

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOAO MATHEUS COIMBRA STORTTE

**APLICAÇÃO DO INDICADOR OEE COMO FERRAMENTA PARA
AUMENTO DA EFICIÊNCIA EM UMA CALDEIRA**

MARÍLIA
2013

JOAO MATHEUS COIMBRA STORTTE

APLICAÇÃO DO INDICADOR OEE COMO FERRAMENTA PARA
AUMENTO DA EFICIÊNCIA EM UMA CALDEIRA

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador:
Prof. Esp. Fabio Marciano Zafra

MARÍLIA
2013

Stortte, João Matheus Coimbra

Aplicação do indicador OEE como ferramenta para aumento da eficiência em uma caldeira / João Matheus Coimbra Stortte; orientador: Fabio Marciano Zafra. Marília, SP: UNIVEM, 2013.

56 f.

Trabalho de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Curso de Engenharia de Produção, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília –UNIVEM, Marília, 2013.

1. OEE 2.Manutenção 3. TPM 4 .Caldeiras 5 Eficiência

CDD: 658.2



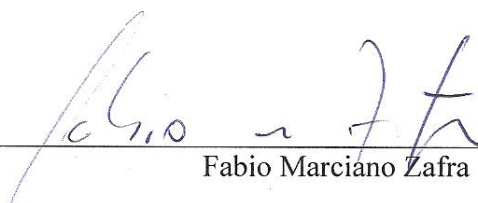
FUNDAÇÃO DE ENSINO "EURÍPIDES SOARES DA ROCHA"
Mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM
Curso de Engenharia de Produção.

João Matheus Coimbra Stortte - 45033-2

TÍTULO "Aplicação do indicador OEE como ferramenta para aumento da eficiência em uma caldeira. "

Banca examinadora do Trabalho de Curso apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia de Produção da UNIVEM, F.E.E.S.R, para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Nota: 10

ORIENTADOR: 
Fabio Marciano Zafra

1º EXAMINADOR: 
Rodrigo Fabiano Ravazi

2º EXAMINADOR: 
Danilo Correa Silva

Marília, 06 de dezembro de 2013.

Dedico este trabalho aos meus pais e familiares que durante estes cinco anos me incentivaram na busca de meu sonho, pessoas que diante dos momentos difíceis sempre foram companhias fiéis.

E em especial a minha avó materna que não conseguiu ver a conquista deste sonho e que sempre incentivou e motivou seus netos a estudarem.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo esplendor da vida e saúde.

*A vida pelas lições ensinadas pois de alguma forma me trouxeram até
aqui.*

*A minha avó pelo incentivo e cobrança prestados a mim quando criança
pois sabia ela em sua infinita sabedoria que somente com os estudos pode se
ter uma vida melhor.*

*Aos meus amigos companhia fiel ao longo da minha trajetória na
universidade e sem dúvida até o final da vida.*

*"Arrisque-se! Toda vida é um risco.
O homem que vai mais longe é
geralmente aquele que está disposto a
fazer e a ousar. O barco da 'segurança'
nunca vai muito além da margem."*

Dale Carnegie

STORTTE, João Matheus Coimbra. **Aplicação do indicador OEE como ferramenta para aumento da eficiência em uma caldeira**. 2013. 56 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2013.

RESUMO

Hoje é primordial a redução de custos nas organizações para elas sobreviverem no mercado atual, que cada vez se torna mais competitivo. Este indicador vem mostrar o quanto da eficiência do equipamento ou da planta está deixando de se aproveitar, o OEE ainda não é muito conhecido nas empresas brasileiras, porém seus benefícios são reconhecidos por fábricas do mundo inteiro. O presente trabalho tem por objetivo, em linhas gerais, o estudo da aplicação do indicador OEE para aumentar a eficiência de uma caldeira, bem como a redução dos custos operacionais, em uma indústria de processo, para isso serão calculados os índices do indicador a partir de informações coletadas a partir do sistema MES implantado na organização, depois será apresentado o OEE atual e a análise das causas impactantes, para isso serão analisados os relatórios diários preenchidos pelos colaboradores do setor. Este trabalho teve como resultados o ganho em produção de vapor após a otimização das horas paradas por falta de demanda do processo e o ganho financeiro após a proposta de desativação da caldeira objeto de estudo e a otimização das outras duas caldeiras da planta.

Palavras-chave: OEE. Eficiência. Redução de Custos. Manutenção. TPM.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – A evolução da manutenção | 16 |
| Figura 2 – Organograma posicionando a manutenção com as demais áreas..... | 19 |
| Figura 3 – Organograma exemplificando a estrutura descentralizada | 20 |
| Figura 4 – Estrutura matricial..... | 21 |
| Figura 6 – Sistemática do cálculo do OEE..... | 30 |
| Figura 7 – Metodologia adotada neste trabalho..... | 32 |
| Figura 8 - Vista periférica da caldeira em estudo..... | 33 |
| Figura 9 - Vista lateral da caldeira em estudo | 34 |
| Figura 10 - Detalhe das esteiras de transporte de bagaço..... | 34 |
| Figura 11 - Vista de outro ângulo da caldeira em estudo | 35 |
| Figura 12 - Conjunto de condensadores das caldeiras..... | 35 |
| Figura 13 - Cálculo da disponibilidade atual..... | 37 |
| Figura 14 – Cálculo do OEE atual..... | 40 |
| Figura 15 – Cálculo do valor a ser otimizado..... | 41 |
| Figura 16 –Disponibilidade que impacta no equipamento | 41 |
| Figura 17 – Diagrama de Ishikawa para falta de demanda do processo..... | 44 |
| Figura 18 – Cenário após melhorias nas paradas de manutenção | 48 |
| Figura 19 – OEE das demais caldeiras da planta..... | 49 |
| Figura 20 – Produção de vapor da caldeira atual..... | 49 |
| Figura 21- Cenários das caldeiras da planta após aumento do OEE | 50 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5W2H – Ferramenta da qualidade que tem as iniciais das diretrizes em que se baseia

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos

GQT – Gestão pela Qualidade Total

MES – Manufacturing Execution System

NBR – Norma Brasileira

OEE – Overall Equipment Effectiveness

TPM – Total Productive Maintenance

BPF – Boas práticas de fabricação

CEP – Controle estatístico do processo

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 – Horas relacionadas ao equipamento | 38 |
| Gráfico 2 – Variações percentuais da pressão | 39 |
| Gráfico 3 – Variação da relação vapor bagaço em torno da média..... | 40 |
| Gráfico 4 – Valores dos índices do OEE..... | 42 |
| Gráfico 5 - Causas de maior frequência | 43 |
| Gráfico 6 - Causas de maior impacto na disponibilidade..... | 43 |
| Gráfico 7: Horas paradas e porcentagem de impacto na disponibilidade..... | 48 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Forma de atuação da manutenção..... | 18 |
| Tabela 2 - Resultados da TPM | 25 |
| Tabela 3 - As oito perdas em processos | 28 |
| Tabela 4 – Hipóteses das causas..... | 45 |
| Tabela 5 – Custos e ganho financeiro a partir do desligamento do equipamento | 51 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 Apresentação do Tema | 13 |
| 1.2 Objetivo geral | 13 |
| 1.3 Objetivos Específicos | 14 |
| 1.4 Justificativa | 14 |
| 1.5 Estrutura do trabalho | 14 |
| | |
| CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA | 16 |
| 2.1 O Desenvolvimento da Gestão da Manutenção | 16 |
| 2.2 Estruturas da manutenção..... | 18 |
| 2.3 Tipos de manutenção..... | 22 |
| 2.4 TPM – <i>Total Productive Maintenance</i> | 23 |
| 2.4.1 Benefícios da implementação da TPM..... | 25 |
| 2.5 Ferramentas da Qualidade..... | 25 |
| 2.6 OEE – <i>Overall Equipment Effectiveness</i> | 26 |
| 2.6.1 Benefícios do OEE..... | 28 |
| 2.6.2 Implementação do OEE | 29 |
| 2.6.3 Cálculo do OEE..... | 29 |
| | |
| CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA | 31 |
| | |
| CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO | 33 |
| 4.1 Identificação do Problema..... | 36 |
| 4.2 Cálculo do Cenário Atual..... | 36 |
| 4.2.1 Disponibilidade | 36 |
| 4.2.2 Qualidade | 38 |
| 4.2.3 Desempenho | 39 |
| 4.3 OEE Atual | 40 |
| 4.4 Análise do OEE..... | 41 |
| 4.5 Análise das Causas de Maior Impacto no Índice | 42 |
| 4.5.1 Falta de Demanda do Processo..... | 44 |
| 4.5.1.1 Análise de Causa | 44 |
| 4.5.1.2 Plano de Ação | 45 |
| 4.5.2 Manutenção por motivos mecânicos | 46 |
| 4.5.2.1 Apontamento das causas | 46 |
| 4.5.2.2 Plano de ação..... | 46 |
| | |
| CAPÍTULO 5 – RESULTADOS | 47 |
| 5.1 Proposta 01 | 47 |
| 5.2 Proposta 02..... | 49 |
| 5.2.1 Resultados encontrados | 50 |
| | |
| CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES | 52 |
| | |
| REFERÊNCIAS | 53 |
| APÊNDICES | 55 |

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do Tema

Nos dias atuais em que se vive em um cenário cada vez mais competitivo, qualquer redução de custos nas operações pode significar uma grande alavancagem nos negócios ou até mesmo a permanência no mercado. Tal redução pode se dar pela economia de insumos, redução de mão de obra, gerenciamento adequado dos estoques entre várias medidas, porém uma questão que ainda é crescente no Brasil é o gerenciamento eficaz dos ativos das instalações industriais. O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é um indicador que vem nos mostrar o quanto está eficiente a fábrica, através do uso dos ativos nela instalados.

Analisando a eficiência de cada equipamento na instalação, ou até mesmo analisando apenas os equipamentos fundamentais ao processo ou os mais onerosos à planta, é possível saber o quanto se está deixando de ganhar em não utilizá-los em sua capacidade máxima. O indicador OEE faz esta análise, ele dá o cenário atual da fábrica e com esta informação pode-se analisar onde se está deixando de utilizar os equipamentos.

O OEE é calculado através de três índices: disponibilidade, que mostra o quanto se está usando o equipamento; desempenho, que mostra o quanto da velocidade ideal do equipamento está sendo utilizada e por fim, qualidade; que apresenta o quanto da qualidade ideal está sendo atingida.

1.2 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo apresentar a aplicação do indicador OEE como uma ferramenta para o aumento da produtividade em uma caldeira de uma indústria do interior de São Paulo. Importante ressaltar que serão analisadas as informações coletadas, calculado o valor do indicador e apresentadas as possíveis melhorias para otimização do indicador e, conseqüentemente, da eficiência. Espera-se com isso mostrar a importância da adoção deste indicador para o aumento da eficiência do equipamento analisado.

1.3 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Aplicar o indicador OEE em uma caldeira.
- Obter um cenário atual, apresentar as causas impactantes e propor melhorias.
- Aplicar paralelamente ferramentas da qualidade.

1.4 Justificativa

O objetivo deste trabalho é a aplicação do indicador OEE em uma das caldeiras de uma usina de açúcar e álcool, haja vista, que o indicador é aplicado apenas na moenda da empresa. A caldeira é um equipamento essencial à planta, pois, o processo requer muitas trocas térmicas, além disso, o vapor é a força motriz que movimenta as turbinas dos geradores de energia elétrica - recurso muito importante para a composição dos negócios da empresa - e indubitavelmente é um equipamento de alto custo de aquisição e manutenção, por conseguinte se faz necessário um maior foco e acompanhamento. Com o monitoramento do equipamento pela aplicação do indicador, é possível reduzir custos e aumentar a disponibilidade do mesmo, identificando as causas das paradas, as perdas de desempenho e perdas de qualidade do produto.

1.5 Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo será apresentado o tema proposto do trabalho para posicionar o leitor sobre o que transcorrerá, em seguida o objetivo geral e específico e por fim a justificativa, posteriormente no segundo capítulo será desenvolvida a revisão da literatura com os assuntos relacionados ao tema. A revisão bibliográfica será composta por livros, periódicos e alguns trabalhos acadêmicos. A teoria apoiará o desenvolvimento do estudo de caso que será a aplicação do indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) em uma caldeira em uma empresa do estado de São Paulo. A ordem da revisão da literatura será: o desenvolvimento da gestão da manutenção, estruturas da manutenção, tipos de manutenção, TPM, benefícios da implementação da TPM, ferramentas da qualidade, OEE, implementação do OEE e cálculo do OEE.

No terceiro capítulo encontrará a metodologia do trabalho, que direcionou o desenvolvimento deste.

Por fim na quarta parte será exposto o estudo de caso com suas análises e propostas, na quinta será apresentado os resultados obtidos pelo estudo de caso e na sexta parte a conclusão do trabalho.

O estudo de caso se desenrolará da seguinte forma: serão levantadas algumas informações sobre o equipamento via sistema MES e por análise de relatórios do setor, posteriormente será calculado o OEE e a partir desta informação pretendemos encontrar as principais causas impactantes no indicador. Identificado as principais, serão realizadas propostas para reduzi-las ao mínimo possível. Ao final do estudo será apresentada uma conclusão expondo os ganhos advindos com a adoção da metodologia.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Desenvolvimento da Gestão da Manutenção

A manutenção é definida pela NBR 5462 como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

A organização da manutenção de qualquer empresa deve estar voltada para a gerência e a solução dos problemas na produção, de modo integrado às demais atividades. (PINTO; XAVIER, 2010).

Segundo Xenos (2004) a manutenção deve incluir atividades relacionadas com o tratamento das falhas, detecção, reparo, investigação das causas fundamentais e estabelecimento de medidas para se evitar sua reincidência com isso vai além das atividades de reestabelecimento dos equipamentos às condições normais, estas devem ser as atividades esporádicas e não podem se transformar no meio de vida das equipes de manutenção. Tratar falhas em equipamentos não é um bom negócio para quem precisa produzir produtos e serviços, tratar falhas em equipamentos é um bom negócio apenas para quem presta serviços de assistência técnica e mão de obra. A figura 1 apresenta a evolução da manutenção.

Figura 1 – A evolução da manutenção



Fonte: LOSS PREVENTION (São Paulo) (Org.). Evolução da manutenção. 2011. Disponível em:

<<http://lossprevention.com.br>>. Acesso em: 25 maio 2013.

A gestão da manutenção deve ter um foco mais abrangente do que simplesmente manter as condições originais dos equipamentos, mas introduzir melhorias que visam o aumento da produtividade. Assim a manutenção pode ser dividida em dois tipos de atividades: as de melhorias e as de manutenção. A primeira se refere a atividades que visam atingir novas metas de produtividade para os equipamentos, produção, redução de custos, aumento da qualidade, etc. A última se refere a ações tomadas no dia-a-dia para prevenir ou corrigir eventuais anomalias ou falhas detectadas, tais atividades abrangem lubrificações, reparos de falhas, substituição periódica de uma peça, etc. tais atividades devem ser realizadas com os departamentos de produção e manutenção juntamente. Assim o objetivo da manutenção é manter o que o equipamento é e também manter o que ele pode fazer. (XENOS, 2004).

Porém antes de se chegar a tais etapas um método da gestão da manutenção é a própria prevenção da manutenção, tal método consiste em atividades que são desenvolvidas junto aos fabricantes com o objetivo de se reduzir o volume de serviços de manutenção exigido durante sua operação. O aspecto fundamental é o feedback de informações para o fabricante na compra de novos equipamentos, este trabalho deve ser realizado nas fases iniciais de desenvolvimento do equipamento (XENOS, 2004).

Xenos (2004) afirma que o conjunto dos métodos e funções estratégicas da manutenção dá origem ao Sistema de Gerenciamento da Manutenção. Os métodos e funções são apresentados a seguir:

- Métodos de manutenção: manutenção corretiva, preventiva e preditiva.
- Funções estratégicas da manutenção: tratamento de falhas dos equipamentos, padronização da manutenção, planejamento da manutenção, peças-reservas e almoxarifado, orçamento da manutenção, educação e treinamento.

Este sistema faz parte da Gestão pela Qualidade Total (GQT) que Xenos (2004, p. 43) a define como: “... método de gestão para garantir a sobrevivência das empresas através da produção de bens e serviços de boa qualidade que satisfaçam às necessidades das pessoas”.

A GQT gerenciada de forma eficaz é um meio para atingir as metas de sobrevivência da empresa e torná-la competitiva. Muitas organizações ainda falham no gerenciamento da manutenção não dando o enfoque na gerência e solução dos problemas da empresa como um todo, onde não percebem que se não trabalharem de forma integrada as demais áreas não há qualidade. (PINTO; XAVIER, 2010; XENOS, 2004).

2.2 Estruturas da manutenção

A estrutura da manutenção pode ser de três formas como Pinto e Xavier (2010) apresentam: (i) centralizada, (ii) descentralizada e (iii) mista. A tomada de decisão de qual estrutura adotar depende do tamanho e dos produtos das plantas.

Segundo a pesquisa do Documento Nacional de 2011 da ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos) a estrutura centralizada era adotada em 32% das empresas brasileiras, 27% das empresas brasileiras adotam a estrutura descentralizada e a estrutura mista é adotada por 41%. A tabela 1 apresenta as formas de atuação da manutenção desde 1995 até 2011.

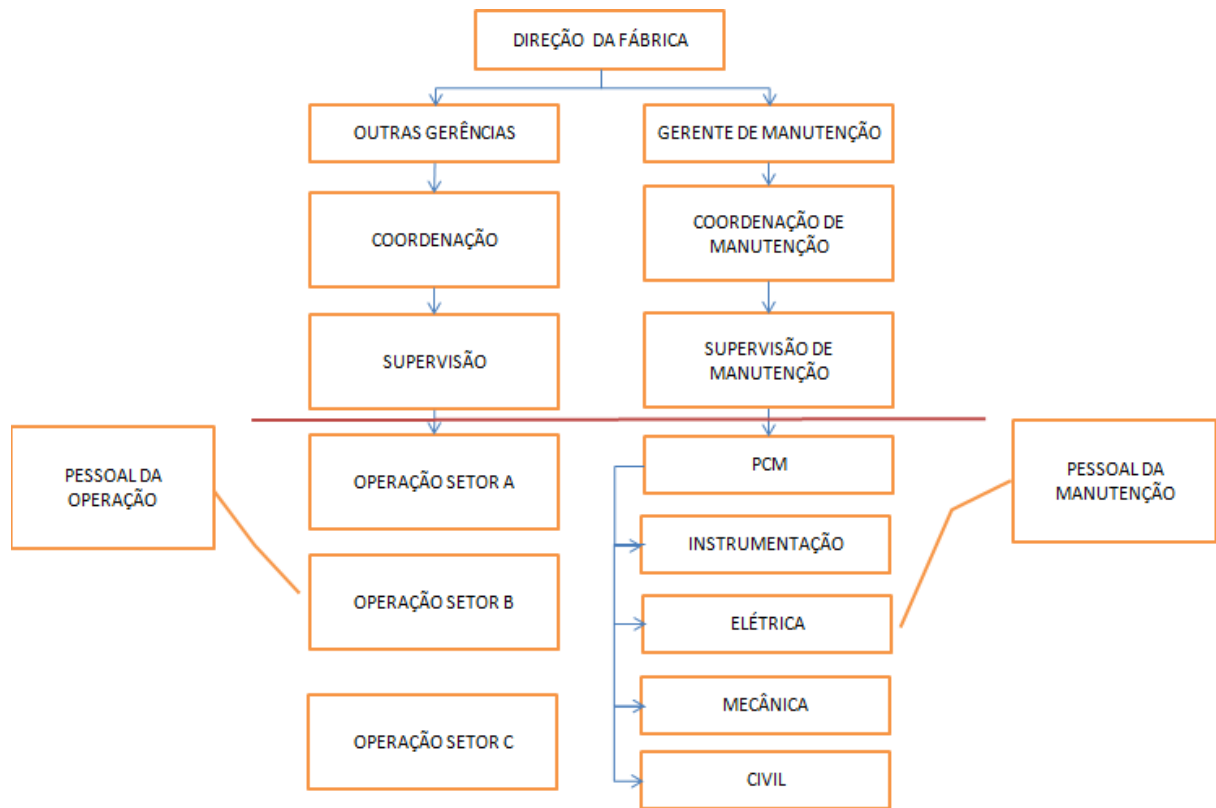
Tabela 1 – Forma de atuação da manutenção

| Forma de Atuação da Manutenção | % | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1995 | 1997 | 1999 | 2001 | 2003 | 2005 | 2007 | 2009 | 2011 |
| Centralizada | 52,80 | 42,50 | 40,52 | 36,62 | 42,52 | 36,14 | 26,28 | 32,59 | 31,72 |
| Descentralizada | 13,70 | 15,83 | 21,55 | 21,13 | 21,26 | 27,20 | 33,97 | 26,67 | 27,59 |
| Mista | 33,50 | 41,67 | 37,93 | 42,25 | 36,22 | 35,96 | 39,75 | 40,74 | 40,69 |

Fonte: Documento Nacional de 2011

A **centralizada** como o próprio nome sugere, é centrada em torno de uma equipe, ou seja, todas as operações são planejadas e dirigidas por um departamento único, e as equipes de manutenção atendem todos os setores. Projetos, orçamentos, custos e planejamento fazem parte do departamento que geralmente é dirigido por um gerente em nível hierárquico igual aos demais gerentes da planta. (FURTADO APUD SILVA, 2004). A figura 2 exibe um organograma posicionando o setor de manutenção com as demais áreas, nota-se também que neste esquema, existe um setor responsável pelo recebimento das ordens de manutenção e distribuição destas para as equipes de manutenção.

Figura 2 – Organograma posicionando a manutenção com as demais áreas



Fonte: Adaptado de: Silva(2004)

Este sistema possui algumas vantagens como Nepomuceno (1989 apud SILVA, 2004) apresenta:

- Existência de pessoal qualificado e suficiente para a execução dos serviços de manutenção;
- Os funcionários altamente especializados são aproveitados com mais eficiência;
- Há responsável pela manutenção;
- É possível centralizar toda a contabilidade das despesas de manutenção.

O autor também apresenta algumas desvantagens como:

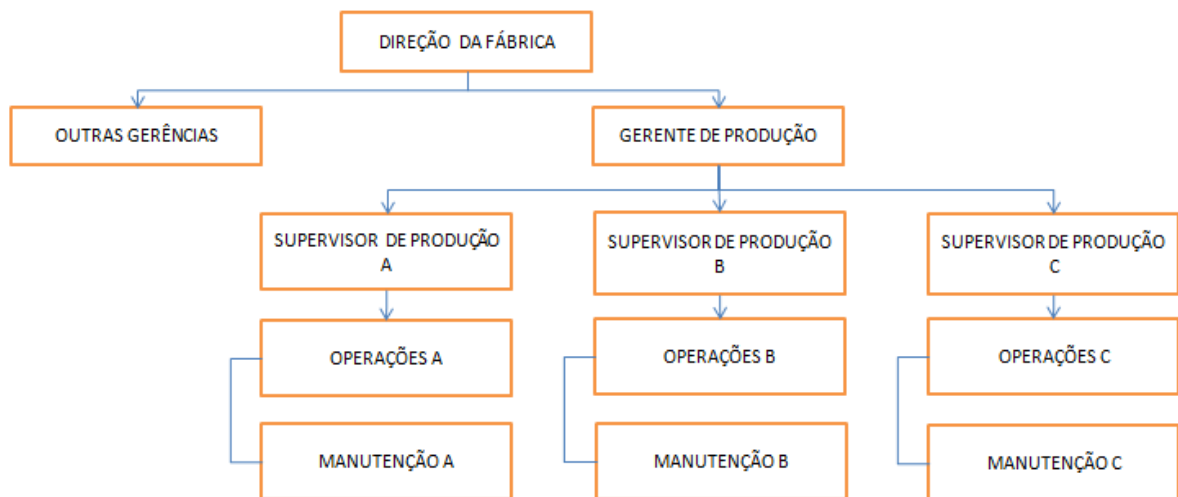
- Os envolvidos com a manutenção ficam espalhados pela instalação, dificultando a supervisão;
- Há grande perda de tempo em retirar ferramentas e materiais e receber instruções;
- A prioridade é dada pela manutenção e não pela produção;

- Há necessidade de maior controle administrativo;
- Podem aparecer choques entre a produção e a manutenção, uma vez que as prioridades de ambas são diversas.

A descentralizada prega o contrário da anterior a divisão da planta em áreas ou setores, onde cada um fica responsável por uma equipe de manutenção e responsável pela manutenção do setor. Neste caso, a manutenção é subordinada à produção que toma todas as decisões relativas à manutenção, (NEPOMUCENO, 1989 apud SILVA, 2004).

A figura 3 mostra esta relação em um organograma onde se percebe a não existência de um gerente de manutenção.

Figura 3 – Organograma exemplificando a estrutura descentralizada



Fonte: Adaptado de: Silva (2004)

Abaixo as desvantagens deste sistema (NEPOMUCENO, 1989 apud SILVA 2004).

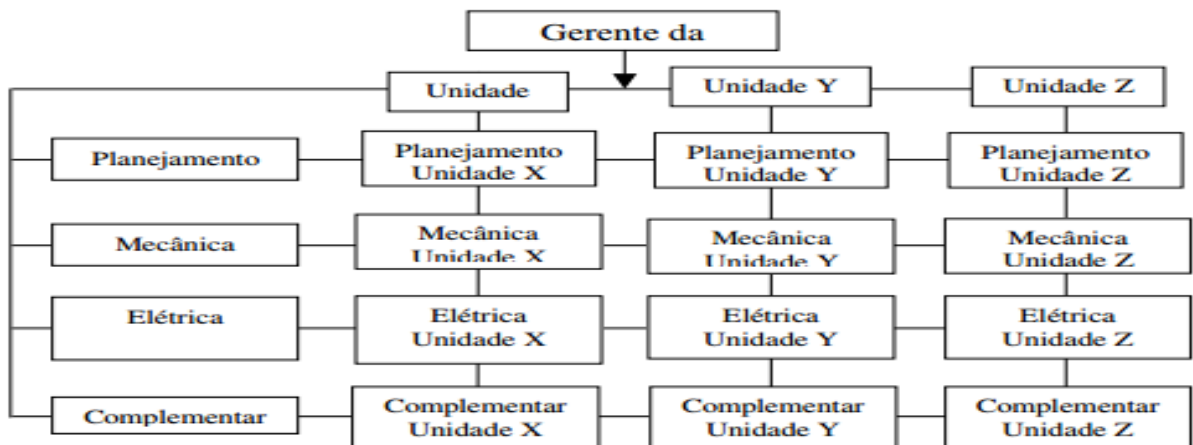
- Os supervisores de produção não possuem qualificação para dirigir os trabalhos de manutenção;
- Os supervisores de produção não possuem conhecimentos técnicos para orientar os mecânicos e encarregados da manutenção;
- Os supervisores de produção estão interessados na produção e não em manutenção;

- A responsabilidade da manutenção fica diluída, inexistindo responsável;
- Torna-se impraticável verificar o custo da manutenção, assim como controlá-la;
- Os problemas com a distribuição do pessoal e suas funções tornam-se maiores quando comparados com outras estruturas.

A mista combina todas as formas anteriores, segundo Silva (2004) é na estrutura mista em que os gerentes tentam equilibrar a prestação de serviços e o custo de manutenção procurando combinar os dois sistemas, ou seja, a adoção de uma estrutura mista tornasse viável desde que ao unir os dois sistemas eliminam-se as desvantagens de ambas.

E por fim a estrutura matricial, Silva (2004) apud Rodrigues (2009); Pinto e Xavier (2010) a definem como sendo o tipo de estrutura em que o atendimento aos postos de trabalho são feitos por equipes multidisciplinares, onde existe uma integração entre a manutenção com a produção. Neste sistema há a formação de um grupo preocupado com o funcionamento da unidade. A figura 4 exemplifica a estrutura.

Figura 4 – Estrutura matricial



Fonte: Adaptado de: Silva (2004)

2.3 Tipos de manutenção

Pinto e Xavier (2010, p. 37) afirmam que os tipos de manutenção se referem à: “a maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações”.

Para Pinto e Xavier (2010) há uma grande quantidade de denominações para classificarem as atuações da manutenção, porém a prática define os principais tipos de manutenção, que são corretiva não planejada, corretiva planejada, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção:

Manutenção corretiva não planejada: é a correção de um desempenho menor do que esperado do equipamento ou a correção de uma falha no equipamento. Este tipo de manutenção não é necessariamente a manutenção após a quebra do equipamento, mas até a atuação para a correção de um desempenho inferior é caracterizado como corretiva. (PINTO; XAVIER, 2010). Do ponto de vista do custo de manutenção, esta manutenção é mais barata do que prevenir falhas nos equipamentos, porém pode causar grandes perdas por interrupções da produção, assim deve-se fazer uma análise muito detalhada na opção dos tipos de atuação (XENOS, 2004).

Manutenção corretiva planejada: “é a correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial”, afirmam Pinto e Xavier (2010, p 41). Este tipo de atuação está fortemente ligado com a qualidade de informações fornecidas pelo acompanhamento dos equipamentos. A decisão da adoção desta manutenção pode vir de diversos fatores como: negociação de paradas de produção, aspectos relacionados com a segurança dos funcionários, melhor planejamento dos serviços, existência de material substituto. (PINTO; XAVIER, 2010). Porém mesmo que a correção das falhas após quebras tenha sido escolhida por ser mais vantajosa não se pode aceitar as falhas que acontecem e paralelamente a elas deve-se identificar as causas e elimina-las. (XENOS, 2004).

Manutenção preventiva: “é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo”, afirmam Pinto e Xavier (2010, p 42), ou seja, este tipo de manutenção é o contrário da manutenção corretiva, o foco é a busca para se evitar a ocorrência de falhas. Este tipo de manutenção deve ser a atividade principal da manutenção, do ponto de vista do custo ela pode ser mais onerosa, porém a redução da frequência das falhas e o aumento da disponibilidade devolvem o custo investido (XENOS, 2004).

Manutenção preditiva: “é a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo parâmetro obedece a uma sistemática”, afirmam Pinto e Xavier (2010, p 44), ou seja, tem por objetivo prevenir falhas através de acompanhamento de diversos parâmetros, e tem a vantagem de prever as condições dos equipamentos com estes ainda em movimento contribuindo para o aumento da disponibilidade. Xenos (2004) afirma que as empresas devem adotar a manutenção preditiva, por ser um método simples e eficaz apesar de algumas tecnologias serem caras e sofisticadas, porém apenas com o monitoramento da variação da vibração dos equipamentos e a análise dos óleos lubrificantes pode-se prever inúmeros problemas.

Manutenção detectiva: Pinto e Xavier (2010, p 47) a definem como sendo “a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção”, ou seja, tarefas executadas para verificar se um sistema de proteção ainda está funcionando é um exemplo deste tipo de atuação.

Engenharia de manutenção: é o suporte técnico da manutenção que está dedicado a consolidar a rotina e a implantar a melhoria, ou seja, é a busca de novos resultados, aplicação de novas técnicas para buscar atingir níveis das manutenções de primeiro mundo (PINTO; XAVIER, 2010).

2.4 TPM – *Total Productive Maintenance*

Por volta da década de 70 as indústrias de fabricação e montagem do Japão investiam cada vez mais em novos equipamentos e em automação dos processos, se tornando cada vez mais sofisticadas e modernas. Com a tendência da constante automação e da produção em tempo correto, aumentaram o interesse em melhorar a gestão da manutenção, e é neste cenário que se desenvolve a manutenção produtiva total (TPM) (SUZUKI, 1994). Paralelamente, esta metodologia tem seu surgimento pelo aperfeiçoamento da manutenção preventiva que já era empregada pelas indústrias de processos, a busca pela redução das perdas e defeitos à zero. Takahashi e Osada (1993) definiram a TPM a partir de cinco objetivos básicos:

- Maximização da plena utilização dos equipamentos;
- Desenvolver um sistema de manutenção produtiva que leve como importância toda a vida útil do equipamento;

- Envolver todos os departamentos, planejamento, projeto, utilização e manutenção, na implantação da TPM;
- Envolver todos os empregados partindo da alta administração até os operadores do chão de fábrica;

A TPM se desenvolveu e cresceu primeiramente na indústria automobilística se enraizando também para clientes e fornecedores, logo em seguida foi se disseminando para indústrias de vários segmentos. Tal popularidade vem de três razões segundo Suzuki (1994); garante resultados dramáticos, visivelmente transforma o local de trabalho e aumenta o nível de conhecimento e habilidades dos empregados de produção e manutenção.

Assim Tavares apud Silva (2004) o conceito chave é a reestruturação empresarial a partir da melhoria das pessoas e dos equipamentos. Ou seja, a TPM é uma filosofia que objetiva a eficácia da empresa com a qualificação das pessoas e melhoria contínua nos equipamentos. Os colaboradores devem ser treinados e desenvolvidos, onde os operadores darão apoio nas atividades mais simples como: limpeza, lubrificação, minimizando a deterioração dos equipamentos e os mantenedores e engenheiros com as atividades mais complexas e técnicas. (PINTO; XAVIER, 2010; XENOS, 2004).

A TPM esta apoiada em oito pilares que devem ser atingidos paulatinamente. (PINTO; XAVIER, 2010). FALAR UM POUCO DELES.

- Melhoria focada;
- Manutenção autônoma;
- Manutenção planejada;
- Educação e treinamento;
- Controle inicial;
- Manutenção da qualidade;
- TPM Office ou controle administrativo;
- Sistema de segurança, saúde e meio ambiente.

2.4.1 Benefícios da implementação da TPM

Suzuki (1994) apresenta alguns benefícios trazidos pela adoção da TPM como: a redução de paradas de equipamentos, diminuição de defeitos de qualidade e reclamações, redução de trabalhos extras e custos, inventários, eliminação de acidentes e o envolvimento de empregados, transformação do ambiente de trabalho etc. A tabela 2 detalha as melhorias da TPM.

Tabela 2 - Resultados da TPM

| Benefícios Tangíveis |
|---|
| Número de paradas repentinas. |
| Descrição global da eficácia da planta. |
| Razão de defeito de processo abaixo de 90%. |
| Reivindicações do cliente abaixo de 75%. |
| Custos de produção abaixo de 30%. |
| Acidentes 0. |
| Poluição 0. |
| Benefícios Intangíveis |
| Alcançar gerenciamento próprio por completo - os operadores cuidam de seus próprios equipamentos sem direcionamento. |
| Eliminar paradas e defeitos e estabelecer confiança e atitude própria. |
| Fazer de locais sujos, e engraxados, limpos, claros e alegres |
| Dar a visitantes da planta uma melhor imagem da companhia e consequentemente, obter mais pedidos. |

Fonte: Adaptado de: Suzuki (1994)

2.5 Ferramentas da Qualidade

Para Campos (2004) qualquer decisão deve ser precedida por uma análise de processo, com o foco em solucionar problemas, e as decisões baseadas apenas em

experiências e naquilo que se julga ser o correto devem ser banidas e substituídas por decisões embasadas em fatos e dados.

A análise dos problemas é uma sequência de procedimentos lógicos, com o objetivo de localizar a causa fundamental destes e para isso é necessário usar métodos confiáveis. (CAMPOS, 2004).

A seguir algumas definições das ferramentas da qualidade mais conhecidas e divulgadas. Algumas serão usadas ao longo do estudo de caso.

- **Gráfico de Pareto:** O gráfico de Pareto é um gráfico que disponibiliza as informações de maneira que se torna evidente e visual o principal foco sobre o tema. É objetivamente usado para identificar os problemas mais importantes e esclarecer as metas de ataque nas atividades de solução de problemas (JURAN,1992 apud FERNANDES, 2012).
- **Diagrama de causa e efeito:** O diagrama de causa e efeito é utilizado para mostrar os resultados, efeitos, fatores, e causas de um processo mostrando seus aspectos e suas relações em comum, que de alguma maneira podem afetar o resultado final (ISHIKAWA, 1993 apud FERNANDES, 2012).
- **Estratificação:** A estratificação consiste no desdobramento de dados, a partir de um levantamento ocorrido, em categorias, grupos ou, melhor dizendo, estratos, para determinar sua composição (MARSHALL JR, 2007 apud FERNANDES, 2012).
- **5W2H:** Esta ferramenta é utilizada principalmente no mapeamento e padronização de processos, na elaboração de planos de ação e no estabelecimento de procedimentos associados e indicadores (MARSHALL JR, 2007 apud FERNANDES, 2012).
- **Brainstorming:** Esta ferramenta foi criada com o objetivo de organizar as participações das pessoas em um local de reunião na necessidade de ter novas ideias, para assim poder definir algumas causas de problemas ou até mesmo o próprio problema. (VIEIRA FILHO, 2007 apud FERNANDES, 2012).

2.6 OEE – Overall Equipment Effectiveness

O OEE - *Overall Equipment Effectiveness*, é umas das ferramentas utilizadas na TPM, a qual fornece uma medida para o acompanhamento da produtividade da fábrica,

considerando os critérios de disponibilidade; desempenho; e qualidade da produção final (KODA, 2012).

O OEE é definido como um indicador que apresenta a eficiência do processo, ele é o produto da disponibilidade (tempo real de operação versus tempo programado de operação) multiplicada pela taxa de velocidade (taxa de velocidade real versus taxa de velocidade teórica) multiplicada pela taxa de qualidade (produtos bons versus total de produtos fabricados) (HANSEN, 2006). Assim o OEE indica as áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias e quantifica as melhorias desenvolvidas nos equipamentos ou processos ao longo do tempo, de tal modo pode-se identificar os recursos com menor eficiência e focalizar esforços neles (JONSSON E LESSHMMAR, 1999 apud SANTOS E SANTOS, 2007).

Um método apresentado por Pintelon apud Albertin et al., 2012; Hansen, 2006 é focar primeiramente nos gargalos do processo, nas áreas críticas e nas áreas altamente dispendiosas, pois estas etapas gerenciadas eficientemente trazem diferenças significativas para a empresa.

Por trabalhar com foco nas principais perdas, a gestão de OEE busca um aumento da capacidade do equipamento (ALBERTIN et al, 2012).

Antes de qualquer cálculo é importante entender sobre as perdas inerentes aos processos.

Suzuki (1994) traz oito perdas que serão detalhadas e exemplificadas na tabela 3.

- Parada;
- Ajuste de produção;
- Falha de equipamento;
- Falha no processo;
- Perda normal de produção;
- Perda anormal de produção;
- Defeitos de qualidade;
- Reprocesso.

Tabela 3 - As oito perdas em processos

| Perda | Definição | Unidades | Exemplo |
|-----------------------------|--|---------------------------|---|
| 1. Por parada | Tempo perdido quando a produção pára para manutenção planejada anual ou serviços periódicos | Dias | Trabalho de parada, serviços periódicos, inspeções obrigatórias, inspeções autônomas, trabalho de reparos gerais, etc. |
| 2. Por ajuste de produção | Tempo perdido quando mudanças em suprimentos exigem ajustes para planos de produção | Dias | Parada por ajuste de produção, parada por redução de inventário, etc. |
| 3. Por falha de equipamento | Tempo perdido quando o equipamento repentinamente perde suas funções específicas | Horas | Bombas com defeito, motores queimados, rolamentos danificados, eixos quebrados, etc. |
| 4. Por falha no processo | Tempo perdido em parada devido a fatores externos como mudanças em propriedades químicas ou físicas de materiais sendo processados, erros de operação, matéria prima com defeito, etc. | Horas | Vazamentos, derramamentos, entupimentos, corrosão, erosão, poeira espalhada, má operação |
| 5. Normal de produção | Perdas de taxa e tempo no reinício, em paradas ou trocas de fabricação | Taxa diminui, horas | Reduções de taxa de produção durante o período de aquecimento após o início, período de esfriamento antes da parada, e mudança de produto |
| 6. Anormal de produção | Perda de taxa que ocorre quando a planta não tem um bom desempenho devido ao mau funcionamento e anomalias | Taxa diminui | Operação com carga baixa, operação com velocidade baixa, e operação abaixo da taxa padrão de produção |
| 7. Por defeito de qualidade | Perdas devido a produção de produtos rejeitáveis, perdas físicas de produtos rejeitados, perdas financeiras devido a qualidade abaixo do especificado | Horas, toneladas, reais | Perdas físicas e tempo devido a fabricação de produtos que não vão de encontro com os padrões de qualidade |
| 8. Por reprocesso | Perdas de reciclagem por retornar o material ao processo | Horas, toneladas, dólares | Reciclagem de produtos não conformes do processo final que reiniciam o processo para fazê-los aceitáveis |

Fonte: SUZUKI, 1994

2.6.1 Benefícios do OEE.

Hansen (2006) diz que um dos benefícios do OEE é a capacidade que tem em transmitir as informações dos impactos financeiros obtidos nos projetos que foram feitas melhorias, facilitando as informações aos tomadores de decisão. O autor ainda cita que projetos importantes para as áreas de produção são negligenciados ou não priorizados pela dificuldade de se avaliar com precisão os ganhos financeiros. Termina dizendo que compreender a relação entre o OEE e os demonstrativos financeiros é de extrema importância para a apresentação de projetos.

O OEE é uma ferramenta que mostra o quanto do equipamento ou da fábrica estamos deixando de utilizar, o uso deste indicador nos dá a dimensão da “fábrica oculta” que estamos deixando de lado. O uso deste associado a outras ferramentas traz retornos financeiros expressivos (HANSEN, 2006).

2.6.2 Implementação do OEE

Hansen (2006) apresenta sete etapas para a implementação do OEE.

1. Calcular o valor do OEE do desempenho atual.
2. Elaborar um plano de ação real para reduzir a diferença entre os níveis do OEE para a classe mundial e o seu tipo de indústria.
3. Definir a hierarquia dos processos críticos e dos gargalos. Definir metas.
4. Uma vez definidos os gargalos e as metas estes devem ser comunicados aos trabalhadores.
5. Treinar todas as pessoas envolvidas no processo sobre medições do OEE e como coletar e conciliar as informações.
6. Introduzir novas técnicas e programas para apoiarem o OEE como programas de confiabilidade, manutenção preditiva, TPM, BPF e CEP, etc.
7. Utilizar as medidas do OEE em todos os níveis da planta. Compartilhar os resultados com todos os setores da planta.

2.6.3 Cálculo do OEE

A figura 5 apresenta os índices da OEE juntamente com as perdas relacionadas a cada um.

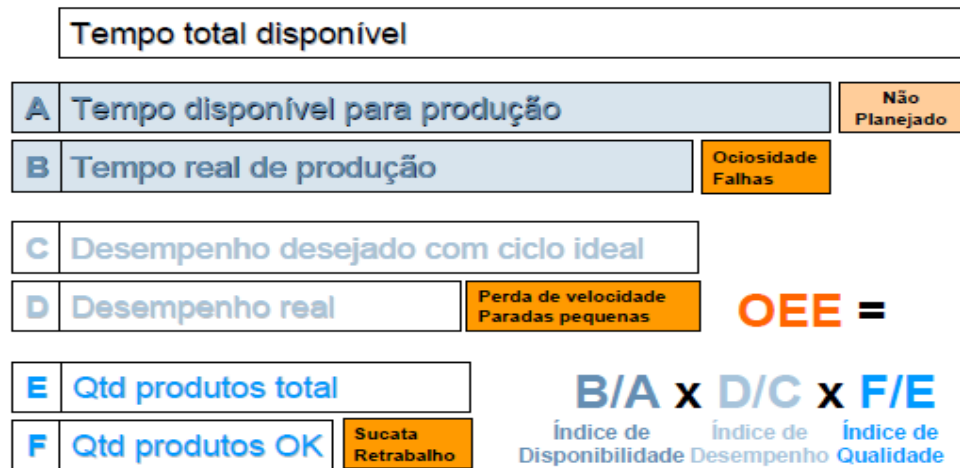
Figura 5 – Relação índices OEE com as respectivas perdas



Fonte: Santos e Santos (2007)

O indicador OEE é basicamente calculado multiplicando o índice de disponibilidade pelo índice de desempenho e pelo índice de qualidade, a sistemática do cálculo é apresentada abaixo.

Figura 6 – Sistemática do cálculo do OEE



Fonte: SANTOS, SANTOS (2007)

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

Quanto à natureza das pesquisas estas podem ser classificadas em básicas e aplicadas. Segundo Turrioni e Mello (2012) a pesquisa aplicada caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados imediatamente na solução de problemas que ocorrem na realidade. Sendo assim a pesquisa aplicada é que caracteriza este trabalho de curso, onde o objetivo é a aplicação de uma ferramenta em um caso real a fim de melhorá-lo.

Quanto à classificação da pesquisa pelos objetivos, esta pode ser: exploratória, descritiva, explicativa e normativa (TURRIONI E MELLO, 2012).

Gil (2002, p. 41) define a pesquisa exploratória da seguinte maneira “estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado”. Turrioni e Mello (2012) convergem para o mesmo sentido e complementam afirmando que na pesquisa exploratória há o envolvimento do levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e a análise de exemplos para estimularem a compreensão. Mediante tais afirmações é possível concluir que este trabalho se classifica como uma pesquisa exploratória, pois apresenta as diversas questões supracitadas.

Na forma de abordagem da pesquisa Turrioni e Mello (2012) citam três classificações, quantitativa, qualitativa e a combinada.

Quanto a forma de abordar o assunto, esta pesquisa se classifica como combinada, que Turrioni e Mello (2012) consideram que o pesquisador pode combinar aspectos das pesquisas qualitativas e quantitativas em todos ou em algumas das etapas do processo de pesquisa.

Do ponto de vista dos métodos e procedimentos esta pesquisa se classifica como estudo de caso que Gil (2002, p. 54) a define como “o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.”.

No tocante ao levantamento de dados foram utilizados os seguintes procedimentos: a pesquisa documental, onde foram avaliados alguns documentos e relatórios do setor, contatos diretos que Marconi e Lakatos (2003 p. 159) os definem como “pesquisa de campo ou de

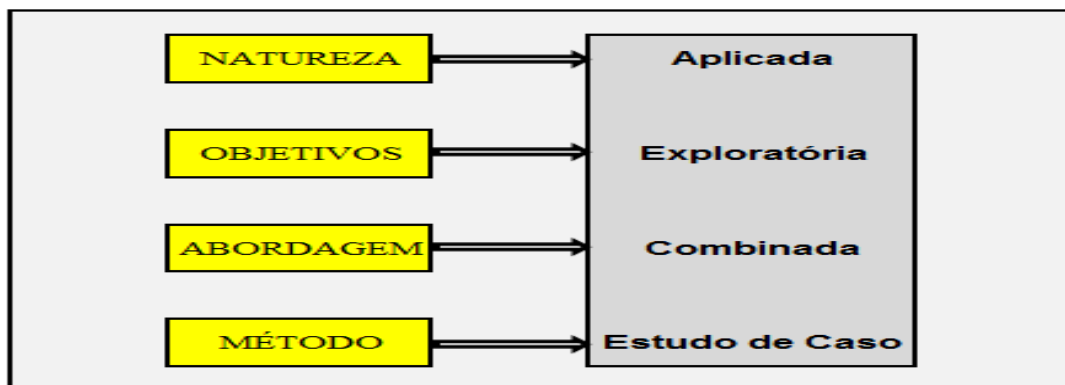
laboratório realizados com pessoas que podem fornecer dados ou sugerir possíveis fontes de informações úteis.”. Indubitavelmente este procedimento foi muito usado no desenvolvimento deste trabalho, foram de máxima importância as visitas realizadas no setor e as conversas com as lideranças do setor de utilidades que me orientaram quanto a busca de informações e como conduzir o estudo de caso, e por fim o levantamento bibliográfico.

Para Marconi e Lakatos (2003 p. 158) o levantamento bibliográfico “é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema”. O levantamento bibliográfico para embasar os conceitos teóricos do trabalho foi realizado em livros, teses, dissertações e artigos publicados em congressos renomados na área de Engenharia de Produção, bem como pesquisa em alguns sites.

Quanto aos instrumentos e procedimentos para a coleta e levantamento de dados foi utilizado o sistema MES (*Manufacturing Execution System*) implantado na empresa e alguns documentos e relatórios diários realizados pelos colaboradores do setor, bem como entrevistas com supervisores e técnicos do setor de utilidades para o levantamento de mais algumas informações, também foram realizadas algumas visitas *in loco* no setor.

Esta pesquisa será delimitada em apresentar apenas o valor atual do OEE, bem como as possíveis causas impactantes neste e os possíveis ganhos com a adoção das medidas. Isso se dá pela exiguidade de tempo em se acompanhar novamente o equipamento após proposta das melhorias. A figura 9 resume a metodologia utilizada no trabalho.

Figura 7 – Metodologia adotada neste trabalho



Fonte – O autor

CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso é focado em uma caldeira de uma indústria do interior de São Paulo. A caldeira em estudo tem capacidade de produção de 80 ton de vapor por hora, trabalha em regime 24/7. O período de estudo foi de 25/03/2013 à 30/07/2013. As figuras 8, 9 e 10 mostram o equipamento objeto do estudo.

Este capítulo apresentará a eficiência atual do equipamento e identificará as principais causas impactantes nos índices do indicador OEE.

Figura 8 - Vista periférica da caldeira em estudo



Fonte: O autor

A figura 9 apresenta a caldeira objeto de estudo em uma vista lateral.

Figura 9 - Vista lateral da caldeira em estudo



Fonte: O autor

A figura 10 mostra em detalhes as esteiras de alimentação de bagaços para a caldeira.

Figura 10 - Detalhe das esteiras de transporte de bagaço



Fonte: O autor

A figura 11 expõe o equipamento objeto de estudo em outro ângulo.

Figura 11 - Vista de outro ângulo da caldeira em estudo



Fonte: O autor

Nota-se na figura 12 o conjunto de condensadores das caldeiras.

Figura 12 - Conjunto de condensadores das caldeiras



Fonte: O autor

4.1 Identificação do Problema

Os dados para análise do indicador foram retirados do sistema MES (*Manufacturing Execution System*) da empresa e de relatórios diários preenchidos pelos colaboradores do setor de utilidades, são compreendidos entre os dias 25/03 à 30/07.

A princípio foi notado o baixo rendimento de uma das caldeiras pela equipe responsável pelo setor, assim surgiu um questionamento. Quais os motivos que estão impactando à eficiência do equipamento? Em resposta ao questionamento foi proposta a adoção do indicador OEE, para calcular a eficiência do equipamento e poder identificar as causas impactantes.

4.2 Cálculo do Cenário Atual

Com os dados coletados, será apresentado o estado atual da eficiência do equipamento, isto é fundamental para se entender a situação presente e identificar os pontos de melhoria e se alcançar melhores resultados.

O cenário atual que nada mais é do que uma “imagem” de como o equipamento está hoje, é possível usá-lo como referência para se analisar se houve ou não alguma evolução. Este tipo de parâmetro é fundamental até para se medir se as medidas adotadas surtiram efeitos.

4.2.1 Disponibilidade

A partir dos dados coletados no sistema MES, foi calculado a disponibilidade atual do equipamento, como apresentado na figura 13.

Figura 13 - Cálculo da disponibilidade atual

| DISPONIBILIDADE | | | | |
|-------------------|---------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| Horas paradas | 750,15 | | | |
| Horas disponíveis | 3072 | | | |
| Horas trabalhadas | 2321,85 | | | |
| | | TEMPO PROGRAMADO PARA OPERAÇÃO | = | Horas disponíveis |
| | | | | 3072 |
| | | | - | Paradas programadas |
| | | | | 0 |
| | | | = | B |
| | | | | 3072 |
| | | TEMPO REAL DE OPERAÇÃO | = | Tempo programado para operação |
| | | | | 3072 |
| | | | - | Paradas não programadas |
| | | | | 750,15 |
| | | | = | C |
| | | | | 2321,85 |
| DISPONIBILIDADE % | | C/B | | |
| DISPONIBILIDADE % | | 75,58105469 | | |

Fonte: O autor

Chegou-se ao valor de 75,58 % para a disponibilidade, ou seja, têm-se 24,42 % para serem otimizados. No período analisado encontramos 750,15 horas de paradas do equipamento e 2.321,85 horas efetivas de trabalho como apresenta o gráfico 1.

Gráfico 1 – Horas relacionadas ao equipamento



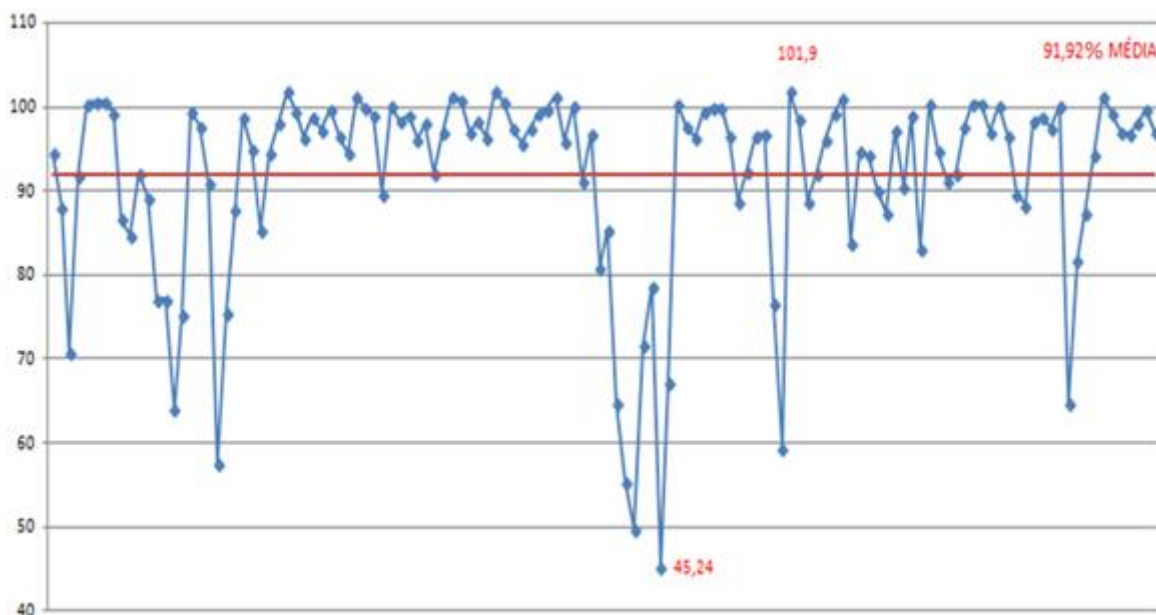
Fonte: O autor

Percebe-se no gráfico 1 que há um valor grande de horas paradas, e para se aumentar o valor do OEE deve-se focar na redução destas horas e agregar os outros 24,42 % para a composição do valor do OEE.

4.2.2 Qualidade

Para o cálculo da qualidade foi analisado a variável pressão da linha, o valor de referência é 42 kgf/cm². Para os demais valores encontrados foi usada uma relação percentual dessa referência. Após encontrar os dados foi calculada uma média e este valor de 91,92% foi usado como índice de qualidade, pode-se encontrar a tabela utilizada para os cálculos nos apêndices. O gráfico 2 apresenta a variação das porcentagens das pressões em torno da média.

Gráfico 2 – Variações percentuais da pressão



Fonte: O autor

A partir do índice pode-se concluir que há uma pequena parcela de 8,08 % a ser otimizada. Nota-se que a qualidade está boa e dentro dos limites aceitáveis do equipamento.

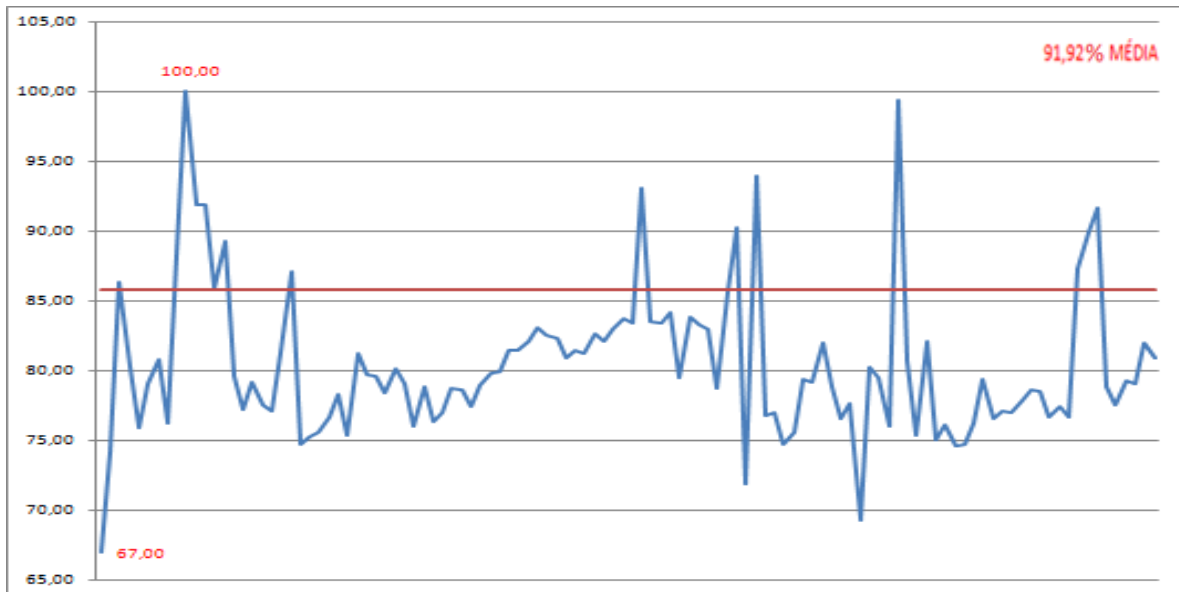
4.2.3 Desempenho

Para o cálculo do desempenho foi utilizado um método empírico, onde foi calculada a melhor relação de geração de vapor em relação à quantidade de bagaço queimado. Como a umidade do bagaço não é uniforme o equipamento sofre mudanças de rendimento térmico devido a inúmeras variáveis como; a temperatura de entrada da água, a temperatura da água de retorno dos condensadores, entre outras, assim achou-se conveniente calcular esta relação onde se considera que o equipamento está com as demais variáveis em 100%.

Para o cálculo do índice foi dividida a quantidade de vapor produzida em um dia pela quantidade de bagaço que entrou na caldeira. O valor máximo encontrado foi 2,98, ou seja, teve um dia em que foram produzidos 2,98 quilogramas de vapor com um quilograma de bagaço. Este número foi considerado como máximo, para os demais foi criada uma relação dentro de uma escala de 0 a 100%, após calcular a relação vapor/bagaço, foi calculada a

média e assim chegou-se a 85,77 % que será usado como índice de desempenho do equipamento. As tabelas usadas para os cálculos do índice desempenho encontram-se nos apêndices. O gráfico 3 expõe a variação das relações encontradas diariamente.

Gráfico 3 – Variação da relação vapor bagaço em torno da média



Fonte: O autor

4.3 OEE Atual

Multiplicando-se os valores dos três índices chega-se ao valor do OEE da caldeira. A figura 14 apresenta como foram realizados os cálculos e chegou ao valor de 59,58%.

Figura 14 – Cálculo do OEE atual

$$\text{OEE} = \begin{matrix} \text{Disponibilidade} \\ 0,7558 \end{matrix} \times \begin{matrix} \text{Qualidade} \\ 0,9192 \end{matrix} \times \begin{matrix} \text{Desempenho} \\ 0,8577 \end{matrix} = 0,5958 \times 100 = 59,58\%$$

Fonte: O autor

4.4 Análise do OEE

Para a análise subtrai-se de 100% o valor do indicador. O dado encontrado é o que está deixando de se aproveitar no equipamento, ou seja, é o valor em potencial a ser otimizado. A figura 15 ilustra a dinâmica da análise.

Figura 15 – Cálculo do valor a ser otimizado

$$\text{Valor a ser otimizado} = 100\% - 59,58\% = 40,42\%$$

Fonte: O autor

Chegou-se ao índice de 40,42% que deixa de se utilizar no equipamento, ou seja, trabalhando nos índices do OEE pode-se reduzir este valor.

O índice disponibilidade é o índice com menor valor, ou seja, é este que impacta de maior forma no indicador. A figura 16 mostra a porcentagem que o índice disponibilidade impacta no OEE.

Figura 16 –Disponibilidade que impacta no equipamento

| | | | |
|-------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------|
| Valor a ser otimizado | | 40,42% | |
| Disponibilidade | | | |
| | Horas paradas | 750,15 | A |
| | Horas disponíveis | 3072 | B |
| Parcela perdida com disponibilidade | A/B | $(750,15/3072)*100$ | = 24,42% |

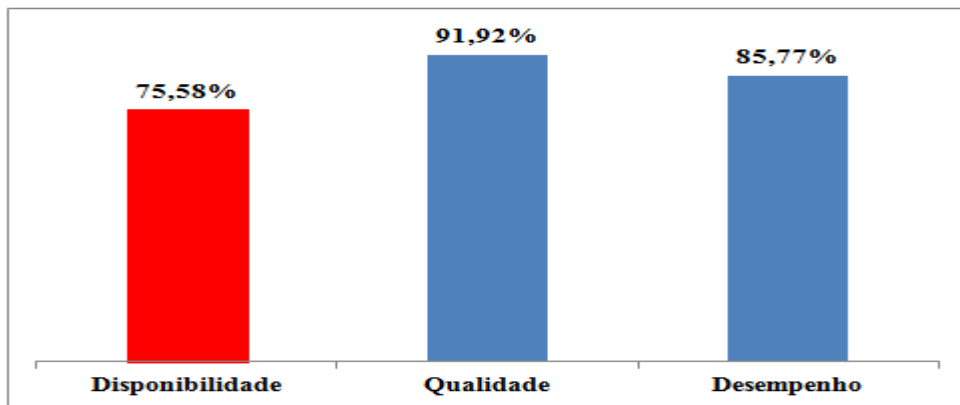
Fonte: O autor

Percebe-se que dos 40,42% em potencial de melhoria 24,42% estão relacionados com a disponibilidade, ou outros 16% estão relacionados à qualidade e desempenho do equipamento.

4.5 Análise das Causas de Maior Impacto no Índice

Será feita uma análise apenas do indicador disponibilidade, pois este é que possui o menor valor e que está impactando na redução do OEE. O gráfico 4 mostra os valores dos índices.

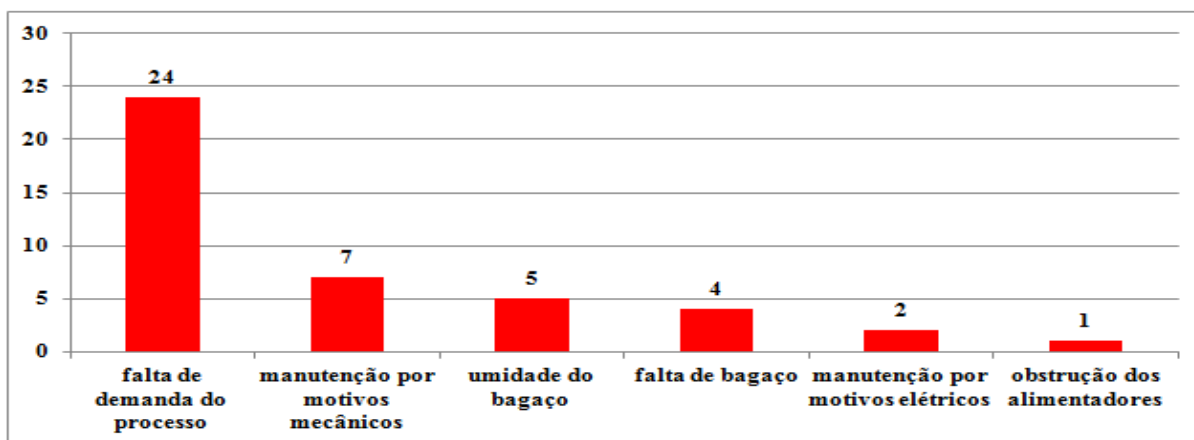
Gráfico 4 – Valores dos índices do OEE



Fonte – O autor

Realizando uma análise dos relatórios diários de operação que são preenchidos pelos colaboradores do setor foi possível levantar os dados que apresentam as causas mais frequentes de ocorrências no período analisado. O gráfico 5 expõe estas informações.

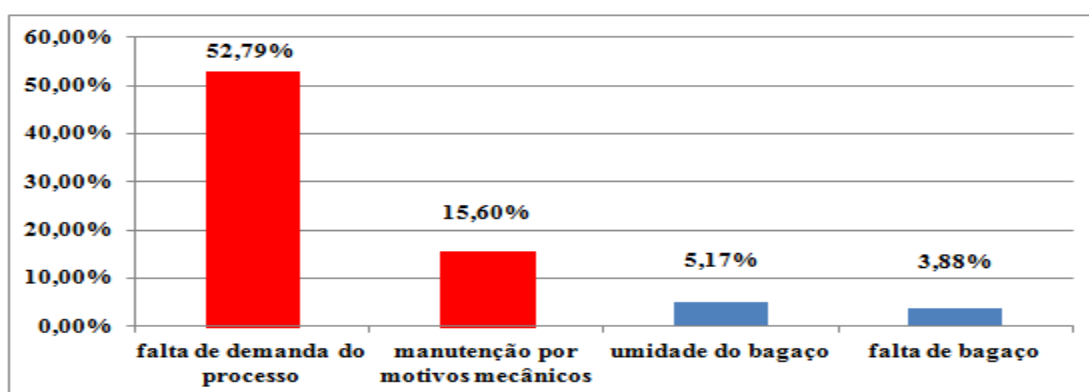
Gráfico 5 - Causas de maior frequência



Fonte: O autor

De acordo com o gráfico 5 observa-se que as quatro principais causas com as maiores ocorrências foram: falta de demanda do processo, manutenção por motivos mecânicos, umidade do bagaço e falta de bagaço. O gráfico 6 apresenta as causas que tiveram maior impacto na disponibilidade para saber se as causas que tiveram as maiores frequências são as causas de maior impacto na disponibilidade.

Gráfico 6 - Causas de maior impacto na disponibilidade



Fonte: O autor

Analisando o gráfico 6 nota-se que as causas com maior frequência de ocorrências foram às causas que mais impactaram na disponibilidade do equipamento, destacando a falta de demanda do processo e manutenção por motivos mecânicos. A seguir será apresentada apenas a análise da causa falta de demanda do processo e manutenção por motivos mecânicos que como exposto representam mais de 68% das horas paradas do equipamento.

4.5.1 Falta de Demanda do Processo

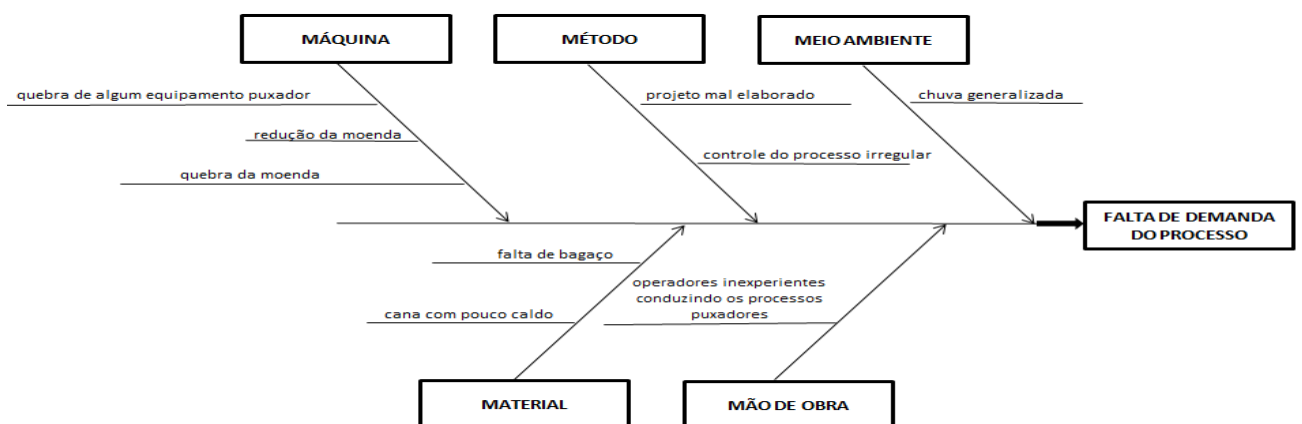
A falta de demanda do processo, ou seja, a não exigência do processo por vapor é a causa mais impactante na disponibilidade do equipamento, tal fato ocorre, pois se o processo não exige vapor, esta caldeira fica inoperante e o processo fica sendo alimentado pelas outras duas caldeiras da unidade. É importante ressaltar que das 750,15 horas em que o equipamento esteve parado 396 horas foram devido a não exigência de vapor.

A produção de vapor é um processo puxado, ou seja, não há como produzirmos vapor se o processo não exige, assim é inevitável que o equipamento fique parado.

4.5.1.1 Análise de Causa

Realizando um *Brainstorming* foram levantadas as causas da redução da demanda de vapor pelo processo de fabricação, o Diagrama de Ishikawa na figura 17 expõe as informações.

Figura 17 – Diagrama de Ishikawa para falta de demanda do processo



Fonte – O autor

De posse das possíveis causas, foram analisadas as mais prováveis como mostra a tabela 4.

Tabela 4 – Hipóteses das causas

| Causas Influentes | Conclusão | Motivo |
|----------------------------------|------------------|--|
| Quebra de um equipamento puxador | Pouco provável | A quebra de equipamentos puxadores é baixa, e a demanda de vapor somente se reduziria drasticamente com a quebra de um gerador de energia elétrica que no período analisado não existiu. |
| Quebra da moenda | Pouco provável | A quebra da moenda impacta na redução de caldo para a transformação e consequentemente há a redução de vapor para o processo, porém no período estudado não houve quebras. |
| Redução da moenda | Provável | A redução da moenda implica em menos caldo para transformação, que resulta em menos vapor para o processo. |
| Chuva generalizada | Provável | Com chuvas nas áreas de colheita, há a redução da moagem que resulta em menos produção de vapor. |

Fonte – O autor

Analisando as possíveis causas foi definido que a falta de demanda do processo é ocasionada pela redução da moenda, que na maioria dos casos ocorre devido as chuvas em algumas áreas de colheita resultando na diminuição da entrada de cana.

4.5.1.2 Plano de Ação

Descoberta as causas que impactam na redução da demanda de vapor pelo processo chega-se a conclusão de que é impossível agir nas causas, pois se trata de um fator climático. A estocagem de cana que seria uma solução para não se reduzir a moenda é inviável, pois depois de colhida a cana-de-açúcar deve ficar o menor tempo possível aguardando a moagem para não sofrer inversão da sacarose, ou seja a transformação desta em glicose e frutose.

4.5.2 Manutenção por motivos mecânicos

As paradas relacionadas a motivos mecânicos, ou seja, interrupções no equipamento por alguma quebra ou desgaste de algum componente da caldeira é a segunda causa mais impactante no equipamento, representando 15,60 % das horas que o equipamento esteve parado significando 117 horas do total de 750,15 horas de paradas no período estudado.

4.5.2.1 Apontamento das causas

Analisando os relatórios diários de produção que são preenchidos pelos operadores do setor, foi possível elencar as causas de maior impacto no equipamento como segue abaixo:

- Vazamento de água na parede de água da fornalha;
- Vazamento na junta do flange;
- Vazamento na válvula de entrada de água;
- Manutenção na rede de distribuição.

4.5.2.2 Plano de ação

É possível notar que as causas que pararam a caldeira para manutenção mecânica estão todas relacionadas com desgaste dos componentes. Com isso é possível concluir que existe a necessidade de um acompanhamento mais próximo destes componentes, bem como a adoção de um plano de manutenção focado nestes itens a fim de se reduzir os desgastes e agir nas causas antecipadamente.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS

A realização deste estudo possibilitou encontrar o índice que possui maior impacto negativo no OEE, bem como as causas de maior abalroamento.

Tendo em vista que a disponibilidade do equipamento é o índice mais preocupante, foi realizado um estudo apenas deste, inobstante não exime a possibilidade de estudo dos demais indicadores posteriormente, a fim de se aumentar o valor do OEE da caldeira.

Face ao fato dos fatores mais impactantes na disponibilidade do equipamento serem a falta de demanda de vapor pelo processo que representa 52,79% das 750,15 horas paradas e a manutenção por motivos mecânicos que representa 15,60 % das 750,15 horas inoperantes. Serão feitas propostas acima destas duas causas.

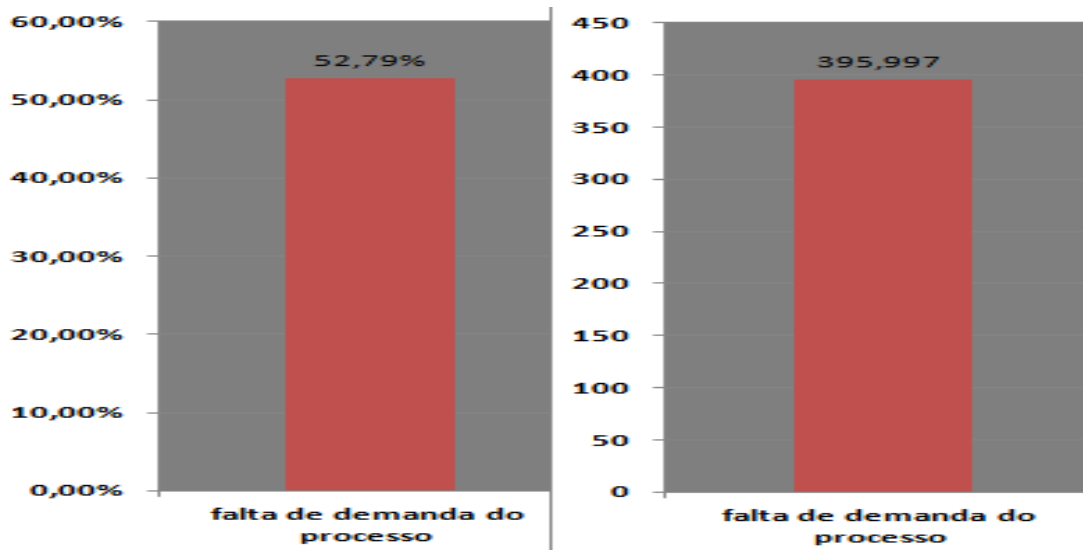
5.1 Proposta 01

Levando-se em consideração que no período analisado 396 horas paradas foram em virtude da falta de demanda do processo, como o gráfico 05 apresenta. A proposta é aproveitar este tempo parado para se realizar manutenções preventivas e corretivas na caldeira, assim se aproveitaria o tempo parado para agregar valor ao equipamento.

O objetivo desta proposta é mitigar as horas paradas devido às manutenções corretivas por motivos mecânicos que no período representaram 117 horas ou 15,60% da disponibilidade da máquina. Com isso poderíamos agregar 15,60% à disponibilidade da caldeira alavancando de 75,58 para 91,18%.

Para isso deverá ser alinhado com a equipe de planejamento da manutenção para no momento oportuno a redução da produção de vapor e conseqüentemente a parada da caldeira, distribuir equipes para uma avaliação no equipamento com foco nas principais causas encontradas. No gráfico 7 é possível visualizar o quanto a falta de demanda do processo está impactando na disponibilidade.

Gráfico 7: Horas paradas e porcentagem de impacto na disponibilidade



Fonte: O autor

Realizando um trabalho de manutenção nas horas oportunas cedidas pela falta de demanda do processo e considerando redução de 100% das horas paradas por manutenções mecânicas haverá um aumento da disponibilidade e conseqüentemente um aumento do OEE em 3,81 %. A figura 18 apresenta a dinâmica dos cálculos.

Figura 18 – Cenário após melhorias nas paradas de manutenção

| | |
|-------------------------|------------------------------|
| PRODUÇÃO/HORA | 80 ton |
| OEE ATUAL | 59,58% |
| PRODUÇÃO DE VAPOR ATUAL | = 80 ton x 59,58 = 47,66 ton |
| OEE APÓS MELHORIA | 63,39% |
| AUMENTO DA PRODUÇÃO | = 80 ton x 63,39 = 50,71 ton |

Fonte: O autor

Com o aumento de 3,81 % do valor do OEE terá um aumento da produção de vapor em torno de 3,05 ton apenas com a diminuição das paradas por quebras nos componentes mecânicos.

5.2 Proposta 02

A segunda proposta está voltada na relação da caldeira em estudo com as demais caldeiras da planta. A figura 19 apresenta o OEE dos outros dois equipamentos. Avaliando o OEE das outras duas caldeiras da planta a proposta reside no aumento destes indicadores e na desativação da caldeira em estudo.

Figura 19 – OEE das demais caldeiras da planta

| CALDEIRA 01 | | | | | | | |
|--------------------|----------|------------------|----------|-------------------|----------|------------------------|----------------|
| | | Qualidade | | Desempenho | | Disponibilidade | |
| OEE | = | 90,35 | X | 82,13 | X | 84,07 | = 62,38 |

| CALDEIRA 02 | | | | | | | |
|--------------------|----------|------------------|----------|-------------------|----------|------------------------|----------------|
| | | Qualidade | | Desempenho | | Disponibilidade | |
| OEE | = | 91,69 | X | 86,46 | X | 84,82 | = 67,24 |

Fonte: O autor

A relação da produção de vapor da caldeira em estudo com o OEE é mostrada na figura 20.

Figura 20 – Produção de vapor da caldeira atual

| | | | | | | |
|--------------------------------|----------|---------------|----------|--------------|----------|------------------|
| PRODUÇÃO DE VAPOR ATUAL | = | 80 ton | x | 59,58 | = | 47,66 ton |
|--------------------------------|----------|---------------|----------|--------------|----------|------------------|

Fonte: O autor

5.2.1 Resultados encontrados

A figura 21 apresenta dois cenários o atual relacionando a produção de vapor das outras duas caldeiras com seus respectivos valores do OEE e o segundo cenário apresenta a nova produção de vapor após o aumento dos OEE. Nota-se no segundo cenário o uso do OEE com valor de 85%, pois este valor é considerado um OEE padrão da classe mundial.

Figura 21- Cenários das caldeiras da planta após aumento do OEE

CENÁRIO 01

$$\text{PRODUÇÃO DE VAPOR ATUAL} = 80 \text{ ton} \times 62,38 = 49,90 \text{ ton}$$

$$\text{PRODUÇÃO DE VAPOR ATUAL} = 160 \text{ ton} \times 67,24 = 107,58 \text{ ton}$$

CENÁRIO 02

$$\text{PRODUÇÃO DE VAPOR ATUAL} = 80 \text{ ton} \times 85 = 68 \text{ ton}$$

$$\text{PRODUÇÃO DE VAPOR ATUAL} = 160 \text{ ton} \times 85 = 136 \text{ ton}$$

Fonte: O autor

Percebe-se que, com um aumento de 23% do OEE na primeira caldeira e um aumento de 18% na segunda caldeira, a produção de vapor aumentaria em 46,52 ton, ou seja, quase se atingiria a produção da caldeira em estudo que é de 47, 66 ton.

Conclui-se que com um trabalho focado nas outras duas caldeiras da planta é possível desativar a caldeira em estudo. A tabela 5 expõe os ganhos financeiros relacionados com a desativação da terceira caldeira, a análise foi feita apenas calculando o custo da tonelada de bagaço, pois não foi possível o acesso aos custos operacionais relacionados a cada equipamento, porém mesmo assim é possível notar os ganhos advindos com o desligamento da terceira caldeira.

Tabela 5 – Custos e ganho financeiro a partir do desligamento do equipamento

| CENÁRIO 01 | | PREÇO MÉDIO DA TON DE BAGAÇO R\$ 50,00 | |
|---------------------------|-----------------------|--|--------------------------|
| | CONSUMO | CUSTO | |
| CUSTO CALDEIRA 01 | 165.158 ton de bagaço | R\$ 8.257.900,00 | |
| CUSTO CALDEIRA 02 | 82.297 ton de bagaço | R\$ 4.114.850,00 | |
| CUSTO CALDEIRA EM ESTUDO | 66.692 ton de bagaço | R\$ 3.334.600,00 | |
| CUSTO TOTAL | | R\$ 15.707.350,00 | |
| CENÁRIO 02 | | CONSUMO | CUSTO |
| CUSTO CALDEIRA 01 | ↑ 23% | 203.144 ton de bagaço | R\$ 10.157.200,00 |
| CUSTO CALDEIRA 02 | ↑ 18% | 97.110 ton de bagaço | R\$ 4.855.500,00 |
| CUSTO CALDEIRA EM ESTUDO | | 0 ton de bagaço | R\$ 0,00 |
| CUSTO TOTAL | | | R\$ 15.012.700,00 |
| REDUÇÃO DOS CUSTOS | | | R\$ 694.650,00 |

Fonte: O autor

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e as possibilidades de melhorias encontradas, é possível concluir e constatar o poder do indicador OEE para o aumento da eficiência de equipamentos e se aplicado à fábrica a eficiência da planta. Além disso, é um forte apoiador para investimentos nas linhas de produção, pois lastreia os indicadores financeiros.

É sabido que para as organizações sobreviverem ao mercado atual, reduções de custos são imprescindíveis, e o indicador OEE possibilita estas reduções, mostrando o quanto se está deixando de aproveitar do equipamento ou planta e isso dá a dimensão da “fábrica oculta”, ou seja, a fábrica que se possui, mas não é utilizada.

O indicador é utilizado apenas na moenda da indústria. Conclui-se também que é importante a adoção da ferramenta para os demais equipamentos da planta, indo além da moenda e da caldeira que foi o objeto de estudo deste trabalho. A empresa deve realizar um mapeamento dos pontos críticos e gargalos do processo ampliando o uso do indicador.

Com a aplicação do indicador chegamos às causas de maior impacto no ativo e percebe-se que não existe a necessidade do terceiro equipamento, gerando uma redução de custos na ordem de R\$ 694.650,00. Fica claro que um trabalho bem realizado, focado no aumento da disponibilidade da caldeira em estudo, ou até mesmo um trabalho nas outras duas caldeiras trará resultados financeiros expressivos.

Uma questão importante é a que estas medidas podem ser tomadas sem o uso de investimentos na planta, utilizando-se apenas os recursos existentes na empresa, bem como o uso oportuno dos tempos cedidos pelas paradas relacionadas a demanda do processo, ou seja estas medidas vão ao encontro da metodologia do Kaizen, onde se aumenta a eficiência e produtividade sem investimentos.

Um ponto importante a ressaltar como aprendizado deste estudo é a importância de se conciliar outras ferramentas de gestão da qualidade para se lastrear a busca aos resultados, bem como a importância de uma coleta de dados bem aprofundada e concreta se tornam essenciais para se chegar a informações fidedignas.

Vale citar que ao longo estudo uma medida tomada pela gestão da empresa foi sanando algumas das outras causas impactantes na disponibilidade da caldeira. A umidade e falta de bagaço que eram a quarta e quinta causas respectivamente de maior impacto na disponibilidade, foram solucionadas após a instalação de um barracão para armazenamento de bagaço.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Marcos Ronaldo et al. Aplicação da eficiência global de equipamentos com indicador de qualidade sem perdas. In: ENEGEP, 32, 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** [bento Gonçalves]: ABREPO, [2012]. p. 1-12. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2012_TN_STO_158_921_20195.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **Documento nacional 2011**. Curitiba, 2011. 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC controle da qualidade total**: no estilo japonês. 8 ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

FERNANDES, E. S. G. et al. MASP no controle de desperdícios: um estudo de caso em uma gráfica. In: ENEGEP, 32, 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** [bento Gonçalves]: ABREPO, [2012]. p.1-13. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2012_TN_STO_158_923_19562.pdf> Acesso em: 17 jul. 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HANSEN, Robert C. **Eficiência global dos equipamentos**: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Tradução Altair Flamarion Klippel. Porto Alegre: Bookman, 2006.

KODA, Carlos Alberto; SALTORATO, Patrícia; FERRARINI, Cleyton. OEE como ferramenta para identificação de perdas no processo de fabricação de cabos ópticos. In: ENEGEP, 32, 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** [bento Gonçalves]: ABREPO, [2012]. p. 1-15. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2012_TN_STO_157_919_21125.pdf> Acesso em: 20 ago. 2013.

MARCONI, M. A. ; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo. Atlas, 2003.

PINTO, A. K. ; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

RODRIGUES, Rafael Garcia; PASA Giovana Savitri. Sistemática de planejamento e programação da manutenção na indústria petroquímica. In: ENEGEP, 29, 2009, Salvador. **Anais...** .[salvador]: ABREPO, [2009]. P. 1-14. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_619_14578.pdf > Acesso em: 27 jun. 2013.

SANTOS, Ana Carolina Oliveira; SANTOS, Marcos José. Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso. In: ENEGEP, 27, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** .[Foz do Iguaçu]: ABREPO, [2007]. p. 1-10. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR570426_0265.pdf> Acesso em: 25 ago. 2013.

SILVA, Romeu Paulo. **Gerenciamento do setor de manutenção**. 2004. 92 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Gestão Industrial) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

SUZUKI, Tokutarō. **TPM in process industries**. Tradução Productivity Press. 2nd. ed. : New York: Productivity Press, 1994. 416 p.

TAKAHASHI, Y. ; OSADA, T. **Manutenção produtiva total: TPM/MPT**. Tradução Outras Palavras. São Paulo: IMAM, 1993.

TURRIONI, João Batista; MELLO, Carlos Henrique Pereira. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. Itajubá: UNIFEI, 2012.

XENOS, Harilaus Georgius d'Philippos. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

APÊNDICES

Tabela para o cálculo do índice qualidade

| Dias | Pressão Kgf/cm ² | Relação em % | Dias | Pressão Kgf/cm ² | Relação em % | Dias | Pressão Kgf/cm ² | Relação em % | Dias | Pressão Kgf/cm ² | Relação em % | Dias | Pressão Kgf/cm ² | Relação em % | Dias | Pressão Kgf/cm ² | Relação em % | Dias | Pressão Kgf/cm ² | Relação em % |
|------|--------------------------------|-----------------|------|--------------------------------|-----------------|------|--------------------------------|-----------------|------|--------------------------------|-----------------|------|--------------------------------|-----------------|------|--------------------------------|-----------------|------|--------------------------------|-----------------|
| 1 | 39,7 | 94,52 | 21 | 31,8 | 75,71 | 41 | 41,3 | 98,33 | 61 | 42,1 | 100,24 | 81 | 38,8 | 92,38 | 101 | 34,9 | 83,10 | 121 | 39,6 | 94,29 |
| 2 | 37 | 88,10 | 22 | 36,9 | 87,86 | 42 | 41,6 | 99,05 | 62 | 38,3 | 91,19 | 82 | 40,6 | 96,67 | 102 | 42,2 | 100,48 | 122 | 42,6 | 101,43 |
| 3 | 29,8 | 70,95 | 23 | 41,5 | 98,81 | 43 | 40,4 | 96,19 | 63 | 40,7 | 96,90 | 83 | 40,7 | 96,90 | 103 | 39,8 | 94,76 | 123 | 41,7 | 99,29 |
| 4 | 38,6 | 91,90 | 24 | 39,9 | 95,00 | 44 | 41,2 | 98,10 | 64 | 34 | 80,95 | 84 | 32,2 | 76,67 | 104 | 38,3 | 91,19 | 124 | 40,8 | 97,14 |
| 5 | 42,2 | 100,48 | 25 | 35,9 | 85,48 | 45 | 38,7 | 92,14 | 65 | 35,9 | 85,48 | 85 | 25 | 59,52 | 105 | 38,7 | 92,14 | 125 | 40,7 | 96,90 |
| 6 | 42,3 | 100,71 | 26 | 39,7 | 94,52 | 46 | 40,8 | 97,14 | 66 | 27,2 | 64,76 | 86 | 42,8 | 101,90 | 106 | 41,1 | 97,86 | 126 | 41,2 | 98,10 |
| 7 | 42,3 | 100,71 | 27 | 41,2 | 98,10 | 47 | 42,6 | 101,43 | 67 | 23,3 | 55,48 | 87 | 41,4 | 98,57 | 107 | 42,2 | 100,48 | 127 | 41,9 | 99,76 |
| 8 | 41,7 | 99,29 | 28 | 42,8 | 101,90 | 48 | 42,4 | 100,95 | 68 | 20,9 | 49,76 | 88 | 37,3 | 88,81 | 108 | 42,2 | 100,48 | 128 | 40,8 | 97,14 |
| 9 | 36,4 | 86,67 | 29 | 41,8 | 99,52 | 49 | 40,8 | 97,14 | 69 | 30,1 | 71,67 | 89 | 38,7 | 92,14 | 109 | 40,8 | 97,14 | | | |
| 10 | 35,6 | 84,76 | 30 | 40,5 | 96,43 | 50 | 41,3 | 98,33 | 70 | 33,1 | 78,81 | 90 | 40,4 | 96,19 | 110 | 42,1 | 100,24 | | | |
| 11 | 38,7 | 92,14 | 31 | 41,5 | 98,81 | 51 | 40,5 | 96,43 | 71 | 19 | 45,24 | 91 | 41,7 | 99,29 | 111 | 40,6 | 96,67 | | | |
| 12 | 37,5 | 89,29 | 32 | 40,9 | 97,38 | 52 | 42,8 | 101,90 | 72 | 28,3 | 67,38 | 92 | 42,5 | 101,19 | 112 | 37,7 | 89,76 | | | |
| 13 | 32,4 | 77,14 | 33 | 41,9 | 99,76 | 53 | 42,3 | 100,71 | 73 | 42,2 | 100,48 | 93 | 35,2 | 83,81 | 113 | 37,1 | 88,33 | | | |
| 14 | 32,4 | 77,14 | 34 | 40,6 | 96,67 | 54 | 41 | 97,62 | 74 | 41,1 | 97,86 | 94 | 39,8 | 94,76 | 114 | 41,3 | 98,33 | | | |
| 15 | 26,9 | 64,05 | 35 | 39,7 | 94,52 | 55 | 40,2 | 95,71 | 75 | 40,5 | 96,43 | 95 | 39,6 | 94,29 | 115 | 41,5 | 98,81 | | | |
| 16 | 31,6 | 75,24 | 36 | 42,6 | 101,43 | 56 | 41 | 97,62 | 76 | 41,8 | 99,52 | 96 | 37,9 | 90,24 | 116 | 41 | 97,62 | | | |
| 17 | 41,8 | 99,52 | 37 | 42 | 100,00 | 57 | 41,7 | 99,29 | 77 | 42 | 100,00 | 97 | 36,7 | 87,38 | 117 | 42,1 | 100,24 | | | |
| 18 | 41,1 | 97,86 | 38 | 41,6 | 99,05 | 58 | 41,9 | 99,76 | 78 | 42 | 100,00 | 98 | 40,9 | 97,38 | 118 | 27,2 | 64,76 | | | |
| 19 | 38,2 | 90,95 | 39 | 37,7 | 89,76 | 59 | 42,6 | 101,43 | 79 | 40,6 | 96,67 | 99 | 38 | 90,48 | 119 | 34,4 | 81,90 | | | |
| 20 | 24,2 | 57,62 | 40 | 42,1 | 100,24 | 60 | 40,3 | 95,95 | 80 | 37,3 | 88,81 | 100 | 41,6 | 99,05 | 120 | 36,7 | 87,38 | | | |

MÉDIA 91,92 %

Tabelas para o cálculo do índice desempenho

| Vapor | Bagaço | RELAÇÃO VAPOR / BAGAÇO | % | Vapor | Bagaço | RELAÇÃO VAPOR / BAGAÇO | % |
|---------|--------|------------------------|--------|---------|--------|------------------------|-------|
| 1199900 | 495956 | 2,42 | 81,13 | 1874000 | 742037 | 2,53 | 84,68 |
| 504000 | 177545 | 2,84 | 95,19 | 1737000 | 693850 | 2,50 | 83,94 |
| 307000 | 119247 | 2,57 | 86,33 | 1985000 | 786787 | 2,52 | 84,60 |
| 677000 | 278092 | 2,43 | 81,63 | 1899000 | 735203 | 2,58 | 86,61 |
| 1240000 | 503721 | 2,46 | 82,55 | 1987000 | 697085 | 2,85 | 95,58 |
| 1396000 | 549444 | 2,54 | 85,20 | 1928000 | 752227 | 2,56 | 85,94 |
| 1389000 | 576370 | 2,41 | 80,81 | 1920000 | 731902 | 2,62 | 87,96 |
| 1601000 | 659622 | 2,43 | 81,39 | 1888000 | 634709 | 2,97 | 99,74 |
| 182000 | 69105 | 2,63 | 88,31 | 1923000 | 732532 | 2,63 | 88,03 |
| 78000 | 26155 | 2,98 | 100,00 | 1783000 | 714679 | 2,49 | 83,66 |
| 145000 | 52921 | 2,74 | 91,88 | 1748000 | 692524 | 2,52 | 84,64 |
| 95000 | 34655 | 2,74 | 91,92 | 1842000 | 688864 | 2,67 | 89,66 |
| 205000 | 80053 | 2,56 | 85,87 | 1749000 | 719435 | 2,43 | 81,52 |
| 111000 | 41661 | 2,66 | 89,34 | 1998000 | 698626 | 2,86 | 95,90 |
| 524000 | 220801 | 2,37 | 79,58 | 1780000 | 723015 | 2,46 | 82,55 |
| 767000 | 289651 | 2,65 | 88,79 | 1846000 | 744955 | 2,48 | 83,09 |
| 1396000 | 511019 | 2,73 | 91,60 | 1704000 | 691990 | 2,46 | 82,57 |
| 1906000 | 693959 | 2,75 | 92,10 | 1690000 | 687963 | 2,46 | 82,37 |
| 1850000 | 630700 | 2,93 | 98,36 | 1996000 | 744543 | 2,68 | 89,89 |
| 752000 | 285126 | 2,64 | 88,44 | 1635000 | 672779 | 2,43 | 81,49 |
| 115000 | 40410 | 2,85 | 95,43 | 1761000 | 603254 | 2,92 | 97,89 |
| 888000 | 322174 | 2,76 | 92,42 | 1757000 | 712497 | 2,47 | 82,69 |
| 1654000 | 691937 | 2,39 | 80,15 | 1780000 | 726399 | 2,45 | 82,17 |
| 1980000 | 803016 | 2,47 | 82,68 | 1945000 | 664413 | 2,93 | 98,16 |
| 1799000 | 759679 | 2,37 | 79,41 | 1748000 | 699891 | 2,50 | 83,75 |
| 1779000 | 728674 | 2,44 | 81,87 | 1690000 | 679385 | 2,49 | 83,41 |
| 1823000 | 766569 | 2,38 | 79,74 | 1950000 | 702412 | 2,78 | 93,09 |
| 1778000 | 680034 | 2,61 | 87,67 | 1630000 | 549661 | 2,97 | 99,44 |
| 1799000 | 659445 | 2,73 | 91,48 | 1596000 | 641842 | 2,49 | 83,38 |
| 1935000 | 730401 | 2,65 | 88,83 | 593000 | 228246 | 2,60 | 87,12 |
| 1973000 | 758536 | 2,60 | 87,22 | 2291000 | 873117 | 2,62 | 87,99 |

| Vapor | Bagaço | RELAÇÃO VAPOR / BAGAÇO | % | Vapor | Bagaço | RELAÇÃO VAPOR / BAGAÇO | % |
|---------|--------|------------------------|-------|---------|--------|------------------------|-------|
| 1137000 | 414657 | 2,74 | 91,95 | 1602000 | 653820 | 2,45 | 82,16 |
| 1735000 | 698456 | 2,48 | 83,30 | 1837000 | 776071 | 2,37 | 79,37 |
| 1568000 | 633345 | 2,48 | 83,02 | 1987000 | 796157 | 2,50 | 83,69 |
| 1265000 | 538418 | 2,35 | 78,78 | 1985000 | 806365 | 2,46 | 82,54 |
| 195000 | 76269 | 2,56 | 85,73 | 2100000 | 892637 | 2,35 | 78,89 |
| 415000 | 154243 | 2,69 | 90,22 | 1876000 | 750277 | 2,50 | 83,84 |
| 729000 | 302476 | 2,41 | 80,82 | 2006000 | 826525 | 2,43 | 81,38 |
| 16000 | 5707 | 2,80 | 94,01 | 1800000 | 744296 | 2,42 | 81,09 |
| 1276000 | 557175 | 2,29 | 76,79 | 1987000 | 776936 | 2,56 | 85,76 |
| 1439000 | 626586 | 2,30 | 77,01 | 2204000 | 850726 | 2,59 | 86,87 |
| 1392000 | 624638 | 2,23 | 74,73 | 2106000 | 864141 | 2,44 | 81,72 |
| 1861000 | 825080 | 2,26 | 75,63 | 2154000 | 875607 | 2,46 | 82,49 |
| 1826000 | 771399 | 2,37 | 79,37 | 2544000 | 872453 | 2,92 | 97,78 |
| 1684000 | 713103 | 2,36 | 79,19 | 2109000 | 878897 | 2,40 | 80,46 |
| 1404000 | 573858 | 2,45 | 82,04 | 1917000 | 788544 | 2,44 | 81,73 |
| 1260000 | 535483 | 2,35 | 78,90 | 2479000 | 857306 | 2,89 | 96,96 |
| 1609000 | 704666 | 2,28 | 76,57 | 693000 | 254589 | 2,72 | 91,28 |
| 1674000 | 723119 | 2,31 | 77,63 | 99000 | 35413 | 2,80 | 93,74 |
| 1740000 | 841298 | 2,07 | 69,35 | 412000 | 150672 | 2,73 | 91,69 |
| 669000 | 279292 | 2,40 | 80,32 | 1999000 | 807115 | 2,48 | 83,05 |
| 699000 | 277956 | 2,51 | 84,33 | 1562000 | 632212 | 2,47 | 82,85 |
| 1519000 | 537867 | 2,82 | 94,70 | 1956000 | 700019 | 2,79 | 93,70 |
| 12000 | 4049 | 2,96 | 99,38 | 2295000 | 811522 | 2,83 | 94,83 |
| 848000 | 352374 | 2,41 | 80,70 | 1998000 | 829636 | 2,41 | 80,75 |
| 1385000 | 616024 | 2,25 | 75,39 | 2066000 | 855856 | 2,41 | 80,94 |
| 976000 | 495150 | 1,97 | 66,10 | | | | |
| 2400 | 833 | 2,88 | 96,61 | | | | |
| 62000 | 22976 | 2,70 | 90,49 | | | | |
| 610000 | 240625 | 2,54 | 85,01 | MÉDIA | | 85,77 | |
| 87000 | 31759 | 2,74 | 91,86 | | | | |
| 1977000 | 824347 | 2,40 | 80,42 | | | | |