


**unesp**  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**

DEBORAH DE CAMPOS PAULA

PESQUISA-AÇÃO SOBRE O USO DE INDICADORES DE DESEMPENHO DO  
EQUIPAMENTO EM UMA FÁBRICA DE GERADORES

Guaratinguetá

2011

DEBORAH DE CAMPOS PAULA

PESQUISA-AÇÃO SOBRE O USO DE INDICADORES DE  
DESEMPENHO DO EQUIPAMENTO EM UMA FÁBRICA DE  
GERADORES

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva

Guaratinguetá

2011

P324p Paula, Deborah de Campos  
Pesquisa-ação sobre o uso de indicadores de desempenho do equipamento em uma fábrica de geradores / Deborah de Campos Paula. - Guaratinguetá: [s.n.], 2011  
63 f.: il.  
Bibliografia: f. 60-62

Trabalho de Graduação em Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011  
Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva

1. Desempenho – Instrumentos de medição I. Título

CDU 658.53




Universidade Estadual Paulista  
Campus de Guaratinguetá  
Faculdade de Engenharia

PESQUISA-AÇÃO SOBRE O USO DE INDICADORES DE DESEMPENHO  
DO EQUIPAMENTO EM UMA FÁBRICA DE GERADORES

Deborah de Campos Paula

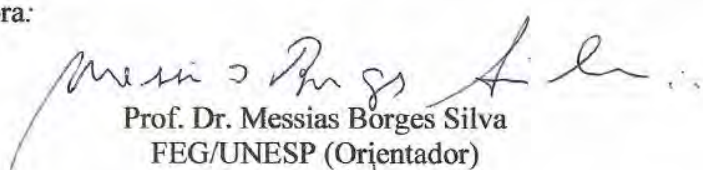
Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do título de  
Graduado em Engenharia de Produção Mecânica

Aprovado em sua forma final pelo conselho de curso de graduação




Prof. Dr. Valério A. P. Salomon  
Sub-coordenador  
No Exercício da coordenação

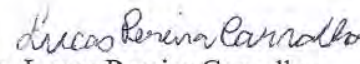
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Messias Borges Silva  
FEG/UNESP (Orientador)



Prof. Dr. Valério A. P. Salomon  
FEG/UNESP



Eng. Lucas Pereira Carvalho  
Alstom

Novembro de 2011

## **DADOS CURRICULARES**

### **DEBORAH DE CAMPOS PAULA**

NASCIMENTO	18.03.1988 – TAUBATÉ / SP
FILIAÇÃO	Vicente Donizeti de Paula Maria Geni de Campos Paula
2006/2011	Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

À minha família e a todos os colegas que contribuíram para minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família e amigos pelo apoio durante minha formação.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Messias Borges Silva* pela orientação, apoio e incentivo para o desenvolvimento do trabalho.

A todos os professores do Departamento de Produção pela dedicação e apoio no incentivo aos estudos e pesquisas, contribuindo para minha formação pessoal e profissional.

A Alstom pela oportunidade de realização do trabalho junto ao estágio

A todos os colegas da Fábrica Elétrica, aos operadores da área do enrolamento pela colaboração durante a pesquisa, e em particular ao Eng. Lucas Pereira Carvalho pela colaboração na execução da pesquisa e contribuição de ideias para o desenvolvimento do trabalho.

“O sucesso nasce do querer. Sempre que a pessoa aplique a veemência e perseverante energia de sua alma a um fim, vencerá os obstáculos e, se não atingir o alvo, fará pelo menos coisas admiráveis”

José de Alencar



**PAULA, D.C. Pesquisa-ação sobre o uso de indicadores de desempenho do equipamento em uma fábrica de geradores.** 2011. 63 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

## **RESUMO**

No ambiente industrial o grande desafio da gerência é a correta utilização dos recursos produtivos: máquina e mão-de-obra. Este trabalho teve como principal objetivo aprimorar a estrutura de análise de perdas de eficiência no equipamento gargalo da linha de produção de barras do estator de uma fábrica de geradores elétricos. A pesquisa-ação envolveu a Teoria das Restrições na identificação da restrição do sistema e desenvolveu para este a estruturação da coleta de dados por meio da tipologia das paradas para o cálculo dos indicadores. A pesquisa evidenciou a importância da padronização da coleta de dados para se obter dados confiáveis e consequentes indicadores de eficiência estratégicos para a otimização dos equipamentos. Além disso, o uso conjunto do OEE e TEEP demonstrou eficientes resultados para se analisar a eficiência na demanda atual do equipamento e as oportunidades de aumento da capacidade produtiva tratando-se os custos escondidos da organização em busca da melhoria contínua.

**PALAVRAS-CHAVE:** OEE, TEEP, Tipologia de Paradas.

PAULA, D.C. **Action-search about the use of equipment performance indicators in a generator factory.** 2011. 63 p. Graduation Work (Industrial Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

### **ABSTRACT**

In the industrial environment the challenge is use better the productive resources: people and machine. The following work has the main goal improve the efficient losses analysis in the stator bar's production bottleneck equipment situated in the Electric generator's factory. The action research involved Theory of Constraints on the restriction system identification and developed the data collection framework by losses typology for indicator measurement. The research showed the data collection standardization importance to obtain reliable data and strategic efficiency indicator to optimize equipments. Besides of this, OEE and TEEP indicator demonstrated efficiency results to analyze the actual efficiency when the machine works and the increase capacity opportunity to treat the hide costs in the organization following the continuous improvement.

**KEYWORDS:** OEE, TEEP, Losses Tipology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Pilares de sustentação do TPM .....	20
Figura 2- Modelo de cálculo do OEE .....	24
Figura 3-Modelo de cálculo do OEE. ....	26
Figura 4- Modelo de cálculo do TEEP.....	26
Figura 5-Estrutura do conjunto Gerador-Turbina da casa de máquina de uma Usina hidrelétrica .....	33
Figura 6- Barra do estator. ....	34
Figura 7- Cronômetro utilizado no trabalho.....	36
Figura 8- Ficha de Cronoanálise dos equipamentos. ....	37
Figura 9-Ficha de cronoanálise dos equipamentos – continuação.....	38
Figura 10- Fichas de cronoanálise dos equipamentos – continuação. ....	39
Figura 11- Isoladora Micamation, máquina gargalo.....	40
Figura 12- Evolução dos Motivos Indeterminados. ....	42
Figura 13- LPP tipologia de paradas da máquina Isoladora .....	45
Figura 14- Quadro de gestão visual da máquina gargalo destacado as informações de produção.....	46
Figura 15- Planilha de dados do <i>First Pass Yield</i> . ....	48
Figura 16- Evolução da quantidade de minutos de Motivo Indeterminado.....	50
Figura 17- Gráfico da evolução dos indicadores de desempenho.....	51
Figura 18- Gráfico da evolução do índice de disponibilidade .....	52
Figura 19-Pareto das Paradas do gargalo das semanas 25 a 33. ....	53
Figura 20-Pareto das paradas das semanas 38 a 45.....	54
Figura 21- Gráfico da evolução do índice de desempenho.....	55
Figura 22- Gráfico de evolução do índice de qualidade. ....	55
Figura 23-Gráfico de evolução do TEEP e OEE. ....	56
Figura 24- Pareto das paradas da semana 38 a 45.....	57
Figura 25- Gráfico de evolução do índice de utilização. ....	58

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Parâmetros para cálculo do número de observações.....	30
Tabela 2- Classificação de paradas da Isoladora.....	43

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Objetivo .....	14
1.2 Justificativa .....	14
1.3 Método de pesquisa .....	15
1.4 Estrutura do Trabalho .....	15
2 ADMINISTRAÇÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL .....	17
2.1 Tipos de manutenção .....	18
2.1.1 Manutenção Produtiva Total .....	19
2.2 Indicador de Eficiência do Equipamento .....	21
2.2.1 Eficiência Global dos Equipamentos .....	21
2.2.2 Eficiência total do equipamento .....	25
2.3 Teoria das Restrições .....	27
3 ESTUDO DO TEMPO E INDICADORES DE DESEMPENHO .....	29
3.1 Estudo do Tempo .....	29
3.2 Cálculo do OEE .....	31
3.2 Cálculo do TEEP .....	32
4 PESQUISA-AÇÃO .....	33
4.1 Empresa .....	33
4.2 Processo de fabricação da Barra do estator .....	34
4.2.1 Identificação da máquina gargalo .....	35
4.2.2 Tipologia das paradas .....	40
4.2.3 Coleta de dados .....	46
4.3 Cálculo do OEE e TEEP .....	48
5 ANÁLISE E RESULTADOS .....	50
5.1 Coleta de dados .....	50
5.2 Análise do OEE e TEEP .....	51
6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	59
REFERÊNCIAS .....	61

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	63
APÊNDICE A – VSM da fabricação de Barras do estator. ....	64

## 1 INTRODUÇÃO

Moellmann *et al* (2006) afirmam que o grande desafio da gerência é a correta utilização dos recursos produtivos: máquina e mão-de-obra. As empresas cada vez mais buscam a adoção de ferramentas auxiliadoras na gestão de seus equipamentos e pessoas.

A Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* - TPM) é um exemplo de método utilizado com o objetivo de melhorar a eficácia e longevidade dos equipamentos a partir da aplicação de ferramentas como, por exemplo, o cálculo dos indicadores de eficiência.

### 1.1 Objetivo

O presente trabalho possui como objetivo geral aprimorar a estrutura de análise de perdas de eficiência no equipamento chave da linha produtiva de uma fábrica de geradores elétricos. Neste contexto os objetivos específicos são identificar o equipamento gargalo da linha, realizar a tipologia de paradas no equipamento crítico, estruturar a coleta de dados e calcular os indicadores de eficiência *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e *Total Effective Equipment Performance* (TEEP).

### 1.2 Justificativa

Os processos produtivos das empresas englobam pessoas e equipamentos. O trabalho sincronizado destas duas partes viabiliza a saída dos produtos manufaturados de qualidade. Para se atingir o objetivo torna-se necessária uma gestão de monitoramento desta união para a busca da melhoria contínua de processos e produtos.

Dentro de uma organização os direcionadores para estas melhorias provêm das medidas de desempenho adotadas pelas empresas com intuito de guiar seus esforços e auxiliar nas tomadas de decisão buscando atingir os objetivos e metas organizacionais.

Os indicadores OEE e TEEP são exemplos de medidas a serem aplicadas para o auxílio de um conhecimento mais detalhado a respeito dos equipamentos. Os mesmos ajudam a evidenciar as perdas escondidas no processo que reduzem a eficiência das máquinas.

Porém, para obtenção de uma métrica confiável é primordial, como abordado por Hansen (2001), o envolvimento dos operadores no processo para um correto registro dos motivos da parada, a fim de obter dados confiáveis que forneçam uma análise eficiente para minimização das perdas por meio da adoção das ações de contra-medida.

Este monitoramento e análise da eficiência do equipamento favorece a otimização dos processos com aumento da produtividade e redução dos custos.

Os indicadores foram aplicados na máquina gargalo de uma linha produtiva para se obter o rastreamento das perdas da mesma e assim direcionar as oportunidades de melhoria para o aumento da eficiência e ganhos de produtividade no equipamento.

### **1.3 Método de pesquisa**

A pesquisa tratou-se de uma pesquisa-ação a qual conforme Cauchick (2009) é “realizada em estreita associação com uma resolução de um problema coletivo, no qual trabalhadores e participantes estão envolvidos de modo cooperativo e participativo”.

A pesquisa envolveu no primeiro momento o trabalho conjunto do método da Teoria das Restrições e Estudos do Tempo para identificação da máquina gargalo.

Em um segundo momento utilizou-se as ferramentas do TPM a partir dos cálculos de eficiência OEE e TEEP norteadores das ações de melhoria.

### **1.4 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro são abordados os objetivos da pesquisa e a justificativa para aplicação dos indicadores de eficiência no ambiente fabril.



O capítulo seguinte apresenta revisão da literatura com abordagem do surgimento do TPM e seus princípios, conceitos relacionados aos indicadores de desempenho e a teoria das restrições.

No terceiro capítulo apresenta-se os métodos utilizados para a realização da pesquisa-ação relatada no quarto capítulo. No qual além da contextualização da pesquisa detalha as etapas realizadas de identificação da máquina gargalo, tipologia de paradas, estrutura da coleta de dados para ao final obter o cálculo do OEE e TEEP.

Indicadores estes que são analisados no quinto capítulo, juntamente com a discussão dos resultados obtidos pela tipologia das paradas. E por fim no sexto e último capítulo são realizadas as conclusões e considerações finais da pesquisa.

## 2 ADMINISTRAÇÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

O surgimento dos instrumentos de produção ocorre em meados do século XVIII quando se inicia na Inglaterra a Revolução Industrial. Neste período nasce o conceito da manutenção industrial, do latim *manus tenere*, de manter o que se tem (VIANA, 2002), momento em que os operadores eram treinados para operarem e manterem suas máquinas.

Anos depois durante a Segunda Guerra Mundial desenvolveu-se técnicas de organização, controle e planejamento da manutenção. Conforme Viana (2002), neste período conceituou-se manutenção como a conservação dos homens e materiais em nível de constante operação, a fim de atender às necessidades oriundas em um cenário de guerra.

Após este período, empresas japonesas importaram métodos de gerenciamento de fábrica e de processos dos países Europeus e dos EUA, com intuito de se recuperarem do período de guerra por meio do restabelecimento da qualidade e hegemonia, reconquistando a competitividade.

Chiaradia (2004) demonstra que uma das técnicas importadas foi a *Preventive Maintenance* (PM), a qual se difundiu no Japão nos anos 50. No decorrer da década seguinte, várias técnicas foram agregadas como manutenção pós-quebra, manutenção para melhoria, prevenção da manutenção.

Com a importação destes métodos os japoneses adaptaram e implantaram suas técnicas e cultura na empresa Nippodenso, e assim em 1971 origina a metodologia TPM, Manutenção Produtiva Total (NAKAJIMA,1989). A qual chega ao Brasil entre as décadas de 80 e 90.

O Quadro 1 apresenta a evolução da manutenção industrial no período pós Segunda Guerra Mundial.

Quadro 1- Evolução da manutenção a partir da década de 1950. (Adaptado de VIANA, 2002.)

1980-90	TPM no Brasil Softwares ERP Fundação do JIPM ( <i>Japan Institute of Plant Maintenance</i> )	Manutenção baseada nas condições
1970	Incorporação dos conceitos das ciências do comportamento Engenharia de sistemas TPM na Nippondenson	
1962	Engenharia de confiabilidade	Manutenção baseada no tempo
1960	Introdução da prevenção da manutenção	
1957	Manutenção corretiva com incorporação de melhorias	
1954	Manutenção do sistema produtivo	
1951	MP - Manutenção Preventiva	

## 2.1 Tipos de manutenção

A manutenção pode ser realizada com diferentes enfoques: manutenção preventiva ou preditiva, situações em que se planeja e organiza a intervenção, tomando providências sem que a máquina tenha falha ou pane; e manutenção corretiva, na qual a intervenção é emergencial feita após uma falha ou pane no equipamento

A manutenção corretiva é definida de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de 1994 como “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condições de executar a função requerida”. Este tipo de manutenção é uma conduta adotada em momento de emergência e por equipes de manutenção que trabalham com a filosofia de “apagar incêndios”.

Em contrapartida a manutenção preventiva efetua serviços em intervalos pré-determinados destinados a reduzir a probabilidade de o equipamento falhar e assim obter um maior controle sobre o mesmo (VIANA, 2002).

E a manutenção preditiva visa acompanhar o equipamento por meio de técnicas de monitoramento, a fim de prever a proximidade da ocorrência da falha. Viana (2002) destaca que o objetivo deste tipo de manutenção é o de determinar o tempo correto para intervenção, utilizando-se o componente até o máximo de sua vida útil. As técnicas de monitoramento mais utilizadas nas indústrias são: Análise de vibrações mecânicas; Termografia; Ensaio de ultra-som; e Análise de óleo lubrificante.

### **2.1.1 Manutenção Produtiva Total**

Chiaradia (2004) demonstra que apesar das raízes americanas o TPM vem de encontro com alguns dos preceitos da manutenção americana com o rompimento da mentalidade “eu quebro e você conserta”. A manutenção japonesa busca a cooperação entre operadores e mantenedores.

Este novo paradigma transfere ao operador o papel de ator por meio da realização de atividades básicas de manutenção em seu equipamento como realizado nos primórdios da manutenção.

Na metodologia do TPM foi criado o “*TPM Award*”, um prêmio de reconhecimento e distinção às empresas *benchmarkings* na aplicação da técnica de manutenção japonesa. As empresas automobilísticas foram as pioneiras na implantação da metodologia disseminada posteriormente para outros segmentos.

O primeiro *TPM Award* recebido no Brasil foi no ano de 1994 pela Pirelli Pneus de Santo André. No ano de 2010 o prêmio de TPM Classe mundial foi dado à empresa Unilever de Argentina S.A.

No ano de 1989 Nakajima determinou a base do TPM como a relação entre três conceitos (Dal *et al*, 2000):

- Maximização da eficiência do equipamento;
- Manutenção Autônoma pelos operadores;
- Pequenos grupos de atividades.

De encontro com as três diretrizes Slack *et al* (1996) enfatiza cinco metas para se estabelecer a boa prática do TPM conforme Nakajima:

1. Melhoria na eficácia dos equipamentos: analisar as condições de operação e análise das perdas;
2. Realização da manutenção autônoma: delegar aos operadores algumas responsabilidades de tarefas da manutenção e encorajar os mantenedores a assumirem a responsabilidade de melhoria no desempenho da manutenção;
3. Planejamento da manutenção: desenvolver um cronograma abordando todas as atividades da manutenção (preventiva, preditiva, planejada) alocando os recursos necessários para a realização das mesmas;
4. Treinamento de todo o pessoal em habilidades de manutenção relevantes: treinamento este que deve ser adequado e contínuo;
5. Gestão dos equipamentos logo no início.

A estrutura da metodologia proposta por Nakajima é apoiada em oito pilares de sustentação conforme ilustra Figura 1.

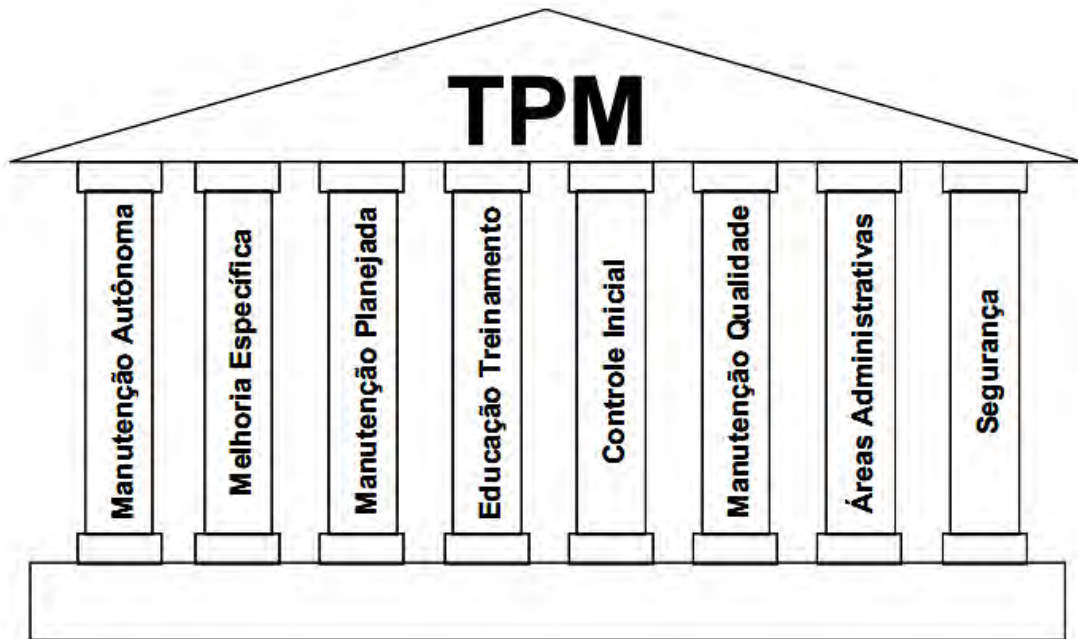


Figura 1- Pilares de sustentação do TPM (CHIARADIA, 2004, p.30)

Conforme Chiaradia (2004) a implantação da metodologia TPM passa por três fases: preparação, implementação e estabilização. Nakajima (1989) destaca que o tempo necessário para este processo é de três anos, após o qual começarão surgir os resultados da metodologia.

## **2.2 Indicador de Eficiência do Equipamento**

Segundo Mathur *et al* (2011) as medidas de desempenho são elementos operacionais essenciais para conduzir a organização para a melhoria, guiar o progresso da mesma e direcionar os esforços de encontro com os objetivos planejados. Em outras palavras, estas medidas são a linguagem do progresso que fornece um sentido à empresa de onde está e para onde irá.

### **2.2.1 Eficiência Global dos Equipamentos**

No ano de 1989, inserido nos conceitos da metodologia TPM, foi concebido o OEE uma métrica utilizada para determinar a produtividade de um equipamento que rompeu com os sistemas de medidas utilizados até o momento os quais consideravam apenas a disponibilidade do equipamento.

Dal *et al* (2000) demonstra que Nakajima conceituou o OEE como “A medida que tenta revelar os custos escondidos”. Baseando-se neste conceito as empresas Classes Mundiais utilizam o indicador para avaliar qual a eficiência das máquinas quando programadas para produzir (HANSEN, 2001), e com este cenário em mãos direciona-se os esforços na melhoria dos recursos onde se localizam as maiores perdas de eficiência a fim de atingir seu objetivo geral de obter “produto bom” (“*good goods*”).

Para Jonsson e Lessahammar (1999) o OEE é um indicador simples que pode ser utilizado como um importante indicador de processos de melhoria contínua.

O cálculo do OEE é um resultado do produto entre as métricas de disponibilidade e desempenho do equipamento, e qualidade do produto. O resultado indica qual o impacto de cada

um dos termos na eficiência do equipamento, possibilitando a rápida mensuração das perdas da máquina (HANSEN, 2001).

Mathur *et al* (2011) destacam em seu estudo a ineficiência do cálculo do OEE frente ao objetivo da empresa de obter um eficiente sistema de produção, e não somente uma máquina com a máxima eficiência. Porém, Hansen (2001) aborda a importância de se aplicar o OEE no equipamento gargalo, o qual é responsável pelo rendimento do processo produtivo. O esforço neste ponto acarretará a melhoria da eficiência do sistema de produção uma vez todas as máquinas do sistema devem estar subordinadas ao gargalo, conforme conceito da Teoria das restrições.

Hansen (2001) propôs uma escala para análise dos resultados do OEE, Quadro 2.

Quadro 2- Escala de resultados OEE. (HANSEN, 2001)

OEE	Avaliação	Status
< 65%	Inaceitável	Há muito dinheiro escondido. Procure ajude imediatamente
65 – 75 %	Aceitável	Ações de melhoria devem estar em andamento.
75 – 85%	Muito Bom	Continuar trabalhando com as melhorias
> 85%	Classe Mundial	

A análise dos termos do OEE pode revelar os melhores limites para o sucesso. E juntamente com o trabalho de times multifuncionais em busca de melhorias a empresa está apta a obter ganhos significativos no seu gargalo e conseqüentemente no sistema de produção. Ressaltando a relação direta entre a evolução do OEE com a produtividade. (HANSEN, 2001).

Hansen (2001) enfatiza que a chave do sucesso para a estratégia OEE é uma boa coleta de dados. Sendo assim, quanto maior a acuracidade dos dados coletados e sua análise melhores serão os resultados do método.

Para a análise dos dados os mesmos classificam-se seguindo o princípio das seis grandes perdas definidas por Nakajima (1989):

1. Perdas por quebra/falha do equipamento: indisponibilidade do equipamento por um determinado tempo até restabelecer as condições normais de operação. A manutenção corretiva é realizada pelos operadores ou manutenção de acordo com a

gravidade da quebra, a qual na maioria das vezes não é facilmente solucionada. De acordo com Dal *et al* (2000) e Chiaradia (2004) as quebras são classificadas como esporádicas quando ocorrem aleatoriamente e sendo na maioria das vezes de fácil visualização e correção. E as quebras crônicas de difícil detecção e que são aceitas como condição normal do processo devido a sua baixa duração.

2. Perda por *Setup* e Regulagens: ajustes realizados no equipamento na mudança de produto. Chiaradia (2004) destaca que as regulagens realizadas após término do *setup* são caracterizadas como perda do tipo 1.
3. Perdas por micro paradas e ociosidade: interrupção da produção, em tempo relativamente pequenos, por mau funcionamento ou interrupção do ciclo de produção. Sendo as micro paradas intervenções nas quais a correção é realizada pelo próprio operador no tempo inferior a 5 minutos podendo este variar conforme decisão da empresa.
4. Perdas por redução de velocidade: diferença entre a velocidade de engenharia e a real. Chiaradia (2004) cita os motivos da utilização de uma velocidade inferior a teórica: problemas de manutenção, operação, qualidade entre outros que será mascarado com a redução do ritmo de produção.
5. Perdas por queda de rendimento: tempo necessário para a inicialização do equipamento (*startup*), período de estabilização das condições de trabalho.
6. Perdas por problemas de qualidade e retrabalhos: mau funcionamento do equipamento produzindo produtos não conformes. Como nas perdas por quebras/falhas os problemas de qualidade podem ser crônicos ou esporádicos. (CHIARADIA, 2004).

O Quadro 3 mostra as metas de melhoria para cada uma das perdas conforme proposta de Nakajima.



Quadro 3- Metas de melhoria para cada grupo de perdas. (CHIARADIA, 2004, p.43)

Tipo de Perda	Meta	Explicação
1- Quebras	0	Reduzir para zero em todo o equipamento
2- Setup e ajustes	Minimizar	Reduzir os tempos de setup para menos de 10 minutos.
3- Ociosidade e pequenas paradas	0	Reduzir para zero em todo o equipamento
4- Redução de velocidade	0	Trazer o tempo de ciclo atual para o tempo de engenharia, e fazer melhorias para reduzir o tempo de engenharia
5- Defeitos de qualidade e retrabalhos	0	Aceitarem somente ocorrências extremamente pequenas. Exemplo: 100ppm à 30ppm.
6- Startup	Minimizar	

Conforme Chiaradia (2004), em 1989, Nakajima adotou a abordagem da Figura 2 para o cálculo do OEE.

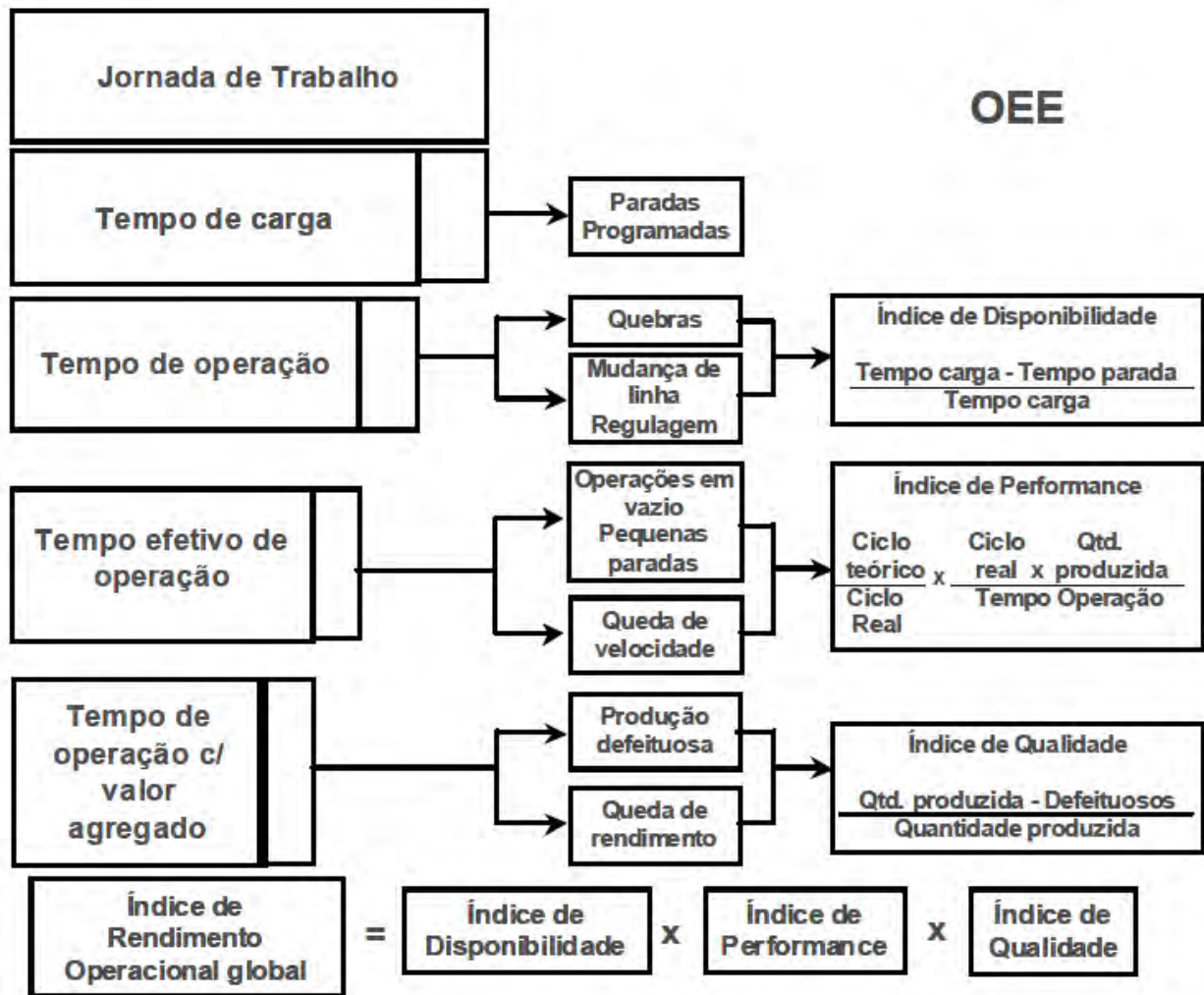


Figura 2- Modelo de cálculo do OEE (CHIARADIA, 2004, p.47)

O modelo ilustrado na Figura 2 permite observar a segmentação das seis grandes perdas em cada um dos fatores do indicador. Neste ponto Hansen (2001) justifica a necessidade da especificação no diário de bordo do equipamento da categorização das paradas, o registro do tempo disponível para produção, paradas programadas (almoço, sem programação para produção, manutenção planejada, entre outras), o tempo de ciclo teórico, quantidade de peças produzidas e peças boas. Dados estes que viabilizarão o cálculo correto do indicador.

### **2.2.2 Eficiência total do equipamento**

Contrapondo a métrica OEE, a eficiência total calculada a partir do TEEP é um indicador que considera o total de tempo disponível no calendário. Ou seja, a eficiência é calculada por meio da utilização do equipamento 24 horas por dia sendo 7 dias na semana, contrariando o conceito de tempo de carga proposto por Nakajima para o cálculo do OEE (MATHUR *et al*, 2011).

De acordo com Hansen (2001), tal como o OEE, o TEEP indica a oportunidade existente para se chegar ao nível Classe Mundial. Com a particularidade de o mesmo especular o potencial de capacidade do equipamento, sendo um excelente indicador da capacidade ociosa da máquina.

Neste novo conceito acrescentam-se as perdas por paradas programadas como manutenção planejada, paradas de almoço, sem programação de produção, como reais perdas na eficiência do equipamento. Conforme Hansen (2001) o fato do TEEP ser um bom indicador de capacidade disponível dos equipamentos, auxilia no desenvolvimento de projetos de expansão da capacidade e/ou aumento da demanda.

Hansen (2001) destaca que o desenvolvimento da capacidade escondida da empresa é dez vezes menos custoso do que o investimento no aumento da capacidade por meio de novas construções, aquisição de equipamentos.

Além disso, o mesmo diz que a empresa deve guiar suas tomadas de decisão e ações analisando as atividades produtivas e não-produtivas, com intuito de ter o domínio sobre as não-produtivas visto que são nelas que se localiza a “fábrica escondida”, ou seja, a maior oportunidade de ganho de eficiência da empresa.

O cálculo do OEE seguirá o modelo do método proposto por Nakajima evidenciado na Figura 3.

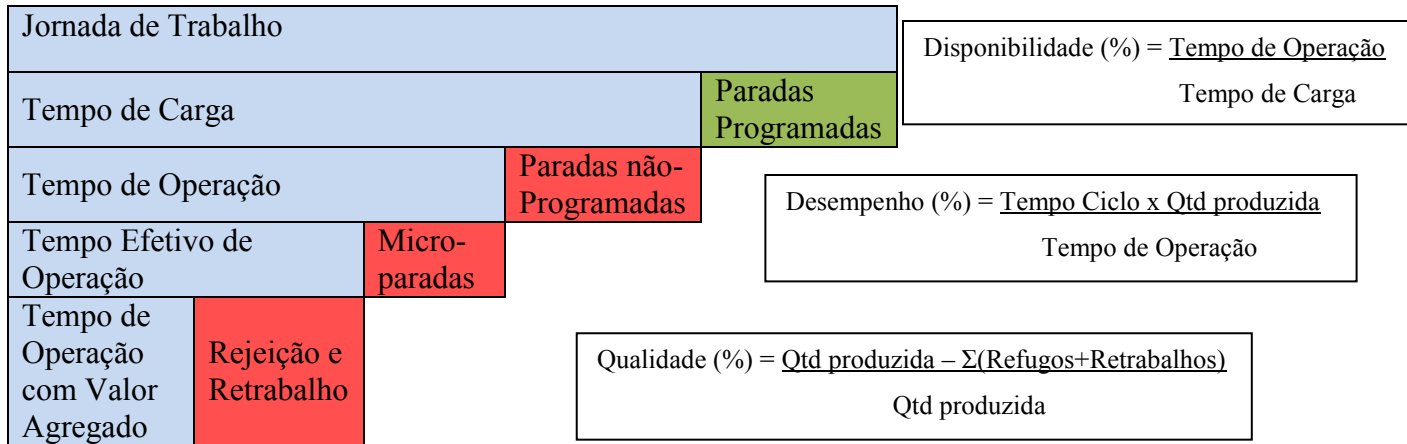


Figura 3-Modelo de cálculo do OEE.

E o cálculo do TEEP seguirá o método proposto por Hansen (2001) onde todas as paradas são consideradas como não programadas, conforme Figura 4.

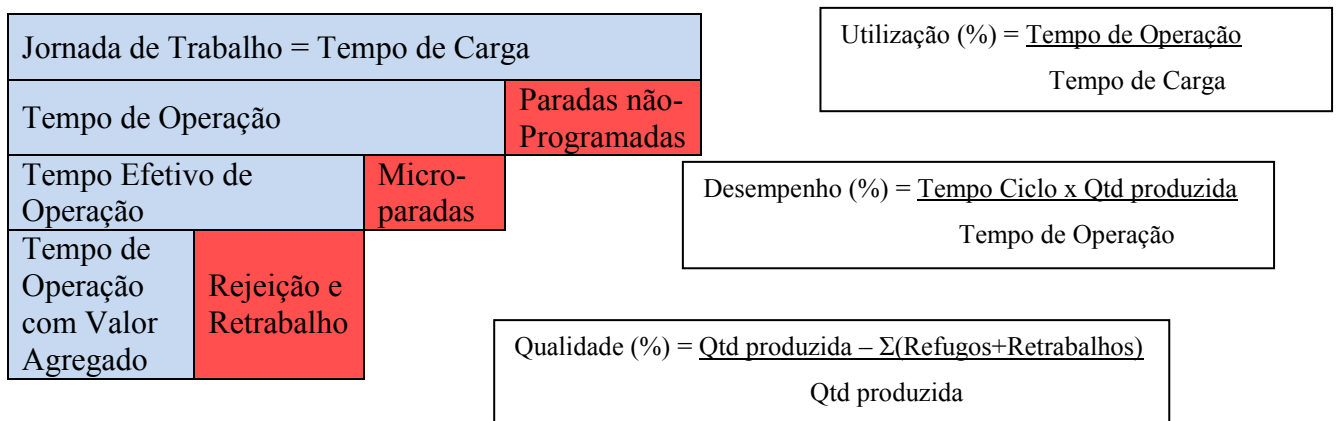


Figura 4- Modelo de cálculo do TEEP

Para ambos indicadores o valor final será obtido pela multiplicação dos índices.

## 2.3 Teoria das Restrições

Em 1984 Eliyahu M. Goldratt publica o livro “A meta”, um romance que introduziu o conceito de Teoria das Restrições (TOC). Segundo Cox II e Spencer (2002) a venda foi um sucesso superando os dois milhões de exemplares. O livro tornou-se uma leitura indispensável a gerentes de manufatura.

Cox II e Spencer (2002) relatam que a TOC é uma filosofia de administração que abrange três componentes: ramo logístico com as metodologias tambor-pulmão-corda e estrutura lógica de análise V-A-T; indicadores de desempenho focalizando-se no processo das cinco etapas; e, pensamento lógico envolvendo a solução de problemas/processo.

A prática do TOC é conhecida como Gerenciamento das restrições (GR), uma abordagem que planeja e controla a produção e venda de serviços e produtos, reconhecendo que há um recurso limitante na cadeia de operação que determinará a saída do sistema como um todo (COX II e SPENCER, 2002).

No livro “A Meta” Goldratt define a meta de uma organização como sendo “ganhar dinheiro hoje e no futuro”. E para se alcançar esta meta Goldratt desenvolveu três indicadores, como demonstrado por Cox II e Spencer (2002):

- **Ganho:** a taxa de geração de renda por meio das vendas;
- **Inventário:** verba gasta para comprar itens que a empresa pretende vender. Sendo estes avaliados pelo preço de aquisição dos itens;
- **Despesas operacionais:** quantia despendida pela organização para transformar inventário em ganho.

Segundo Cox II e Spencer (2002) o gerenciamento efetivo das restrições segue um processo de cinco etapas:

- 1º. Identificar as restrições no sistema: Deve-se estudar o fluxo do processo para se identificar a restrição que limita o ganho, o gargalo do sistema;
- 2º. Decidir como explorar a restrição do sistema: Aproveitar ao máximo a capacidade da restrição, deixando-o trabalhar continuamente sem interrupção;

- 3º. Subordinar todos os outros recursos à restrição do problema: os recursos do sistema devem trabalhar no mesmo ritmo do recurso gargalo, sendo esta a etapa mais difícil devido ao questionamento das práticas e procedimentos gerenciais tradicionais;
- 4º. Elevar a restrição do sistema: Aumentar a capacidade do recurso gargalo por meio de modificações no equipamento, aumento da velocidade dos alimentadores e/ou aquisição de um novo equipamento;
- 5º. Voltar para a 1ª etapa se na etapa 4 a restrição for quebrada: Uma vez quebrada a restrição do sistema o retorno a 1ª etapa evita que a inércia interrompa o processo de melhoria contínua.

Cox II e Spencer (2002) destacam o Gerenciamento da Restrição como um processo de melhoria contínua dos negócios por meio de um gerenciamento mais efetivo.

### 3 ESTUDO DO TEMPO E INDICADORES DE DESEMPENHO

#### 3.1 Estudo do Tempo

A tomada de tempo dos ciclos dos equipamentos foi realizada a partir da cronometragem que se apoiou no método proposto por Barnes em 1997 relatado por Manna (2009) para determinação do número de observações para se realizar a cronometragem.

O método de Barnes consiste em um tratamento estatístico simplificado de uma distribuição normal de dados aleatórios com um nível de confiança de 95%. Os passos do método seguem a sequência abaixo:

1. Realizar as observações iniciais: 10 para tempos menores que 2 minutos e 5 para tempos superiores a 10 minutos;
2. Determinar a amplitude,  $R$ , e a média,  $\bar{x}$ , das observações iniciais;
3. Determinar a razão entre amplitude e média,  $R/\bar{x}$ ;
4. Com os dados acima determinar o número de observações necessárias através da Tabela 1.

Tabela 1- Parâmetros para cálculo do número de observações. (MANNA, 2009)

R/x	nº de observações iniciais		R/x	Nº de observações iniciais	
	5	10		5	10
0,1	3	2	0,56	93	53
0,12	4	2	0,58	100	57
0,14	6	3	0,6	107	61
0,16	8	4	0,62	114	65
0,18	10	6	0,64	121	69
0,2	12	7	0,66	129	74
0,22	14	8	0,68	137	78
0,24	17	10	0,7	145	83
0,26	20	11	0,72	153	88
0,28	23	13	0,74	162	93
0,3	27	15	0,76	171	98
0,32	30	17	0,78	180	103
0,34	34	20	0,8	190	108
0,36	38	22	0,82	199	113
0,38	43	24	0,84	209	119
0,4	47	27	0,86	218	125
0,42	52	30	0,88	229	131
0,44	57	33	0,9	239	138
0,46	63	36	0,92	250	143
0,48	68	39	0,94	261	149
0,5	74	42	0,96	273	156
0,52	80	46	0,98	284	162
0,54	86	49	1	296	169

No caso da influência do ritmo do operador no tempo de ciclo deve-se considerar um Fator de Avaliação (FA) para determinação do tempo básico (MANNA, 2009). As atividades realizadas em ritmo normal o FA é igual a 100%, para ritmo lento abaixo de 100% e ritmo acelerado maior que 100%.

E em seguida os dados medidos são registrados na Ficha de Cronoanálise para a tratativa e determinação do tempo de ciclo padrão do equipamento.

### 3.2 Cálculo do OEE

O OEE resulta da multiplicação dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade, equação (1).

$$\text{OEE (\%)} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \quad (1)$$

O índice de disponibilidade abrange as grandes perdas 1- Quebra/Falha do Equipamento e a 2- Setup/Regulagem, para expressar a relação percentual entre o tempo efetivo de operação e o tempo de carga, conforme equação (2), (3) e (4).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de carga} - \text{Tempo de parada não planejada}}{\text{Tempo de carga}} \quad (2)$$

$$\text{Tempo de carga} = \text{Tempo total do calendário} - \text{Tempo de parada programada} \quad (3)$$

$$\text{Tempo de parada não planejada} = \Sigma \text{Tempo quebra} + \Sigma \text{Tempo setup} \quad (4)$$

Onde o tempo de carga compreende o tempo planejado para a produção, excluindo-se as paradas programadas de almoço, manutenção planejada, períodos sem programação de produção. E o tempo de paradas não planejadas o somatório do tempo em que a máquina ficou indisponível para produção por motivo de quebra ou falha no equipamento, setup ou regulagens.

O índice de desempenho abrange as perdas 3- Pequenas Paradas e a 4- Queda de Velocidade a fim de avaliar o ritmo da produção do equipamento relacionado ao tempo de ciclo teórico definido pela engenharia, conforme equação (5) e (6).

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Tempo de ciclo teórico} \times \text{Quantidade de peças produzidas}}{\text{Tempo de operação}} \quad (5)$$

$$\text{Tempo de operação} = \text{Tempo de carga} - \text{Tempo de parada não planejada} \quad (6)$$



O índice de qualidade, por sua vez, abrange as duas últimas grandes perdas, 5- Produtos defeituosos e 6-Queda de rendimento, para avaliar a eficiência de se produzir produtos de boa qualidade durante a produção. Este índice relaciona a quantidade de produtos bons pelo total produzido, conforme equação (7).

$$\text{Qualidade} = \frac{\Sigma \text{Produtos produzidos} - (\Sigma \text{Refugos} + \Sigma \text{Retrabalhos})}{\text{Total de produtos produzidos}} \quad (7)$$

### 3.2 Cálculo do TEEP

O cálculo do TEEP baseia-se na multiplicação de três índices: Utilização, Desempenho e Qualidade, equação (8).

$$\text{TEEP (\%)} = \text{Utilização} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \quad (8)$$

O índice de Utilização indica a relação percentual entre o tempo efetivo de produção e o tempo total disponível para produção, equação (9) e (10).

$$\text{Utilização} = \frac{\text{Tempo efetivo de produção}}{\text{Tempo disponível no calendário}} \quad (9)$$

$$\text{Tempo efetivo de produção} = \text{Tempo disponível no calendário} - \text{Tempo de paradas} \quad (10)$$

O tempo efetivo de produção resulta da diferença entre o tempo do calendário (60 minutos x 24 horas x 7 dias na semana) e todas as paradas do equipamento planejadas ou não.

Os índices de Desempenho e Qualidade seguem o mesmo conceito para o cálculo do OEE.

## 4 PESQUISA-AÇÃO

### 4.1 Empresa

O estudo foi realizado em uma empresa multinacional de grande porte atuante no ramo da energia no setor de Energia Hidroelétrica. O sistema de produção adotado pela empresa é a produção por encomenda, focalizando seus trabalhos em projetos, cada um com as particularidades de especificação requerida pelo cliente. Os produtos produzidos pela empresa são: Turbinas Mecânicas e Geradores Elétricos, ilustrado na Figura 5.

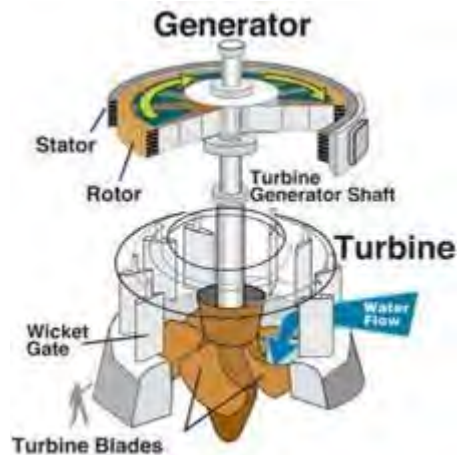


Figura 5-Estrutura do conjunto Gerador-Turbina da casa de máquina de uma Usina hidrelétrica (EMPRESA).

O gerador elétrico é composto pelo estator e rotor. No estator localiza-se a carcaça, na qual é realizado o chapeamento e alocadas as barras do estator. E o rotor é o componente onde se localizam os pólos do gerador.

A Fábrica de Geradores da empresa, local de realização do trabalho, é dividida em 4 áreas:

- Estamparia: produção das chapas do estator e do núcleo do pólo;
- Pólos: produção das bobinas e núcleo, e montagem final dos pólos;
- Enrolamento: produção das barras do estator;
- Montagem Elétrica: montagem dos componentes dos geradores: estator, rotor, anel coletor, entre outros; e no caso de PCHs montagem completa do gerador.

## 4.2 Processo de fabricação da Barra do estator

As barras do estator, Figura 6, são os condutores elementares dentro de um gerador. Em cada ranhura do chapeamento do estator são fixadas duas barras, e todo este conjunto formando o enrolamento.

A barra é composta de fios de cobre e revestida por um material isolante para impedir o contato do cobre com o aço das chapas do estator a fim de evitar o curto-circuito na máquina.

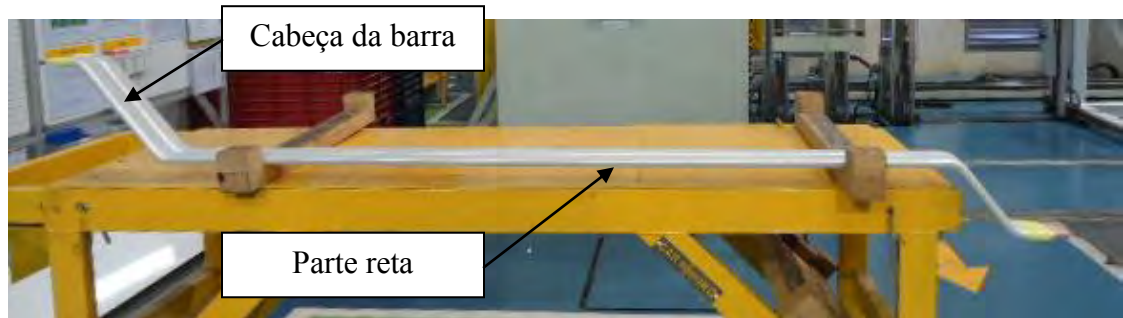


Figura 6- Barra do estator.

Cada gerador possui especificações particulares, sendo assim para cada projeto as barras possuem variações na dimensão, quantidade de camadas de isolamento e propriedades elétricas. Estas propriedades fazem com que a engenharia adapte os processos de fabricação de acordo com cada pedido do cliente.

O processo produtivo de cada barra passa por 14 etapas:

- Corte e prensagem dos fios: corte dos fios na máquina Itamasa nas dimensões e quantidade especificadas pelo projeto, montagem do pacote e prensagem do pacote na prensa Roebel para montagem da barra;
- Montagem da barra: os fios de dois pacotes da atividade anterior são transpostos fio a fio até a formação da barra alinhada ao final;
- Aplicação do Mastic: aplicação de uma massa de proteção nas laterais das barras por uma máquina e colocação de um material de sacrifício envolvendo as barras;
- Prensagem da barra: compactação de um conjunto de barras na prensa Schümann para cura dos materiais isolantes especificados no projeto;

- Limpeza e formação dos raios: retirada do excesso de materiais da barra e lixamentos dos raios nas laterais de acordo com o desenho do projeto;
- Teste de curto circuito: teste de curto-circuito entre os fios da barra em uma máquina de teste;
- Dobra das cabeças da barra: dobra das barras por meio uma máquina no formato requerido pelo projeto;
- Brasagem e corte das pontas: corte dos fios desalinhados nas extremidades da barra, brasagem (processo de solda) por indução das pontas para a união dos fios e tipagem do número na barra;
- Isolação das barras: aplicação da isolação em todo o comprimento da barra com o número de camadas de acordo com a espessura especificada no projeto;
- Prensagem da barra com L's: colocação de um molde L na parte reta e na cabeça da barra, prensagem e pontos de solda para fixação do molde;
- Impregnação/Micadur: secagem das barras, impregnação de resina ao vácuo de um lote de barras e consequente cura das barras em alta temperatura;
- Cabine de lixamento: retirada dos moldes L's e lixamento das superfícies a fim de um acabamento homogêneo;
- Pintura: pintura das barras com intuito estético e de proteção;
- Testes: teste dimensional e teste elétrico (resistência, tensão aplicada, tangente delta).

O processo produtivo da barra do estator é representado pelo *Value Stream Mapping* (VSM) no Apêndice A.

#### **4.2.1 Identificação da máquina gargalo**

De acordo com Hansen (2001) a aplicação do OEE deve ser realizada na máquina gargalo, a determinação deste equipamento restritivo é o primeiro passo do TOC. Na linha de barras de estator foi realizado o método de Estudo dos tempos para se determinar o gargalo da área do

enrolamento. Conforme definido por Slack (2002) este estudo consiste em uma técnica de medida do trabalho que visa medir o tempo para a realização da tarefa bem como o ritmo de realização da atividade pelo trabalhador dada as condições especificadas.

Os tempos de ciclo de fabricação de uma barra foram medidos através do cronômetro digital do celular, vide Figura 7.

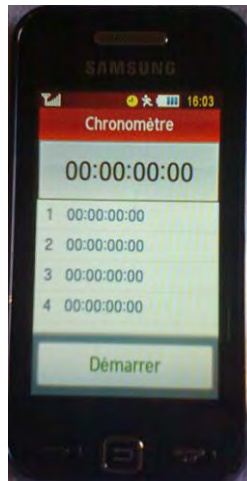


Figura 7- Cronômetro utilizado no trabalho.

Durante o processo de medição os operadores foram informados a respeito do objetivo da atividade com o intuito de engajá-los no estudo e obter a cooperação de todos, ponto importante evidenciado por Manna (2009). Além disso, todas as medições foram realizadas pelo pesquisador, buscando a variação de operadores na medição de uma mesma atividade com intuito de obter dados confiáveis independentes do operador executante.

Apesar da linha de produção ter o regime de três turnos de trabalho as medições ocorreram somente nos dois primeiros em vista da disponibilidade de horário do pesquisador.

Todas as medidas foram obtidas durante a fabricação de um mesmo projeto com lote de 141 barras afim a manter uma base de comparação invariável entre os equipamentos. Das 14 etapas do processo produtivo da barra do estator foram estudadas as 10 máquinas utilizadas nas diferentes etapas de fabricação.

Dentre estes equipamentos a máquina de Brasar apresentou influência do operador em seu tempo de ciclo requisitando a adoção de um FA nos tempos cronometrados que variaram de 90 a 110% de acordo com a avaliação do pesquisador.

Para as máquinas que trabalham com lotes de barras e tempo de processo fixo foi rateado este tempo pela divisão com o número de barras do lote, a fim de obter o tempo necessário por barra. Este método de cálculo foi utilizado para a Estufa e Autoclave que trabalhavam com um lote de 141 barras com tempo de processo fixo.

Todos os tempos foram registrados em minutos nas Fichas de Cronoanálise das máquinas, Figura 8, 9 e 10.

Máquina		ITAMASA			
	To [min]		To		To
1	3,622	11		21	
2	3,355	12		22	
3	3,278	13		23	
4	3,020	14		24	
5	3,229	15		25	
6	3,741	16		26	
7	3,605	17		27	
8	3,592	18		28	
9	3,678	19		29	
10	3,314	20		30	

Amplitude	R	0,601
Média	X	3,301
	R/X	0,182
nºobservações		10
Tc		3,443 min

Máquina		MASTIC			
	To [min]		To		To
1	2,447	11		21	
2	2,731	12		22	
3	2,409	13		23	
4	2,511	14		24	
5	2,326	15		25	
6	3,437	16		26	
7	2,863	17		27	
8	3,15	18		28	
9		19		29	
10		20		30	

Amplitude	R	0,405
Média	X	2,485
	R/X	0,163
nºobservações		8
Tc		2,734 min

Figura 8- Ficha de Cronoanálise dos equipamentos.

Máquina			PRENSA SCHUMAN		
	To [min]		To		To
1	126,005	11		21	
2	124,408	12		22	
3	128,889	13		23	
4	127,195	14		24	
5	127,666	15		25	
6		16		26	
7		17		27	
8		18		28	
9		19		29	
10		20		30	

Amplitude	R	4,482
Média	X	126,832
	R/X	0,035
nºobservações		3

Tc	126,832 min
Lote	18 barras
Tc	7,046 min

Máquina			BANCADA DE TESTE		
	To [min]		To		To
1	2,765	11		21	
2	3,153	12		22	
3	2,837	13		23	
4	2,693	14		24	
5	2,708	15		25	
6		16		26	
7		17		27	
8		18		28	
9		19		29	
10		20		30	

Amplitude	R	0,460
Média	X	2,831
	R/X	0,162
nºobservações		8

Tc	2,831min
----	----------

Máquina			DOBRA VINCENT		
	To [min]		To		To
1	2,435	11		21	
2	2,357	12		22	
3	2,508	13		23	
4	2,539	14		24	
5	2,510	15		25	
6		16		26	
7		17		27	
8		18		28	
9		19		29	
10		20		30	

Amplitude	R	0,182
Média	X	2,470
	R/X	0,074
nºobservações		3

Tc	2,470min
----	----------

Máquina			BRASAR		
	To [min]		To		To
1	5,86	11		21	
2	5,161	12		22	
3	5,094	13		23	
4	5,247	14		24	
5	5,822	15		25	
6	5,259	16		26	
7		17		27	
8		18		28	
9		19		29	
10		20		30	

Amplitude	R	0,766
Média	X	5,437
	R/X	0,141
nºobservações		6

Tc	5,407min
----	----------

Figura 9-Ficha de cronoanálise dos equipamentos – continuação.

Máquina		MICAMATION				Máquina		SECAGEM ESTUFA	
	To [min]		To		To		T = 720min	Lote 141 barras	
	Tc							5,106 min	
1	10,001	11		21		Máquina	AUTOCLAVE		
2	11,402	12		22			T = 960min	Lote 141 barras	
3	11,502	13		23			Tc	6,809 min	
4	11,168	14		24		Máquina	CURA ESTUFA		
5	11,466	15		25			T = 960 min	Lote 141 barras	
6	11,261	16		26			Tc	6,809 min	
7		17		27					
8		18		28					
9		19		29					
10		20		30					
			Amplitude	R	1,501				
			Média	X	11,108				
				R/X	0,135				
			nºobservações		6				
	Tc				11,133 min				

Figura 10- Fichas de cronoanálise dos equipamentos – continuação.

As informações das fichas de cronoanálise dos 10 equipamentos foram resumidas no Quadro 4.

Quadro 4- Tempos de ciclo dos equipamentos.

Máquina	Tempo de ciclo
Itamasa	3 min 24 s
Mastic	2 min 44 s
Prensa Schümann	7 min 3 s
Bancada de teste	2 min 49 s
Dobra Vincent	2 min 28 s
Brasar	5 min 25 s
Micamation	11 min 8 s
Estufa	5 min 6 s
Autoclave e Cura na Estufa	6 min 48 s



A partir dos dados de tempo de ciclo determinou-se como equipamento gargalo a máquina com o maior tempo de ciclo, neste caso a Isoladora de barras, Micamation, Figura 11, com um tempo de 11 minutos para produzir cada barra. Cumprindo a primeira etapa da Teoria das restrições.



Figura 11- Isoladora Micamation, máquina gargalo.

#### 4.2.2 Tipologia das paradas

No de 2009 a empresa iniciou a aplicação da metodologia TPM, com o início dos pilares de 5S, Manutenção Autônoma, Preventiva, Preditiva e Controle Inicial. Anterior a este período, em 2007 a empresa iniciou a utilização de um sistema informatizado para coleta de dados em equipamentos chaves das áreas para obtenção de informações das paradas.

O sistema informatizado de coleta de dados funciona por meio do envio de pulsos de produção, a ausência do pulso indica uma parada do processo que envia ao *software* a demanda da entrada do motivo da interrupção a ser inserido pelo operador na interface homem-máquina (IHM) localizada no equipamento.

De modo geral os códigos de parada utilizados pelos operadores foram padronizados para toda a fábrica na divisão em 6 grupos:

- Parada de processo;
- *Setup*;
- Manutenção corretiva;
- Manutenção preventiva;
- Horas improdutivas;
- Horas não trabalhadas.

No caso da não inserção do código de paradas no sistema pelo operador o sistema registrará o intervalo como Motivo Indeterminado, classificado no grupo de Horas Improdutivas.

No equipamento em estudo este apontamento era recorrente acarretando o problema da falta de informação dos dados coletados e conseqüente insuficiência para alocação de ações de melhoria.

A quantidade de horas de paradas não programadas devido a Motivo Indeterminado na máquina gargalo, Isoladora Micamation, ocorriam por motivos de: esquecimento da inserção do código, incerteza no apontamento do motivo da parada e carência de treinamento operacional.

O gráfico da Figura 12 demonstra que no período da semana 25 a 36 a média de apontamento indeterminado foi de 138,95 minutos por semana, ou seja, cerca de 2% do total disponível na semana não tinham informações suficientes para serem tratados e assim promover a melhoria na eficiência do equipamento.

Além disso, o pico da semana 37 demonstra um esquecimento de apontamento de motivo Sem Expediente no final de semana, e a entrada de um novo operário na máquina o qual devido a ausência de uma estrutura de apontamento de paradas não recebeu nenhum treinamento direcionado para a realização dos registros, acarretando dados desinformados e de baixa confiabilidade.



Figura 12- Evolução dos Motivos Indeterminados.

Além dos Motivos Indeterminado a inexactidão dos apontamentos foi evidenciada nas reuniões semanais de análise *Runtime* do equipamento, onde a análise do Pareto das Paradas era repleta de dúvidas devido ao desentendimento entre a nomenclatura da parada utilizada e a real causa da interrupção do processo.

Como visto na revisão bibliográfica a acuracidade dos dados é essencial para obtenção do sucesso do método. Ou seja, o aumento da confiabilidade dos dados coletados na Isoladora, gargalo da linha de barras do estator era necessária.

Com o envolvimento do pesquisador junto aos operadores, coordenador e facilitador de TPM da área foram analisadas todas as possíveis paradas programadas e não programadas da máquina e classificou-as dentro dos seis grupos de perdas utilizados pela organização, Tabela 2.

Tabela 2- Classificação de paradas da Isoladora.

Código das Paradas		
Manutenção corretiva	190	AUXÍLIO MANUTENÇÃO
	954	CORRETIVA PLANEJADA
	904	MÁQUINA QUEBRADA
Manutenção planejada	996	MANUTENÇÃO PREDITIVA
	994	MANUTENÇÃO PREVENTIVA
Setup	999	SETUP
Horas não produtivas	901	AGUARDANDO DECISÕES DIVERSAS
	910	AUDITORIA
	927	FALTA DE ÁGUA
	907	FALTA DE AR COMPRIMIDO
	922	FALTA DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO
	923	FALTA DE SERVIÇO/PEÇAS INDISPONÍVEL
	101	FALTAS E ATRASOS
	924	LIMITE MAX
	905	TREINAMENTOS E PALESTRAS
Horas não trabalhadas	940	AUSÊNCIA PLANEJADA
	943	SEM EXPEDIENTE
Parada de processo	123	AJUSTE
	917	CARGA E DESCARGA
	933	INTERVEÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE
	908	LIMPEZA E ARRUMAÇÃO
	3	MEDIÇÃO FEITA PELO OPERADOR
	18	TRAB. OUTRA MAQUINA

Na tipologia das paradas objetivou-se determinar o “quando apontar” para cada parada do processo. Inicialmente foram estabelecidas metas das paradas pelo grupo baseando-se na experiência dos integrantes e no Planejamento da produção do equipamento, por exemplo, a meta de uma hora para refeição e quinze minutos de descanso.

Todas as informações da tipologia foram registradas em uma Lição de Ponto a Ponto (LPP), ferramenta originária do TPM, Figura 13. A disponibilização da ferramenta aos funcionários realizou-se por meio de um treinamento específico para o apontamento do motivo das paradas de máquina na IHM.

O treinamento realizado pelo coordenador da área envolveu todos os operadores do equipamento com o objetivo de instruí-los a respeito da nova tipologia de paradas e o modo de apontamento do código na interface do sistema explicitando a importância da correta inserção dos

motivos para a confiabilidade dos dados e utilização direta no processo de melhoria contínua e aumento da eficiência do equipamento.

A fim de evitar futuros problemas na coleta de dados e perpetuar a cultura da medição do processo incluiu-se o treinamento da tipologia de paradas do equipamento na matriz de habilidade do operador, sendo, portanto, um ponto essencial de conhecimento para um funcionário no início das atividades.



LIÇÃO PONTO A PONTO

<b>TEMA</b> Tipologia das Paradas		<b>Número</b> LPP 170-11	<b>Revisão</b>	<b>Data:</b> 08/09/2011
<b>PREPARADA POR</b> Deborah Paula		<b>APLICAÇÃO</b> Micamation		
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Conhecimento Básico</b>	<input type="checkbox"/> <b>Processo</b>	<b>Aprovação</b>	
	<input type="checkbox"/> <b>Qualidade</b>	<input type="checkbox"/> <b>EHS</b>	<b>Data</b>	
	<input type="checkbox"/> <b>Casos de Melhoria</b>	<input type="checkbox"/> <b>Outros</b>		

tipo de parada	código	descrição	Quando apontar	meta turno	meta semana
NP	901	AGUARDANDO DECISÕES DIVERSAS		0	0
PP	123	AJUSTE	* Intervenções necessárias para manter o equipamento em funcionamento feitas pelo operador (ajuste das garras, correção no programa..)	10 min	1,5h
NP	910	AUDITORIA	* Acompanhamento de auditoria sem reposição de operador	0	0
NW	940	AUSÊNCIA PLANEJADA	* Almoço e %descanso no GBO (café, banheiro)	1,25 h	18,75 h
MC	190	AUXÍLIO MANUTENÇÃO	* Atividade que necessita de um auxílio da manutenção para se executar	0	0
PP	917	CARGA E DESCARGA	* Período de carga e descarga da máquina se superior a 1 min.	56 min	2,8 h
MC	954	CORRETIVA PLANEJADA	* Intervenção de corretiva programada da manutenção (apontado pela manutenção)	0	plano
NP	927	FALTA DE ÁGUA		0	0
NP	907	FALTA DE AR COMPRIMIDO		0	0
NP	922	FALTA DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	* Ausência de instrumentos de medição que impeçam a produção conforme demanda na OP (calibrador)	0	0
NP	923	FALTA DE SERVIÇO/PEÇAS INDISPONÍVEL	* Ausência de matéria-prima na entrada do posto de trabalho	0	0
NP	101	FALTAS E ATRASOS	* No fim de turno quando o próximo operador ainda não chegou <b>Exceto em dias anteriores a sem expediente</b>	0	0
PP	933	INTERVENÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE	* Intervenção para controle de qualidade e quaisquer outras referentes às condições do produto	0	0
NP	924	LIMITE MAX	* Estoque na saída da máquina atingiu o limite máximo de barras	0	0
PP	908	LIMPEZA E ARRUMAÇÃO	* Inspeção check-list 5S e MA no início do turno * Limpeza da máquina no final do turno	15 min	3,75 h
MP	996	MANUTENÇÃO PREDITIVA	* Parada do equipamento para manutenção preditiva (apontado pela manutenção)	plano	plano
MP	994	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	* Parada do equipamento para manutenção preventiva (apontado pela manutenção)	plano	plano
MC	904	MÁQUINA QUEBRADA	* Máquina impossibilitada de trabalhar	0	0
PP	3	MEDIÇÃO FEITA PELO OPERADOR	* Medição solicitada no processo com duração superior a 1min	0	0
NW	943	SEM EXPEDIENTE	* Finais de semana (exceto quando há Hora extra) * Sem carga	0	48 h
S	999	SETUP	* Parada para Setup	1h/ setup	1h/ setup
PP	18	TRAB. OUTRA MAQUINA	* Operador trabalhando em outra máquina * Realização de trabalho manual (aplicar a luva, lavar a barra...)	0	0
NP	905	TREINAMENTOS E PALESTRAS	* Participação em treinamentos e/ou reuniões sem reposição do operador na máquina	0	0

Legenda

PP	PARADA DE PROCESSO	MP	MANUTENÇÃO PREVENTIVA
S	SETUP	NP	HORAS IMPRODUTIVAS
MC	MANUTENÇÃO CORRETIVA	NW	HORAS NÃO TRABALHADAS

Figura 13- LPP tipologia de paradas da máquina Isoladora

### 4.2.3 Coleta de dados

O cálculo dos indicadores de eficiência como visto na revisão da literatura exige a métrica de três índices: disponibilidade e utilização, desempenho e qualidade.

Os dados para o cálculo da disponibilidade correspondem às paradas registradas na IHM pelo operador seguindo a tipologia das paradas estabelecida.

O índice de desempenho solicita o tempo de operação obtido pelos dados das paradas, o tempo de ciclo da produção de uma barra fornecido pela engenharia e a quantidade de barras produzidas no período. O último dado é extraído diariamente do quadro de gestão visual, Figura 14, situado na área ao lado do equipamento. Onde ao fim de cada turno o operador registra o somatório de barras produzidas ao lado do registro da programação planejada atualizado pelo programador da área a cada início da semana.



Figura 14- Quadro de gestão visual da máquina gargalo destacado as informações de produção.

Por sua vez o índice de qualidade necessita dos dados da produção do período, fornecido pelos operadores no quadro de gestão visual, e do somatório da quantidade de produtos refugados para descarte ou retrabalho.

O segundo dado é obtido por meio de duas fontes: registro de uma observação do operador no quadro de gestão visual informando a quantidade de barras rejeitadas, ou retroalimentação do controle da qualidade do somatório de barras rejeitadas devido a defeitos originários no posto de trabalho do gargalo.

A primeira fonte é raramente utilizada, visto a atividade no gargalo compreender apenas uma calibração da espessura da parte reta da barra ao final do processo momento no qual o operador dará a finalização do produto.

A segunda fonte é inserida em um programa do controle de qualidade iniciado no primeiro trimestre de 2011 com a aplicação da ferramenta *First Pass Yield* (FPY) denominada na empresa como “*Blue Card*”.

Esta ferramenta aplicada em 4 pontos de inspeção da linha produtiva, procura em cada um deles detectar a não conformidade e analisar a ocorrência do defeito e o local de origem a fim de ir de encontro com a causa raiz do problema e eliminar as perdas de qualidade o mais próximo da origem para diminuir a perda sucessiva de agregação de valor durante o processo produtivo.

Nos Cartões azuis são registradas todas as informações do problema, entre elas a definição do local de origem do defeito. Este último dado será compilado pela qualidade que retroalimentará a produção por meio de uma planilha eletrônica com as informações da quantidade de barras rejeitadas por posto, Figura 15.



Data	Seman	Mês	Turno	Emitente	Inspetor	Projeto	Tipo de Produto	N.º da peça	Detecção do Defeito	Origem do Defeito	Localização do Defeito
19/jul	W29	Jul	1*	Cristiano	Carlos Nogueira	Santo Antonio	Barra	201H257	90	60	* 7
19/jul	W29	Jul	1*	Cristiano	Carlos Nogueira	Santo Antonio	Barra	201H105	90	60	* 7
19/jul	W29	Jul	1*	Cristiano	Carlos Nogueira	Santo Antonio	Barra	201H166	90	60	* 7
19/jul	W29	Jul	1*	Cristiano	Carlos Nogueira	Santo Antonio	Barra	201H272	90	60	* 6
19/jul	W29	Jul	1*	Cristiano	Carlos Nogueira	Santo Antonio	Barra	201H255	90	60	* 6
20/jul	W29	Jul	1*	Cristiano	Carlos Nogueira	Santo Antonio	Barra	201H311	90	60	* 7
22/jul	W29	Jul	1*	Cristiano	Carlos Nogueira	Santo Antonio	Barra	201H507	90	60	* 7
28/jul	W30	Jul	1*	Willian	Carlos Nogueira	Santo Antonio	Barra	202H168	40.5	40	* *
22/ago	W34	Ago	1*	Cristiano	Carlos Nogueira	Jirau	Barra	201M44	90	70	* 7
25/ago	W34	Ago	1*	Paula	Carlos Nogueira	Jirau	Barra	201M-83	100	60	* 10
06/set	W36	Set	1*	willIAN	Carlos Nogueira	Jirau	Barra	416-202	40	20	A e B 8

Figura 15- Planilha de dados do *First Pass Yield*.

Na posse dos dados coletados o cálculo dos indicadores é realizado.

### 4.3 Cálculo do OEE e TEEP

Os dados para o cálculo dos indicadores são classificados conforme princípio de Nakajima das seis grandes perdas adicionando-se a sétima perda por gestão, proposta por Hansen (2001) para as paradas de refeição, treinamento, reunião, falta de material, entre outras relacionadas a problemas de gestão.

Na presente pesquisa o relacionamento determinado entre as paradas e o grupo das sete grandes perdas é ilustrado no Quadro 5. A estratificação proposta para cálculo do indicador OEE, adota as paradas de Manutenção Planejada, Preventiva, Treinamentos/Palestras e Limpeza e Arrumação como paradas não programadas com o intuito de diminuir gradativamente o impacto

destas na eficiência do equipamento. De maneira que as intervenções sejam realizadas em momentos nos quais o equipamento não possua demanda para produção.

Para o cálculo do TEEP tanto as paradas programadas e não programadas são analisadas como perda, afetando a eficiência total do equipamento.

Quadro 5- Classificação das paradas para cálculo do OEE.

<b>Paradas Programadas</b>	7. Perdas por gestão	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausência Planejada</li> <li>- Sem Expediente</li> </ul>
<b>Paradas não-Programadas</b>	1. Perdas por Quebra:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajuste</li> <li>- Auxílio Manutenção</li> <li>- Corretiva Planejada</li> <li>- Máquina Quebrada</li> </ul>
	2. Perdas por setup e regulagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Setup</li> </ul>
	7. Perdas de gestão	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auditoria</li> <li>- Aguardando Decisões Diversas</li> <li>- Carga e Descarga</li> <li>- Falta de água</li> <li>- Falta de ar comprimido</li> <li>- Falta de instrumento de medição</li> <li>- Falta de serviço/ Peças indisponível</li> <li>- Faltas e atrasos</li> <li>- Intervenção do controle da qualidade</li> <li>- Limite Max</li> <li>- Limpeza e Arrumação</li> <li>- Manutenção Preditiva</li> <li>- Manutenção Preventiva</li> <li>- Medição feita pelo operador</li> <li>- Trabalho em outra máquina</li> <li>- Treinamento e Palestras</li> </ul>

## 5 ANÁLISE E RESULTADOS

### 5.1 Coleta de dados

O treinamento de Tipologia de Paradas direcionado aos operadores do gargalo acarretou instantaneamente um aumento do comprometimento dos funcionários para a correta coleta de dados.

O resultado positivo desta ação da pesquisa pode ser observado na Figura 16 com a diminuição do montante de paradas com Motivo Indeterminado no período após a semana 37. Comparando-se os períodos das semanas 38 a 45 com as semanas 29 a 36, obteve-se uma redução na média de 82,3%, a qual passou de 161,25 minutos por semana para o valor de 28,48 minutos.



Figura 16- Evolução da quantidade de minutos de Motivo Indeterminado.

Estes números indicam uma maior visibilidade da empresa na descoberta de suas perdas escondidas, passando de 2% para 0,2% onde praticamente todas as perdas são evidenciadas. E com isto viabiliza o uso estratégico dos indicadores de eficiência do equipamento para a promoção da melhoria contínua.

## 5.2 Análise do OEE e TEEP

Durante o período da pesquisa, de junho a outubro de 2011, os dados das paradas foram exportados do *software* de coleta de dados, a produção e qualidade registradas na planilha que juntos foram compilados em uma planilha de Excel desenvolvida pelo pesquisador para o cálculo dos indicadores.

Nas semanas 25 a 45, o gargalo foi monitorado diariamente, e os indicadores de desempenho foram calculados em período semanal a fim de analisar a evolução da eficiência do equipamento ao longo das semanas.

O gráfico da Figura 17 ilustra a evolução do OEE ao longo das semanas. Neste gráfico pode-se observar que das semanas 25 a 33 houve uma queda no OEE e no período consequente da semana 33 a 45 o OEE da máquina oscilou entre 60 e 70%.

De acordo com a escala de avaliação proposta por Hansen (2001) e ilustrada na revisão da literatura, o OEE do equipamento gargalo oscila entre inaceitável (até 65%) e aceitável, fato que indica que ações de redução das perdas se ainda não iniciadas devem ser feitas imediatamente. A organização para se classificar como Classe Mundial deve buscar o 85% de eficiência.

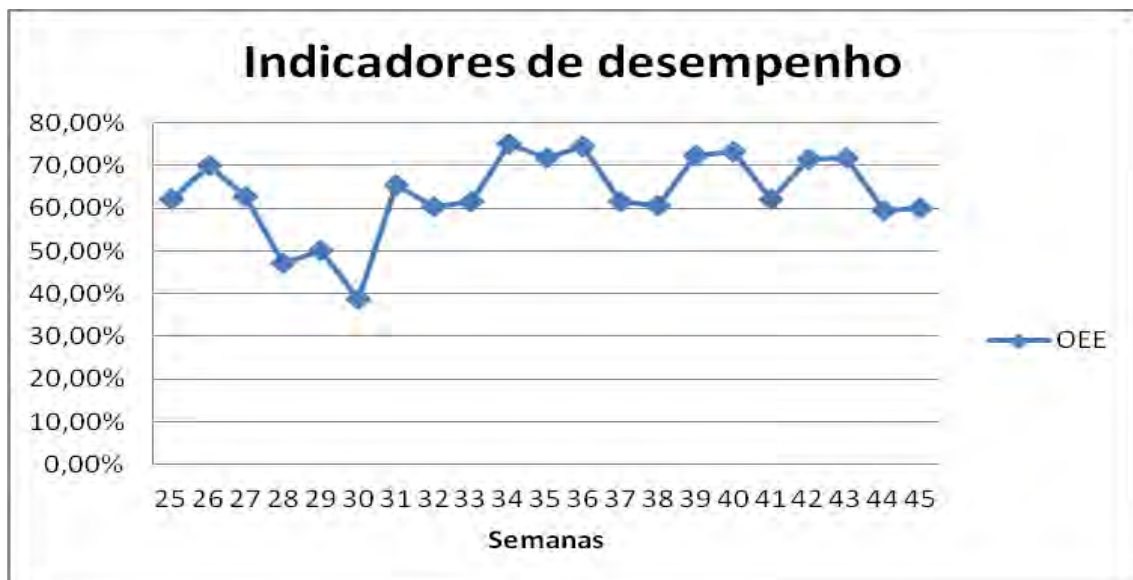


Figura 17- Gráfico da evolução dos indicadores de desempenho.

O OEE como visto na revisão da literatura é a multiplicação dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade. Sendo assim, a interpretação da evolução do indicador e direcionamento das ações de melhoria é fornecida pela análise de cada um desses índices.

A disponibilidade do gargalo no período do monitoramento da pesquisa de junho a outubro de 2011 apresentou a evolução dada na Figura 18.

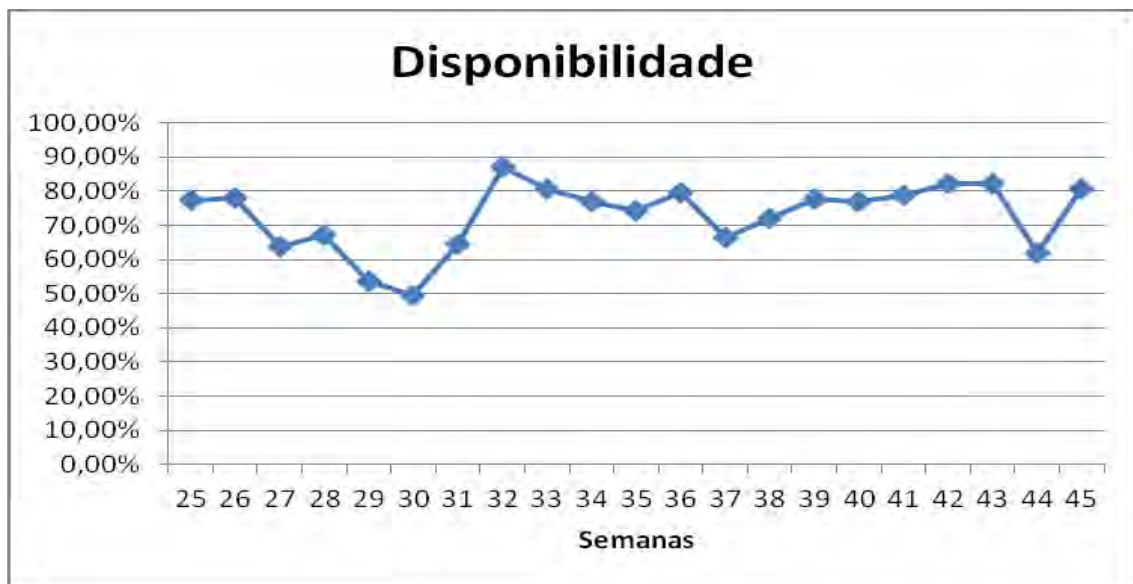


Figura 18- Gráfico da evolução do índice de disponibilidade

Conforme visto na evolução do OEE o intervalo entre as semanas 25 a 33 apresentou um decréscimo também observado na Disponibilidade, fator que indica a influência deste índice na queda da eficiência global do equipamento. A causa da decadência pode ser apurada por meio do gráfico de Pareto das Paradas não programadas, Figura 19.

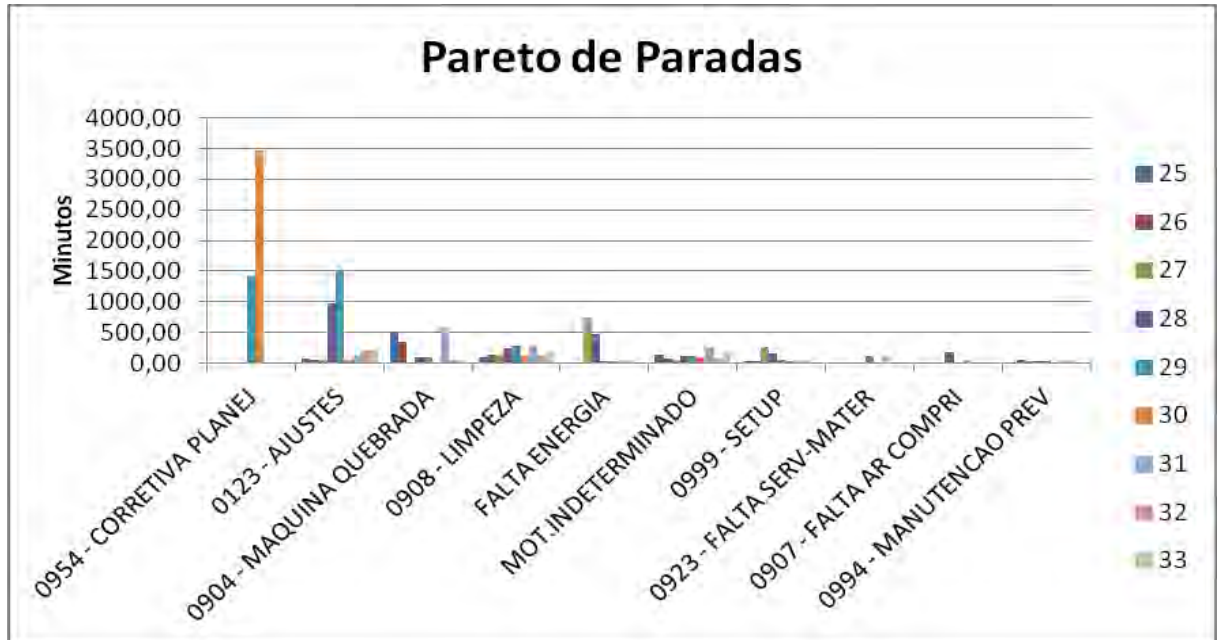


Figura 19-Pareto das Paradas do gargalo das semanas 25 a 33.

O pareto evidencia as cinco maiores perdas do período: corretiva planejada, ajustes, máquina quebrada, limpeza e falta de energia. Mesmo sendo um período anterior a Tipologia de paradas realizada na semana 37, estas perdas foram devidamente tratadas, pois acarretaram um impacto grande na eficiência, como também, na produtividade da máquina fato que alertou à produção para a tomada de ação em uma de suas reuniões mensais de manutenção.

A gravidade do problema levou o grupo, manutenção e produção, a iniciar um estudo de caso a respeito da anomalia, englobando um *brainstorming*, estudo da causa-raiz utilizando-se os 5 porquês e a criação de um plano de ação.

Porém, pode-se observar que nestas semanas o Motivo Indeterminado foi a sexta perda, ou seja, uma parcela significativa das perdas de disponibilidade não possuía informações necessárias para serem tratadas.

Retornando a análise das semanas seguintes após realização da Tipologia de Paradas as cinco maiores perdas de disponibilidade do gargalo foram: Falta de serviço/material (semana 44), Treinamento, Limpeza, Ajustes e Setup, vide Figura 20.

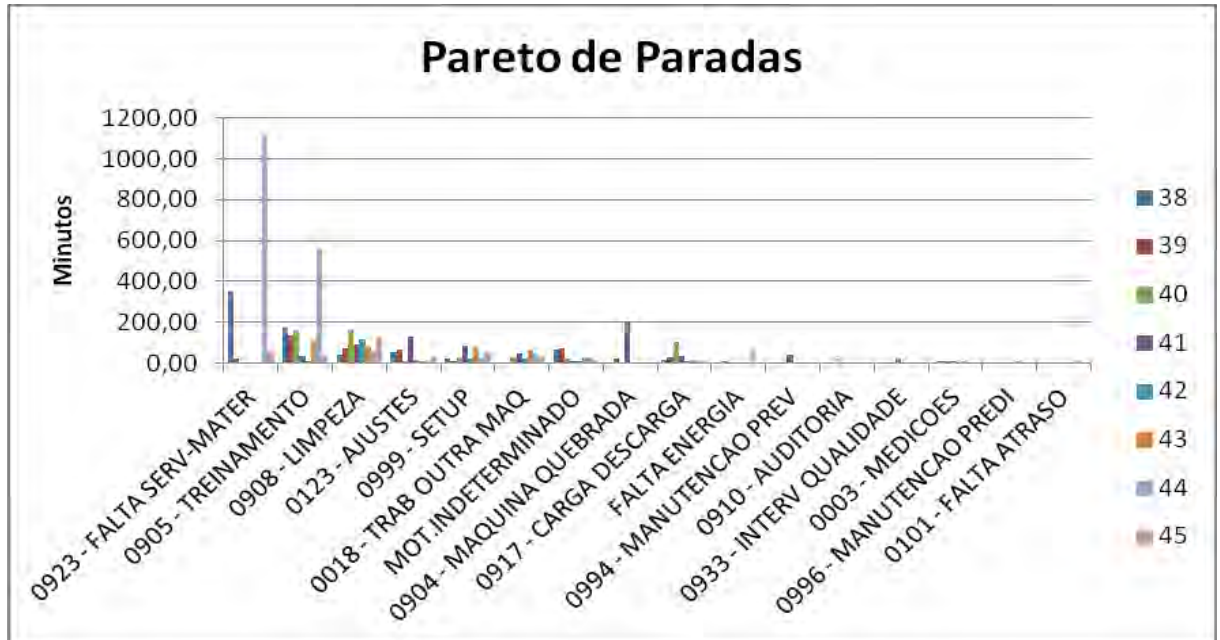


Figura 20-Pareto das paradas das semanas 38 a 45.

Com estas estratificações observou-se que as maiores perdas presentes no equipamento são referentes a perdas de gestão, o que situa o índice de disponibilidade em torno de 80%. Particularmente na semana 44, o decréscimo para 60% da disponibilidade ocorreu devido a Falta de Serviço/material e Treinamento, duas perdas de gestão que demonstram uma ineficiência na programação da produção e/ou desbalanceamento da mão-de-obra na linha.

As paradas bloquearam o gargalo em plenas condições de uso, aumentando a criticidade do equipamento que dita o ritmo da produção.

Analisando o desempenho do gargalo o mesmo apresentou no período uma oscilação entre 80 a 90%, Figura 21. Este índice indica que no tempo disponível para operação a máquina apresentou uma queda no desempenho de 10 a 20%. A perda de ineficiência pode ocorrer por motivos das micro-paradas inerentes ao processo ou pela diminuição da velocidade de isolamento quando necessário.

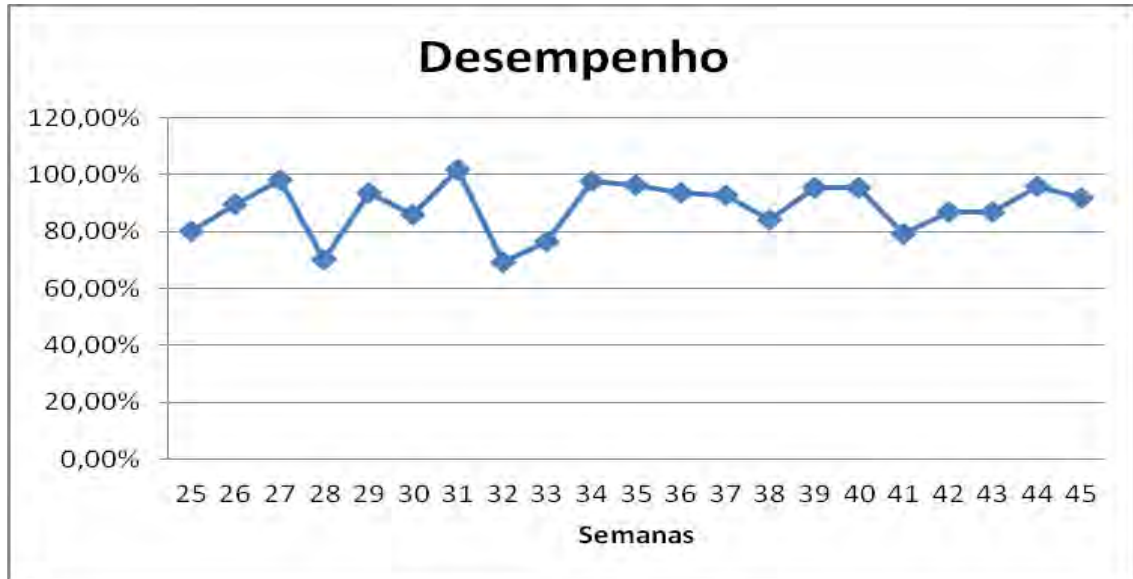


Figura 21- Gráfico da evolução do índice de desempenho.

E o por fim o índice de qualidade é o que apresenta o melhor comportamento, pois em quase 90% das semanas analisadas o índice de qualidade apresentou 100%, ou seja, todas as barras do estator produzidas estavam boas, Figura 22. Foram observados apenas algumas anomalias pontuais que não acarretaram alto impacto na eficiência devido ao seu valor mínimo de 80%.



Figura 22- Gráfico de evolução do índice de qualidade.



A análise detalhada de cada um dos índices permite considerar que neste período os custos escondidos no equipamento estão correlacionados ao índice de disponibilidade. Ou seja, as ações de melhoria devem ser focadas para minimização das perdas de gestão, como melhor agendamento de treinamentos, revisão do balanceamento da linha, atenção nos postos de trabalho anterior ao gargalo e o estabelecimento de um estoque mínimo na entrada do gargalo de maneira a garantir o contínuo trabalho do mesmo.

Outro indicador de eficiência importante de se analisar é o TEEP, na Figura 23 observa-se a evolução do mesmo comparado ao OEE analisado anteriormente.

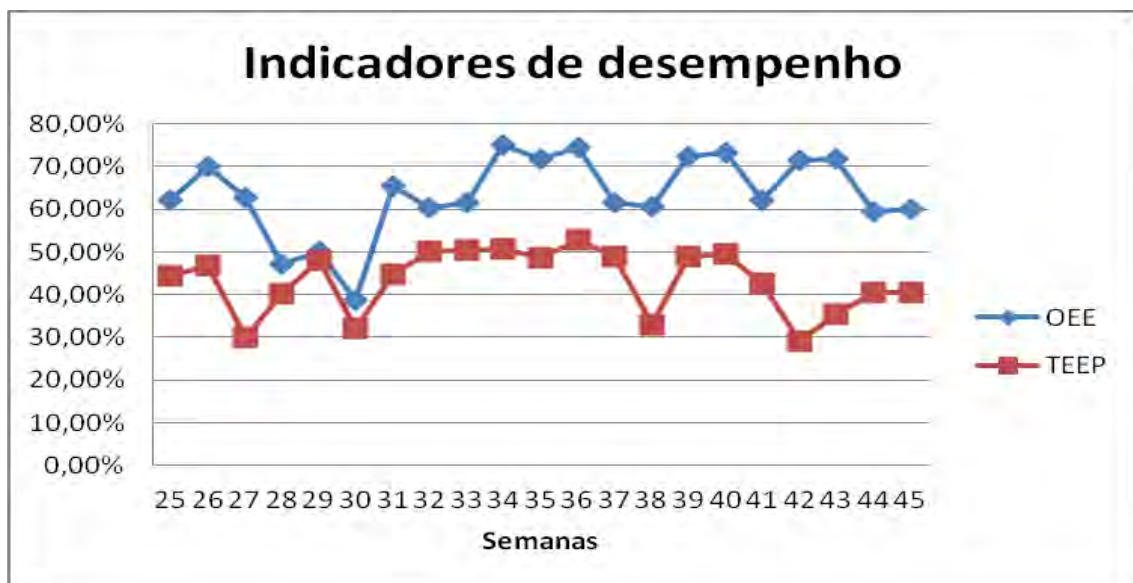


Figura 23-Gráfico de evolução do TEEP e OEE.

O gráfico da Figura 23 demonstra um TEEP cerca de 20 pontos percentuais menor do que o OEE. Tal fato deve-se a consideração do TEEP do tempo de calendário, ou seja, são analisados os 7 dias da semana 24 horas por dia, e todas as paradas programadas ou não são consideradas como perdas.

Ou seja, o modo de organização do trabalho em 3 turnos diários folgando finais de semana e feriados, faz com que a eficiência total sofra uma queda. Como por exemplo a queda de 50% para 30% na semana 42 devido aos feriados recorrentes neste período.

O Pareto das paradas do período após a semana 37 permite observar que as paradas programadas de Sem expediente e Ausência Planejada são as prioritárias entre as 10 maiores perdas, Figura 24. Justificando a diferença entre OEE e TEEP.

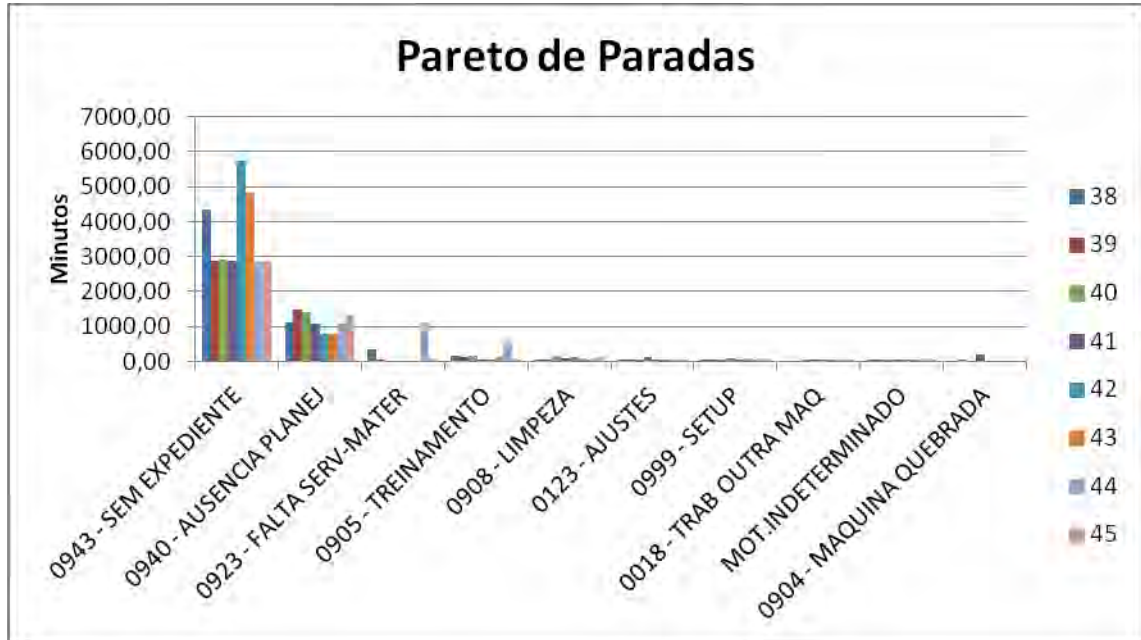


Figura 24- Pareto das paradas da semana 38 a 45.

A análise comparativa permitiu inferir que há uma disponibilidade do gargalo em média de 50%. Tal fator indica que em um cenário de aumento da demanda, pode-se realizar um estudo mais afinado para a aceitação do pedido sem a necessidade de dispêndios na aquisição de um novo equipamento.

A análise demonstra a capacidade ociosa do equipamento, que pode ser utilizada por meio da iniciação do trabalho aos finais de semana, rotatividade de operadores eliminando paradas de ausência planejada, entre outras medidas.

O índice de utilização do TEEP apresenta este mesmo comportamento de queda devido a consideração das paradas programadas, conforme visto na Figura 25. Comparando-o ao índice de disponibilidade utilizado no OEE há uma queda em média de 20 pontos percentuais.



Figura 25- Gráfico de evolução do índice de utilização.

## 6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa abordou a utilização dos indicadores de desempenho OEE e TEEP na medida de eficiência do equipamento. Ela teve como objetivo geral a aplicação destes indicadores na máquina gargalo da linha de barras do estator.

O atendimento do objetivo demonstrou uma vantagem na utilização de medidas de eficiência no ambiente fabril como uma ferramenta para a busca da melhoria contínua e consequente alcance das metas da organização.

A utilização do método TOC apresentou um fator importante da medição da eficiência no gargalo. Pois, conforme visto na revisão da literatura, o equipamento restritivo estabelece o ritmo da linha de produção, sendo assim sua otimização agrega um cunho estratégico de consequente aumento da produtividade.

O cálculo do OEE no gargalo da linha de barras do estator demonstrou que deve haver melhorias em andamento no equipamento, pois a eficiência do mesmo encontra-se com eficiência entre 60 a 70%, havendo uma grande oportunidade de redução das perdas e aumento da produtividade conforme escala de avaliação proposta por Hansen (2001).

No TEEP observou-se que dos 50% em média da ociosidade, 30% está relacionado com perdas de gestão: treinamento e falta de material-serviço. As quais poderão ser eliminadas com pequenas ações de sincronia entre produção e programação, e ações na gestão organizacional da linha de produção.

Com relação aos objetivos específicos a tipologia das paradas demonstrou a importância de uma padronização das perdas e formação do operador antes do início das atividades. Causando efeito positivo na confiabilidade dos dados coletados.

Outro ponto importante é a relação qualidade e produção, e programação e produção na coleta de dados e resolução dos problemas evidenciados. O relacionamento entre os atores das interfaces enriquece a análise da eficiência e cria um sincronismo na organização em busca da melhoria do processo.

Pode-se concluir que a utilização conjunta dos indicadores OEE e TEEP torna possível a realização de uma análise mais completa do equipamento avaliando a eficiência dentro da programação da produção e a oportunidade de aumento de capacidade produtiva.

Ou seja, o OEE dirá a eficiência atual do equipamento dentro da demanda trabalhada e o TEEP indicará o potencial de crescimento na restrição da linha. No caso tratando-se de uma empresa de produção por encomenda, estes dados assumem um aspecto estratégico na tomada de decisão na concorrência de um novo projeto.

A análise dos indicadores pode revelar que o aumento da demanda não necessita de grandes investimentos e sim de ações pontuais de melhoria da eficiência do equipamento e consequente utilização da capacidade ociosa.

## REFERÊNCIAS

CAUCHICK, P. A (org). **Metodologia Científica na Engenharia de produção e Gestão de Operações**. Ed. Campus, Coleção ABEPRO, Rio de Janeiro, 2009.

CHIARADIA, A.J.P. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria dos equipamentos: um estudo de caso na indústria automobilística**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia – modalidade Profissionalizante – Ênfase Produção) – Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2004.

COX III, J.F.; SPENCER, M.F. **Manual da Teoria das Restrições**. 1ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

DAL, B.; TUGWELL, P.; GREATBANKS, R. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis. **International Journal of Operations & Production Management**,v.20, n.12, p.1488-1502, 2000.

HANSEN, R.C. **Overall Equipment Effectiveness: a powerful production/maintenance tool for increased profits**. 1ed. Nova Iorque: *Industrial Press*, 2001.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. Evaluation and Improvement of manufacturing performance measurement systems – The role of OEE. **International Journal of Operations & Production Management**, v.19, n.1, p.55-78, 1999.

MANNA, J.I. **Estudo de Tempos e Métodos no envasamento de produtos químicos para experiências escolares**. 2009. 62 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

MATHUR, A.; DANGAYACH, G.S.; MITTAL, M.L.; SHARMA, M.K. Performance measurement in automated manufacturing. **Measuring Business Excellence**, v.15, n.1, p.77-91, 2011.

MOELLMANN, A.R., ALBUQUERQUE, A.S., CONTADOR, J.L., MARINS, F.A.S. **Aplicação da teoria das restrições e do indicador de Eficiência global do equipamento para melhoria de produtividade em uma linha de fabricação**. Revista Gestão Industrial, v.02, n.01: p. 89-105, 2006.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

VIANA, H.R.G. **PCM - Planejamento e Controle da Manutenção**. 1ªed. Rio De Janeiro: Qualitymark, 2002. 192 p.

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

ALMEIDA, D.A., SANTOS, A.C., SILVA, C.E.S. **Análise do indicador de eficiência global de equipamentos para elevação de restrições físicas em ambientes de manufatura enxuta.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção XXX, São Carlos, 2010.

AREDES, R.S. **Aperfeiçoamento da sistemática da coleta e análise de dados para a obtenção do indicador OEE nas máquinas trançadeiras de uma empresa do ramo de mangueiras de alta pressão.** 48 f. Trabalho de graduação – Faculdade de Engenharia, UNESP, Guaratinguetá, 2010.

BELTRÃO, N.E.S., QUARESMA, J.D., SANTOS, N.S., SERRA, N.R.C. **Utilização do indicador OEE na análise do desempenho dos processos e melhoria contínua na produção de condutores elétricos.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção XXX, São Carlos, 2010.

SANGINETO, M.L.T., OLIVEIRA, D.R. **Otimização do processo de envase de lubrificantes por meio da aplicação do indicador de eficácia global de equipamentos e da teoria das restrições.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção XXX, São Carlos, 2010.

YAMADA, R.M. **Análise de produtividade numa indústria química através da Ferramenta OEE.** 62 f. Trabalho de graduação – Faculdade de Engenharia, UNESP, Guaratinguetá, 2009.



APÊNDICE A – VSM da fabricação de Barras do estator.

