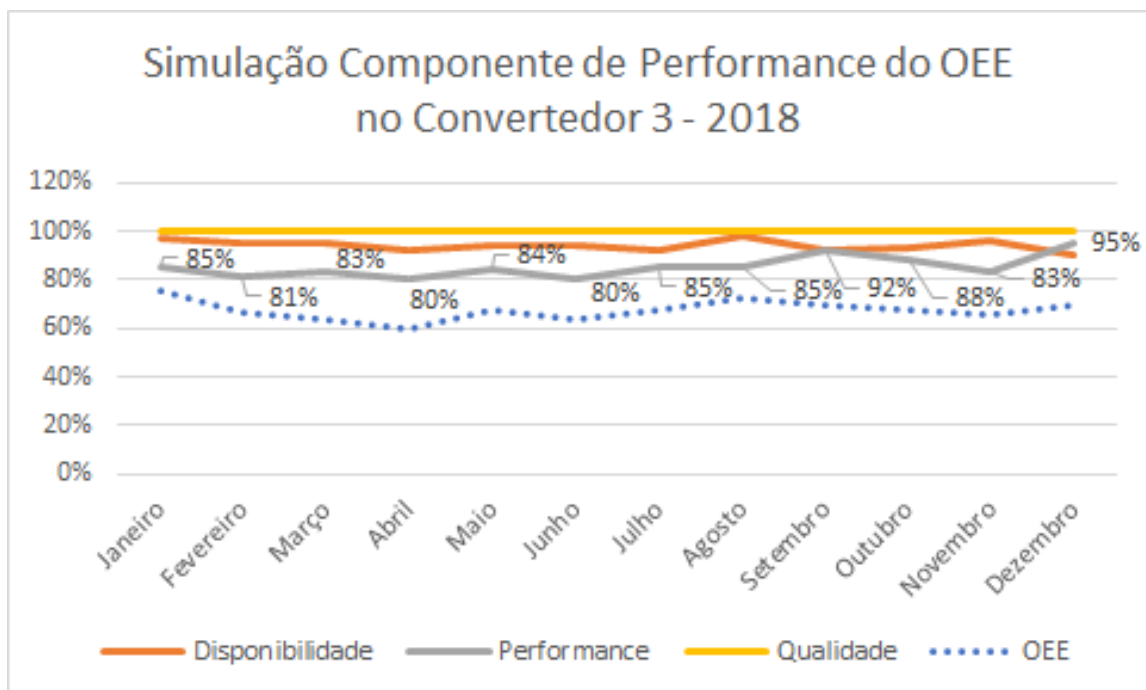


Figura 14 – Simulação do componente Performance do OEE no Convertedor 3 em 2018  
Fonte: Elaborada pelos autores

Após análise dos cálculos e das propostas de melhoria elaboradas, pode-se perceber que o OEE é um importante indicador que auxilia na tomada de decisão na área e através do qual é possível perceber onde estão localizadas as principais perdas de cada processo para desta forma identificá-las e buscar mitigá-las. Apesar disso, é um indicador que começou a ser implantado recentemente na empresa (2 anos aproximadamente) e com frequência mensal. Além disso, por ser um indicador mensal, o OEE sempre mostra os resultados referentes ao mês anterior ao atual, uma vez que é necessário esperar finalizar o mês inteiro para se obter uma base de dados completa definida para apresentar os cálculos e resultados daquele mês em questão.

Diante disso, surge como possibilidades futuras adaptar o OEE para ser um indicador atualizado semanalmente ao invés de mensalmente por exemplo. Assim, a gestão passaria a ser semanal e haveria um maior controle das perdas e paradas sobre aquela semana em um



determinado processo ou equipamento. Outra ideia seria tornar o indicador parte de um sistema de gestão à vista, onde ele poderia ser acompanhado em uma tela de televisão que ficasse disponível para todos os empregados que circulassem pela área, por exemplo, de forma que todos poderiam ter uma ideia maior sobre como as variáveis que compõem o indicador estão sendo afetadas simultaneamente e possibilitasse a eles tomar ações ou ficarem alertas a respeito disso. Outra possibilidade é promover a utilização de algumas ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa, conforme citado no trabalho, para potencializar o uso do indicador OEE, de forma a facilitar a identificação e atuação nas causas que geram as paradas e perdas nos processos e assim obter maior ganho de produtividade.

## 5. Conclusões

O presente trabalho teve como principal objetivo apresentar um estudo de caso de uma aplicação prática da utilização do indicador OEE em um processo (convertedor) de uma empresa de siderurgia de grande porte. Para atingir o objetivo, foi necessário apresentar como a empresa aplica a metodologia envolvida para o cálculo do OEE, através das coletas de dados exigidos para o seu cálculo, da realização do cálculo em si, das análises, interpretação dos resultados e possíveis desdobramentos táticos, operacionais e estratégicos.

Após a realização do cálculo do indicador de eficiência global no convertedor 3, constatou-se que em três meses analisados (janeiro, julho e agosto), o parâmetro qualidade foi o de maior valor dentre aqueles que compõem o produtório que origina o valor do OEE. Entretanto, o parâmetro performance foi o que obteve o menor valor. Portanto, buscamos focar nas causas que levaram esse atributo a apresentar o menor valor entre eles.

O resultado do OEE por si só já é considerado uma importante ferramenta para os gestores da empresa, pois ele apresenta uma visão mais macro e estratégica do atual cenário produtivo da indústria. Porém, a fim de que o indicador se torne uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão de forma mais precisa e eficaz, deve-se realizar uma análise e um desdobramento dos resultados alcançados, como foi realizado neste trabalho. A partir desse estudo, é possível identificar as causas específicas de cada resultado, de forma a buscar ações de melhorias para o processo, e proporcionar a elaboração de planos de ação.

A partir das visitas técnicas e entrevistas realizadas no desenvolvimento deste trabalho, foi possível identificar que a utilização do OEE na empresa encontra-se em um estágio inicial de desenvolvimento. Isto é, apesar de apresentarem alguns aspectos consideravelmente avançados, como as bases tecnológicas e de dados para a realização do

cálculo do OEE de forma rápida, o indicador poderia apresentar um status mais evoluído em outros aspectos, principalmente no que diz respeito à gestão da rotina de algumas áreas.

Em alguns processos, embora o OEE seja calculado, não é utilizado como o principal indicador a ser acompanhado e gerenciado, o que pode ocasionar faltas de análises e desdobramentos táticos como feito no presente trabalho no processo do convertedor. Porém, esse cenário é totalmente aceitável e compreensível no caso da empresa em questão, já que a complexidade da metodologia e as mudanças necessárias para sua aplicação, sejam elas tecnológicas ou culturais, demandam tempo e investimento.

Diante do exposto, constatou-se a importância do acompanhamento da eficiência dos equipamentos para o cumprimento dos objetivos da organização. Ademais, sugere-se para trabalhos futuros a implementação das melhorias propostas, sendo possível, portanto, melhorar de maneira geral o controle e gerenciamento do indicador na empresa em questão.

## 6. Referências

- Abrantes, J. (2009). *Gestão da Qualidade*. 1. Ed. – Rio de Janeiro: Interciência.
- Bamber, C.J; Castka, P; Sharp, J.M; Motara, Y. (2003). Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 9, (3): 223-238.
- Busso, C. M. (2012). Aplicação do indicador de Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização da capacidade da produção. 2012. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção.
- Carvalho, M.M; Paladini, E.P. (2012). *Gestão da Qualidade: Teorias e Casos*. 2. Ed. – Rio de Janeiro: Elsevier.
- Gagnon, S. (1999). Resource-based competition and the new operations strategy. *International Journal of Operations & Production Management*, 19 (2): 125-138.
- Ghinato, P. (2000). - Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: *Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações*. Ed.: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas.
- Hansen, R. (2006). *Overall Equipment Effectiveness: a powerful production/ maintenance tool for increased profits*. 1 Ed – New York: Industrial Press Inc.
- Instituto Aço Brasil. Site do Instituto Aço Brasil. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/oaco.asp>>
- Jeong, K.Y; Phillips, D.T. (2001). Operational Efficiency and Effectiveness Measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 21 (11): 1404-1416.
- Las Casas, A.L. (2008). *Qualidade total em serviços*. 6. Ed. – São Paulo: Atlas.
- Martinelli, F.B. (2009). *Gestão da Qualidade Total*. 1. Ed – Curitiba: Iesde.
- Moraes, P. H. (2004). A. *Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística*. 2004. Dissertação de Mestrado – Universidade de Taubaté, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração.
- Nakajima, S. (1989). *Introdução ao TPM Total Productive Maintenance*. 1. Ed. – São Paulo: IMC.
- OEE. Como calcular o OEE. Disponível em: <https://www.oee.com.br/como-calcular-o-oe/>

- Ohno, T. (1997). Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre, Editora Bookman.
- Paladini, E. P. et al. (2012). Gestão da Qualidade – Teoria e Casos. 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Pinto, R. G; Lima, C. R. C. (2007). A Integração entre o TPM e o RCM na Manutenção. *27º Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Anais. Foz do Iguaçu.
- Reno, G.; Sevegnani, G.; Martins, A.; Berkenbrock, T.; Fischer, D. (2010). Sistema de Monitoramento de Paradas de Máquina em uma Linha de Usinagem – Um Estudo de Caso. In: ENEGEP, 30, 2010, São Carlos, SP, Brasil, Anais., São Carlos: Abepro.
- Sampaio, A. (1993). TPM/MTP – Manutenção Produtiva Total.
- Slack, N; Chambers, S; Johnston, R. (2009). *Administração da Produção*. 3 Ed. – São Paulo: Atlas.
- Tapping, D.; Shuker, T. (2010). *Lean Office: Gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas – 8 passos para planejar, mapear e sustentar melhorias lean nas áreas administrativas*. São Paulo: Editora Leopardo.
- Wicher, E.; Hermosilla, J.; Silva, E.; Piratelli, C. (2012). Medição do desempenho organizacional: o caso de um sistema integrado baseado no BSC implantado no setor sucroalcooleiro. In: ENEGEP, 32, 2012, Bento Gonçalves, RS, Brasil, Anais..., Bento Gonçalves: ABEPRO.
- Womack, J. P.; Jones, D. T. (2004). A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 5 ed. Rio de Janeiro: Campus.
- Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D. (1992). *A Máquina que mudou o Mundo*. Rio de Janeiro: Campus.
- Xenos, H.G. (2004). Gerenciando a Manutenção Produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. 1. Ed. – Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda.