



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ANÁLISE DO RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL PARA
IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS NA PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO
EM UMA FÁBRICA DE TINTAS E MASSAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO
POR**

AYANA GOMES MOURA DE OLIVEIRA

**Orientadores: Prof^ª. Danielle Costa Morais,
Co-orientador: Prof. Cristiano Alexandre Virgínio Cavalcante.**

RECIFE, AGOSTO / 2007



Análise do rendimento operacional global para identificação de perdas na produção: estudo de caso em uma fábrica de tintas em massas

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – como requisito parcial para obtenção de Grau em Engenharia de Produção.

RECIFE, AGOSTO / 2007

O48a Oliveira, Ayana Gomes Moura de.

Análise do rendimento operacional global para identificação de perdas na produção: estudo de caso em uma fábrica de tintas e massas / Ayana Gomes Moura de Oliveira. - Recife: O Autor, 2007.
ix, 36 folhas. : il., fig. tab.

Monografia (TCC) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia de Produção, 2007.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia de produção. 2. Sistema produtivo - Indústria de tintas e massas. 3. Indústria de tintas e massas - Rendimento operacional. I. Título.

658.5 CDD (22.ed.)

UFPE/BCTG/2007-103

AGRADECIMENTOS

À universidade, que proporcionou um ambiente para o meu desenvolvimento.

Aos professores do departamento, que colaboraram para minha formação de engenharia de produção.

À minha família e meu namorado, que me apoiaram incondicionalmente.

RESUMO

Diante da acirrada competitividade do mercado e do aumento do nível de exigência dos clientes, tornam-se cada vez mais necessárias indústrias mais produtivas e flexíveis. Para atender a essa necessidade é preciso desenvolver sistemas produtivos mais eficientes, que minimizem as perdas ocorridas durante o processo. Com o intuito de identificar essas perdas é analisada a utilização do índice do rendimento operacional global, uma metodologia de simples compreensão e aplicação. Esse trabalho expõe o funcionamento e os equipamentos da linha de envase de uma indústria do ramo de tintas e massas e avalia o desenvolvimento e aplicação dessa metodologia para identificação das perdas na produção. A partir da identificação desses principais danos ocorridos durante o processo são indicadas ações para sua minimização e conseqüente melhoria do rendimento produtivo.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
1.1 Justificativa	1
1.2 Objetivos	1
1.2.1 Objetivo geral	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Metodologia de pesquisa.....	2
2. Base Conceitual	3
2.1. Sistemas de Produção.....	3
2.2. Evolução da manutenção nas empresas	4
2.1.1. Tipos de política de manutenção e a evolução temporal	4
2.3. Seis grandes perdas	6
2.3.1. Perdas por paradas	7
2.3.2. Perdas por mudança da velocidade.....	8
2.3.3. Perdas por produtos defeituosos	8
2.4. Rendimento Operacional Global.....	9
2.4.1. Cálculo do OEE	10
2.4.1.1. Índice do tempo operacional	11
2.4.1.2. Índice de desempenho Operacional (IDO).....	11
2.4.1.3. Índice de Produtos Aprovados.....	12
2.4.2. Adaptações do OEE	13
2.4.3. Importância do indicador	14
3. Características do Problema	15
3.1. Características da Linha de Envase.....	15
4. Estudo de Caso	21
4.1. Descrição da empresa.....	21
4.2. Implementação do acompanhamento do OPE	22
4.2.1. Disponibilidade.....	22
4.2.2. Performance	24
4.2.3. Índice de qualidade	24
4.3. Análise da linha de envase de massa corrida	25
4.3.1 Discussão de medidas para redução de perdas	26
4.4. Análise da linha de envase de tinta base água.....	28

4.3.1 Discussão de medidas para redução de perdas	30
4.5. Principais impactos e consequências da implementação	31
5. Conclusões.....	32
5.1 Limitações do trabalho	32
5.2 Recomendações para trabalhos futuros	33
Referências Bibliográficas.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Evolução da Manutenção	5
Figura 2.2 - Efetividade Global do Equipamento e as Seis Grandes Perdas	13
Figura 3.1 - Mesa alimentadora	16
Figura 3.2 - Etiquetadora	17
Figura 3.3 - Envasadora Volumétrica.....	17
Figura 3.4 - Envasadora Gravimétrica.....	17
Figura 3.5 - Seladora	18
Figura 3.6 - Paletizadora.....	19
Figura 4.1 – Rendimento Operacional Global.....	25
Figura 4.2. Valores do primeiro semestre da linha de envase de massa.....	27
Figura 4.3. Gráfico de Pareto para da não planejadas da linha de envase de tinta base água ..	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Valores do primeiro trimestre da linha de envase de massa	26
Tabela 4.2. Paradas não planejadas primeiro semestre da linha de envase de massa.....	26
Tabela 4.3. Valores do primeiro semestre da linha de envase de massa	27
Tabela 4.4. Valores do primeiro bimestre da linha de envase de tintas a base água	29
Tabela 4.5. Valores do primeiro semestre da linha de envase de tintas a base água	30

LISTA DE SIGLAS

OEE: Efetividade Global do Equipamento

OPE: Rendimento Operacional Global

IDO: Índice do desempenho operacional

IPA: Índice de produtos aprovados

ITO: Índice do tempo de operação

ITEF: Índice de tempo efetivo de funcionamento

IVO: índice de velocidade operacional

1. Introdução

A nova realidade econômica caracterizada pelo acirramento da competitividade compõe um ambiente de grandes desafios a serem enfrentados pelas organizações contemporâneas. Diante desse cenário, o combate a essas provações deve ser tomado de forma estruturada e bem direcionada. No setor industrial, ações de melhoria tomadas na produção são de grande impacto no negócio como um todo.

Seja por um crescimento ou uma sazonalidade do mercado, algumas vezes se faz necessário o aumento da capacidade produtiva. Oportunidades como essas devem ser cumpridas de forma eficiente para obtenção de vantagem no âmbito corporativo. Desse modo, a identificação das perdas ocorridas durante os processos fabris viabiliza benefícios na produção de forma mais eficiente e embasada.

1.1 Justificativa

Durante o processo produtivo ocorrem atividades que não colaboram para a fabricação de produtos. Existem dois tipos de operações: as que agregam valor e as que não agregam valor. Aquelas do primeiro tipo transformam realmente a matéria-prima, modificando-lhe a forma ou qualidade. Já as do segundo tipo muitas vezes são necessárias como suporte para o processo produtivo, mas devem ser minimizadas.

De fato, a produção está carregada de atividades em vazio, ou seja, aquelas que não colaboram diretamente para a fabricação, consumindo, sem a geração de lucro, os recursos que foram destinados a produção. Assim, pode-se obter ganhos de produtividade apenas explorando de forma mais eficiente esses recursos. Para tal, é necessária a identificação das perdas ocorridas durante a produção.

Diante desse cenário, esse trabalho tem o intuito de analisar o uso do indicador de rendimento operacional global, desenvolvido inicialmente por Nakajima (1988), como auxílio na identificação das perdas ocorridas, para então serem propostas melhorias mais eficientes por serem direcionadas a problemas críticos.

1.2 Objetivos

Enumera-se nessa etapa, o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho. A definição dos objetivos tem o intuito de deixar clara a motivação do projeto, justificando a sua relevância e os benefícios esperados a partir da sua realização.

1.2.1 Objetivo geral

O principal objetivo desse trabalho é avaliar a contribuição do cálculo e acompanhamento do indicador de rendimento operacional global para a identificação de perdas ocorridas durante a produção, aplicada para uma indústria de tintas e massas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar a relação entre a manutenção e a produção;
- Conceituar o cálculo do rendimento operacional global;
- Identificar perdas ocorridas durante a produção;
- Realizar um estudo de caso em uma empresa de tintas e massas da região;
- Verificar quais os equipamentos compõem uma linha de envase de tintas e massas e seu *layout*;
- Fazer o levantamento das perdas que podem ocorrer em uma linha de envase de tintas e massas;
- Avaliar a eficiência do estudo e a facilidade de sua implementação.

1.3 Metodologia de pesquisa

Este estudo é destinado a realizar uma avaliação de uma abordagem do rendimento operacional global, proposto inicialmente por Nakajima (1988), a linhas de envase de tintas e massas. A fundamentação teórica, para tal trabalho, é obtida a partir do estudo e análise de conceitos e dados que caracterizem sistemas de produção, políticas de manutenção, perdas ocorridas durante o processo e o próprio indicador do rendimento operacional global.

A pesquisa bibliográfica baseou-se em publicações, tais como: livros, teses, artigos de revistas, jornais, redes eletrônicas, entre outras fontes, fornecendo a necessária sustentação teórica deste trabalho. Nesta ótica, foi realizado um estudo de caso numa fábrica de tintas e massas com a utilização da abordagem citada, destacando ainda, como se deu o processo de implantação prévio. A utilização dessa metodologia foi acompanhada, devidamente registrada, e seus resultados analisados.

2. Base Conceitual

São contempladas, neste capítulo, as bases teóricas sobre as quais este estudo de caso foi desenvolvido, contendo a citação das referências bibliográficas que servem de suporte às teorias envolvidas.

2.1. Sistemas de Produção

Conforme Slack et al (2002), o termo sistema produtivo pode ser intercambiável com o termo função produção, que, por sua vez, representa a reunião de recursos destinados à produção de bens e serviços nas organizações. Qualquer operação produz bens ou serviços, ou um misto dos dois, e faz isso por um processo de transformação. Por transformações nos referimos ao uso de recursos de entradas (*inputs*) para mudar o estado ou condição de algo, a fim de produzir *outputs*.

Todos os recursos de entrada podem ser divididos em transformadores e transformados. Este último caso é uma combinação de materiais, informação e consumidores; já os recursos de transformação geralmente são divididos entre instalações e pessoal. Sem dúvida, a natureza específica das instalações e dos funcionários varia de acordo com o ramo da operação que é tratada. As instalações são fatores críticos na avaliação dos desempenhos produtivos.

A transformação pode-se dar de diferentes formas, de acordo com o processo produtivo necessário para a obtenção do *output* desejado. Segundo Moreira (1998), podemos classificar os sistemas de produção em:

- Sistema de produção contínua ou em fluxo: é um sistema que possui produtos com um alto grau de padronização e um baixo mix, gerando, assim, alto volume de produção. Recebe essa denominação por fornecer produtos quase sem interrupção e por possuir um fluxo quase contínuo e ininterrupto do produto fabricado.
- Sistema de produção por batelada ou em lote: possui um mix elevado de produtos com baixo grau de padronização, ocasionando um menor volume. Os lotes são feitos à medida que o mercado solicita; um mesmo lote pode levar muito tempo para ser produzido novamente, enquanto que outros são feitos regularmente. Exemplos: indústria de tintas, bebidas, sorvetes, cosmético.
- Sistema de produção de grandes projetos: é caracterizado por não haver repetição de produto; cada projeto é diferente do outro em vários aspectos, seja no tempo de execução, nos insumos utilizados ou mesmo por serem projetos de natureza

completamente diferentes. Exemplo: construção civil, estaleiros, design, consultorias.

Durante a produção são identificados pontos de melhoria para todas as operações, as quais podem ser melhoradas, não importando quão bem gerenciadas sejam. É cada vez mais comum o uso de indicadores para controle da produção. Segundo Slack et al (2002), antes que os gerentes de produção possam idealizar abordagens para o melhoramento de suas operações, eles necessitam saber como está seu desempenho, que deve ser percebido como pré-requisito para a melhora. Portanto, todas as operações produtivas precisam de alguma forma de melhoria de desempenho. Essas medidas são um retrato de como o sistema produtivo está em um determinado momento. É útil para a empresa saber se seu sistema produtivo está funcionando dentro do planejado pela direção, usando para tal: padrões históricos, metas e comparações com outras empresas.

2.2. Evolução da manutenção nas empresas

A manutenção vem ocupando um papel cada vez mais importante nas organizações. O desempenho do sistema de manutenção de uma empresa influencia diretamente a conquista dos objetivos de desempenho da mesma, estando ligado à estratégia do negócio e direcionando-a de forma positiva ou negativa (PINJALA et al, 2006). Há uma estreita relação entre manutenção e produção, uma vez que suas atividades determinam a disponibilidade do sistema produtivo e têm grande influência sobre a qualidade do produto final.

Por ser a manutenção uma área importante associada à maioria das atividades de produção, especialmente àquelas cujas instalações físicas têm papel fundamental na produção de seus bens e serviços (SLACK et al, 2002), uma má escolha da política da manutenção pode afetar diretamente a disponibilidade dos recursos produtivos de uma empresa, comprometendo sua produtividade, o alcance dos seus objetivos de desempenho, a satisfação dos seus clientes e a sua saúde financeira.

2.1.1. Tipos de política de manutenção e a evolução temporal

Segundo Siqueira (2005), a história da manutenção pode ser aproximadamente dividida em três gerações distintas, as quais são denominadas da seguinte forma:

- Primeira Geração: Mecanização;
- Segunda Geração: Industrialização;
- Terceira Geração: Automatização.

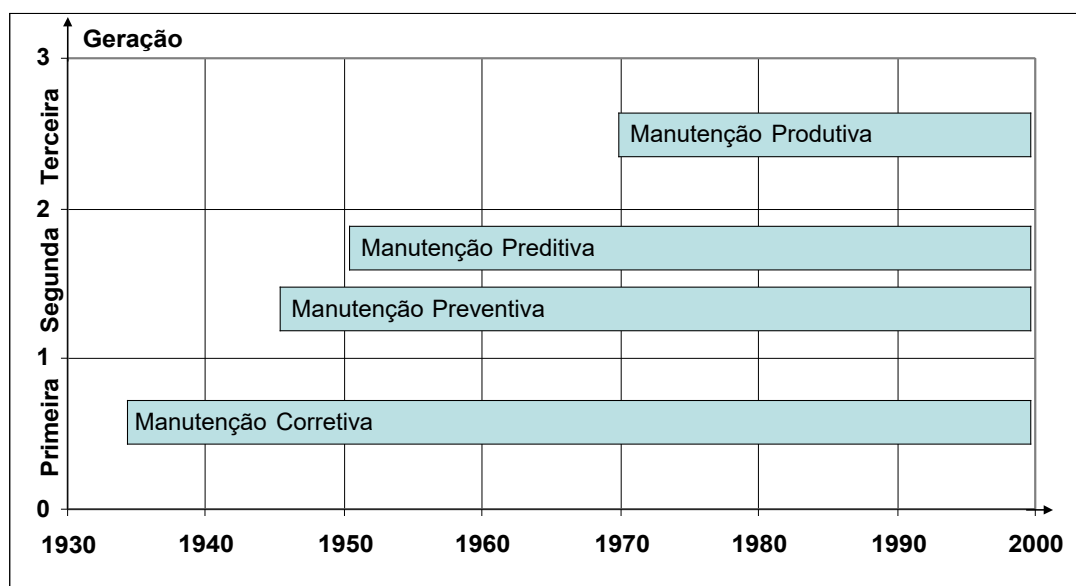


Figura 2.1 – Evolução da Manutenção
Fonte: Adaptação de Siqueira (2005, p. 4)

Durante a primeira geração inicia-se a mecanização da indústria com equipamentos simples e sobre-dimensionados. Assim, a única exigência era que fossem restaurados quando apresentassem defeitos. Segundo Meneses e Almeida (2001), durante essa geração, as equipes de manutenção ficaram, em geral, subordinadas à área de operação. A manutenção tinha um caráter puramente corretivo durante esse período, sendo também conhecida como fase da manutenção por quebra.

Já na segunda geração foi estabelecida uma dependência da sociedade em relação aos produtos e processos industriais, e ainda foi registrada a primeira onda de escassez de mão de obra especializada. Diante desse cenário tentaram-se minimizar os impactos das falhas nos processos e meios de produção, desenvolvendo, assim, técnicas de manutenção preventivas e preditivas.

Os programas de gerência de manutenção preventiva são acionados por tempo. Em outras palavras, as tarefas de manutenção se baseiam em tempo gasto ou horas operacionais. Têm-se como atividades relacionadas a esse tipo de manutenção: reparos, lubrificação, ajustes e recondiçionamentos de máquinas para toda a maquinaria crítica na planta industrial.

Para Das et al (2007), a premissa comum da manutenção preditiva é que o monitoramento regular da condição mecânica real, o rendimento operacional, e outros indicadores da condição operativa das máquinas e sistemas de processo, fornecerão os dados necessários para assegurar o intervalo máximo entre os reparos. Ela também minimizaria o número e os custos de paradas não-programadas criadas por falhas da máquina. Esse tipo de manutenção, que utiliza rendimento de processo, perda de calor ou outras técnicas não-

destrutivas, pode quantificar o rendimento operacional de equipamentos ou sistemas não-mecânicos da planta industrial.

Em meados da década de 70, as técnicas de manutenção que sempre foram utilizadas passaram a integrar de forma mais clara as necessidades de produção com as atividades de manutenção. Segundo Siqueira (2005), a junção das técnicas de manutenção foi feita pela Manutenção Produtiva Total (TPM), no rastro de técnicas de Qualidade Total, como resultado de esforço dos japoneses, originando, desse modo, a terceira geração.

2.3. Seis grandes perdas

Caracterizam-se por serem os maiores fatores de redução da produtividade. A perda é o efeito ou ato de privar parcial ou temporariamente de algo que se possuía ou de um resultado que deveria ser alcançado de forma satisfatória. O acompanhamento e classificação desses prejuízos ocorridos durante a produção são importantes para se estabelecer um controle sobre os processos e identificação de melhorias nos mesmos. Para tal, Nakajima (1988) fez um levantamento deles e os classificaram em seis tipos denominados “seis grandes perdas”, que serão explanadas durante o desenvolvimento do trabalho.

Para Sherwin (2000), essas perdas correspondem de um modo geral, às perdas de produção; estas, por sua vez, são conseqüências do mau uso dos equipamentos durante os processos produtivos, e também da política de manutenção. Esse relacionamento com a gestão da manutenção pode se dar de forma direta ou não ser de forma explícita, seja por problemas relacionados ao projeto das instalações ou ao serviço prestado nos equipamentos.

Para melhor entender o trabalho produtivo deve-se observar cada atividade a ele relacionada, e estas podem ser diretamente ligadas à atividade fim ou não. Segundo Ferreira (2004), o trabalho produtivo pode ser dividido em três diferentes formas:

- Perda: toda atividade que não contribui para as operações. Dentro deste conceito, pode-se citar: espera, estoques intermediários entre etapas, reabastecimento, movimentação do produto, entre outros.
- Operações que não agregam valor: são as atividades que não beneficiam a matéria-prima, por exemplo: movimentação para alcançar as peças, desembalagem de caixas e operações manuais de comandos do equipamento.
- Operações que agregam valor: são atividades que transformam a matéria-prima, modificando a sua forma e qualidade. Esses valores são normalmente percebidos pelo cliente final, uma vez que não interessa incluir atividades no processo que não possam atender às necessidades e desejos dos clientes. Muitos processos e atividades não são percebidos pelo cliente, mas são observados pela manutenção

da Qualidade e Segurança do produto, como, por exemplo, testes finais de qualidade. Portanto, quanto maior o valor agregado, maior a eficiência da operação.

Como foram levantadas por Jonsson & Lesshammar (1999), as perdas podem ser esporádicas ou crônicas. Aquelas que ocorrem apenas ocasionalmente, devido a imprevistos ou acidentes, são chamadas de esporádicas. As perdas crônicas são de difícil combate e, para serem eliminadas, necessitam da introdução de melhorias. A continuidade dessas ocorre devido a: resultados insatisfatórios após a adoção de algumas medidas corretivas; impossibilidade de adoção de medidas corretivas devido à programação de produção; não adoção de medidas corretivas por não estar havendo o levantamento de prejuízos, e desconhecimento da existência da perda.

Para Ortis (2004), tanto as perdas crônicas como as esporádicas geram insegurança quanto ao grau de confiança operacional do equipamento. Esta insegurança gera a hipótese de que em algum item, seja ele no projeto, na fabricação, na instalação ou ainda no funcionamento operacional, apareçam deficiências que geram grandes transtornos à empresa.

Outro fator que causa prejuízo operacional são as falhas invisíveis, cujo conhecimento é de grande importância por normalmente não serem computadas nos históricos dos equipamentos. Usualmente são desconhecidas e, por isso, erroneamente não são consideradas inconveniências, podendo ainda ocorrer por questões psicológicas, tais como: indiferença, falhas despercebidas e falhas não consideradas por serem enquadradas como desprezíveis (BRITTO & PEREIRA, 2003).

Devido a esses impactos causados na produção pelas questões levantadas acima, deve-se ter um acompanhamento das perdas durante o processo produtivo. Com essa finalidade, Nakajima (1988) fez a seguinte classificação:

2.3.1. Perdas por paradas

- **Perda por parada acidental:** Também conhecida como perda por quebra de máquina, é o fator que mais prejudica a eficiência dos equipamentos. A quebra ou falha pode ser classificada em dois grupos: parada da função, que é ocasionada de modo repentino, e queda da função, a qual reduz a função do equipamento em relação ao estágio inicial do processo.
- **Perda durante a mudança de linha:** Como o próprio nome já diz, é aquela associada à mudança de linha e regulagens das máquinas. É também conhecida como perda de *setup* ou troca de ferramenta. O tempo de mudança de linha

representa o período desde a produção do último item do plano que estava sendo produzido até a inicialização do próximo plano.

2.3.2. Perdas por mudança da velocidade

- **Operação em vazio / pequenas paradas:** São decorrentes de um problema momentâneo. Ocorre que: o equipamento pára por pequenos períodos, não suficientes para serem classificados como paradas, ou o equipamento opera em vazio, por falta de produto a ser processado na linha (também chamado de pequeno problema). Nesses casos, a máquina ou equipamento volta a operar normalmente assim que o problema é solucionado, seja pela retirada de uma peça defeituosa ou através de um *reset*, o que difere essencialmente de quebra/falha do equipamento.
- **Queda da velocidade de trabalho:** A perda é aquela gerada pela diferença entre a velocidade nominal e a velocidade real do equipamento. Por exemplo, é o caso da operação realizada com a velocidade reduzida, devido a problemas na qualidade do produto e na mecânica do equipamento.

2.3.3. Perdas por produtos defeituosos

- **Defeito no processo:** Esta perda também pode ser atribuída a produtos defeituosos e retrabalhos. Quando nos referimos a um produto defeituoso, de um modo geral, a tendência é considerá-lo como um produto a ser descartado. Porém, o produto retrabalhado (produto restaurado) também deve ser considerado como defeituoso, pois esta atividade requer um tempo desnecessário para a sua recuperação (operação que não agrega valor). Pode, ainda, ocorrer perda quando o próprio processo é defeituoso, ou seja, o processo produtivo apresenta problemas ou defeitos em sua concepção que vão gerar, por consequência disto, produtos defeituosos ou que necessitem de retrabalho.
- **Defeito no início da produção:** É a perda gerada entre seu início e a estabilização do processo. As condições de instabilidade deste são: deficiência da manutenção dos gabaritos e matrizes; perdas geradas pelos protótipos; capacitação técnica dos operadores, entre outras. Todas estas incidências podem variar; porém, estes prejuízos são muito significativos, uma vez que tendem a permanecer ocultas.

Conforme explicado anteriormente, estes são os principais fatores de queda de produtividade em uma empresa. Portanto, se faz necessário ter conhecimento de que estas perdas, que ocorrem diariamente no mundo todo, são as maiores responsáveis pela redução de produtividade e conseqüente queda de competitividade destas organizações.

A partir do levantamento das perdas, tem-se como principal meta o combate a estas, sendo sua maior ferramenta a manutenção e, principalmente, a colaboração de todos os envolvidos. Para Nakajima (1988), a eliminação total das paradas (*breakdowns*) e dos defeitos implica em: aumento do índice de operacionalidade dos equipamentos, redução de custos, minimização do inventário e, também, o aumento da produtividade.

2.4. Rendimento Operacional Global

Com o intuito de controlar e minimizar as perdas na produção foi desenvolvido o indicador quantitativo para definir o rendimento operacional global. Devido ao grande número de definições do termo indicador, faz-se necessário, além de buscar uma definição abrangente, também diferenciar o termo indicador do termo medida. Para Moreira (2002, p.15), medida é “um atributo, qualitativo ou quantitativo, usado para verificar ou avaliar algum produto por meio de comparação com um padrão (grandeza de referência)”, enquanto que indicador é “o resultado de uma ou mais medidas que tornam possível a compreensão da evolução do que se pretende avaliar a partir dos limites (referências ou metas) estabelecidos”. Justamente com essa avaliação pretende-se melhorar os processos produtivos.

Segundo Loiola (2003), com o pós-guerra, o Japão desenvolveu práticas de gestão como soluções para um problema muito específico: a escassez de recursos e de espaço; assim, foi necessário repensar radicalmente o modelo de produção vigente. Essas práticas vêm se difundindo entre os países do ocidente, a ritmos e intensidade variados. Dentre estas técnicas podemos citar a Manutenção Produtiva Total (TPM), a qual surgiu no Japão nos anos 60, onde se podem relacionar indicadores para medir este desempenho. Entretanto, o principal deles é o cálculo da efetividade global do equipamento (OEE). A primeira aplicação deste indicador foi feita por Seiichi Nakajima em Nippon Denso como indicador em TPM (Manutenção Produtiva Total). De acordo com Nakajima (1988), TPM é uma metodologia da melhoria da planta, que permite a melhoria contínua e rápida do processo de manufatura, com a participação do empregado e o contínuo acompanhamento dos resultados.

Este indicador, que inicialmente foi chamado OEE do inglês “*Overall Equipment Effectiveness*” (Efetividade Global do Equipamento), é comumente adaptado e usado como um indicador do rendimento operacional global. A efetividade indica que: de fato está ocorrendo a ação, no caso do equipamento significa que ele está transformando matéria prima em produto. Para Chiavenato (2000) alcance dos objetivos está ligado à eficácia, já eficiência está preocupada com os meios, ou seja, desenvolver uma atividade da melhor forma.

Antes de apresentar as equações relacionadas ao seu cálculo, primeiramente devemos definir os diferentes tempos envolvidos durante a produção, a fim de visualizarmos a

disponibilidade. Segundo Costa & Cleto (2002) apud *Association Française de Normalization* (AFNOR) os tempos são definidos como segue abaixo:

- Tempo Total – trata-se do horário de produção de uma fábrica, como por exemplo, das 8 h às 17 h, supondo um turno de trabalho numa jornada semanal de 44 h. Contudo, para fins de cálculo, todos os tempos são dados em minutos.
- Tempo Requerido – é o tempo de referência escolhido para análise. Corresponde ao período dentro do tempo total no qual a instalação estará requisitada para cumprir atividades produtivas. Para uma indústria de manufatura, por exemplo, subtrai-se do tempo total o período de almoço e pausas dos funcionários, além de reunião de apresentação dos indicadores de desempenho da célula de manufatura, caso assim desejado.
- Tempo Efetivo de Disponibilidade – é a parte do tempo requerido onde a instalação está efetivamente cumprindo a sua função requisitada, supondo que o fornecimento dos meios externos necessários para seu funcionamento esteja assegurado. Portanto, é o tempo onde o equipamento está de fato funcionando e não ocorrem paradas. É também chamado de tempo de funcionamento.
- Tempo Efetivo de Indisponibilidade ou tempo de parada – é o período onde a instalação está incapaz de produzir devido a uma causa interna ou externa. São as paradas da instalação, responsáveis por perdas durante o processo.

Para Dal et al (2000), o tempo total de paradas pode ser classificado como tempos de parada programada e não programada. A parada programada é composta basicamente dos tempos de parada programada, usadas para a realização de reuniões de equipe, almoço, ginástica laboral, treinamentos, entre outros eventos, desde que planejado. Já a parada não programada é caracterizada por tempos de paradas repentinas ou não esperadas, devido a causas externas ou internas. Como exemplo, pode-se citar as quebras de componentes e falhas de produção.

2.4.1. Cálculo do OEE

Nakajima (1988) desenvolveu o cálculo do OEE, que é expresso em valor percentual, resulta do produto de três índices representando arranjo serial, e definido pela equação (2.1):

$$OEE = ITO \times IDO \times IPA \quad (2.1)$$

Onde: ITO = Índice do tempo operacional

IDO = Índice do desempenho operacional

IPA = Índice de produtos aprovados

2.4.1.1. Índice do tempo operacional (ITO)

Também pode ser entendido como a disponibilidade do equipamento, ou seja, representa a parcela de tempo em que o equipamento está disponível para a atividade produtiva. Nesse índice são consideradas as perdas decorrentes das paradas de produção, e foi definido por Nakajima (1988) pela fórmula (2.2):

$$\text{ITO} = \frac{\text{Tempo Requerido} - \text{Tempo de Parada}}{\text{Tempo Requerido}} \quad (2.2)$$

2.4.1.2. Índice de desempenho operacional (IDO)

Durante o tempo em que o equipamento está disponível para a operação, este não segue sempre a mesma intensidade, ou seja, o ciclo de produção não é sempre o mesmo que o teórico. Esse índice é também chamado de performance do equipamento. Para Nakajima (1988), esse indicador pode ser encontrado pelas fórmulas abaixo:

$$\text{IDO} = \text{IVO} \times \text{ITEF} \quad (2.3)$$

Onde: IVO = Índice de velocidade operacional

ITEF = Índice de tempo efetivo de funcionamento

$$\text{IVO} = \frac{\text{Ciclo teórico (min/unidade)}}{\text{Ciclo efetivo (min/unidade)}} \quad (2.4)$$

$$\text{ITEF} = \frac{\text{Tempo efetivo de trabalho}}{\text{Tempo de funcionamento}} \quad (2.5)$$

$$\text{Tempo efetivo de trabalho} = \text{Quantidade produzida} \times \text{Ciclo efetivo} \quad (2.6)$$

O IVO apresenta a discrepância entre a velocidade ideal e a que de fato foi atingida, pela da relação entre os ciclos teórico e efetivo. Este primeiro ciclo é baseado na capacidade em que o equipamento foi projetado e trata-se de um valor fixo tido como padrão. Já o ciclo efetivo é estimado a partir da produção do período observado. Para adequar aos índices mais comumente encontrados a fórmula do IDO foi adaptada da seguinte forma:

$$\text{IDO} = \frac{\text{Ciclo teórico} \times \text{Quantidade produzida} \times \text{Ciclo efetivo}}{\text{Ciclo efetivo} \times \text{Tempo de funcionamento}} \quad (2.7)$$

Ou seja,

$$\text{IDO} = \frac{\text{Ciclo teórico} \times \text{Quantidade produzida}}{\text{Tempo de funcionamento}} \quad (2.8)$$

Desta forma, foi definido inicialmente o IDO. Porém, a partir de observações práticas, se faz necessária uma adaptação aos dados mais comumente encontrados nas empresas, como abaixo:

$$\text{Velocidade de produção} = \frac{\text{Quantidade produzida}}{\text{Tempo de funcionamento}} \quad (2.9)$$

$$\text{Velocidade teórica de produção} = 1 / \text{Ciclo teórico} \quad (2.10)$$

Assim, tem-se que:

$$\text{IDO} = \frac{\text{Velocidade de produção}}{\text{Velocidade teórica de produção}} \quad (2.11)$$

2.4.1.3. Índice de produtos aprovados

Este índice busca identificar o que foi perdido devido aos itens defeituosos. Ele refere-se à relação entre os produtos aprovados pelo controle de qualidade e o total produzido, sendo então obtido a partir da seguinte equação:

$$\text{IPA} = \frac{\text{Quantidade produzida} - \text{Quantidade defeituosa}}{\text{Quantidade produzida}} \quad (2.12)$$

Segundo Nakajima (1988), sob uma ótica empírica e pessoal, as condições ideais para esses indicadores são: ITO superior a 90%, IDO maior do que 95% e o IPA maior do que 99%. Sendo assim, o OEE (efetividade do equipamento) tem como meta ser superior a 85%.

Embora se tenha essa expectativa, a literatura a respeito dos valores apropriados para a disponibilidade, o desempenho operacional e o índice de qualidade dos produtos fica distante desse patamar estabelecido por Nakajima. De fato existem diversas opiniões a respeito do valor do desempenho aceitável no OEE. Kotze (1993) indica que um OEE de 50% é mais realista e conseqüentemente mais útil como um alvo aceitável. Ericsson (1997) relata que o desempenho aceitável de OEE pode variar entre 30% e 80%. O que se pode notar é a dificuldade de definir uma referência ótima, uma vez que essa deve variar para cada indústria.

Conforme Dal et al (2000), o OEE não se trata apenas de uma medida operacional, mas também de um indicador de atividades do processo produtivo que podem ser melhoradas. Essa identificação permite uma redução do lead time (tempo que decorre entre o instante de entrada de um item no sistema até o instante de saída deste item do sistema), possibilitando assim o aumento da produtividade. Para Bamber (2003), com o cálculo do OEE indica-se o rendimento do equipamento considerando as “seis grandes perdas”, para que essas possam ser minimizadas, como segue na figura (2.2).

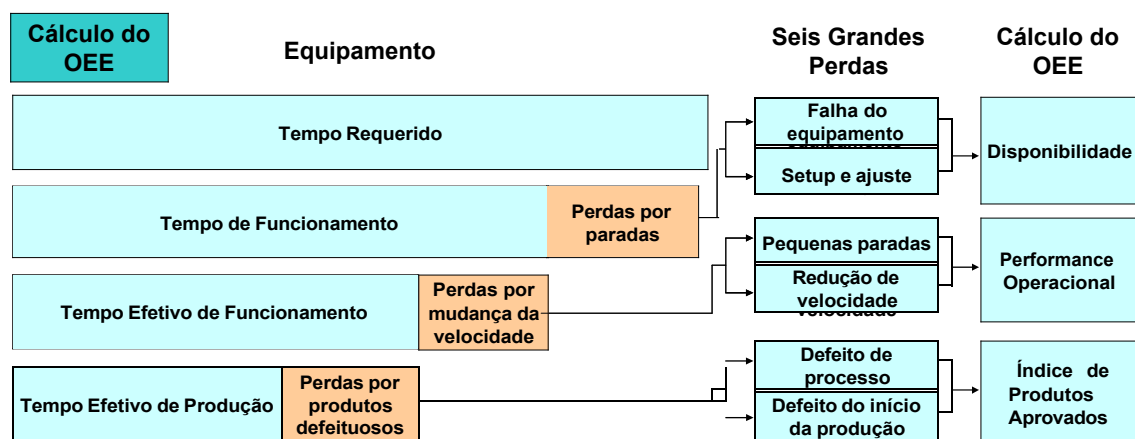


Figura 2.2 - Efetividade Global do Equipamento e as Seis Grandes Perdas
Fonte: Nakajima (1988, p. 25)

Após estudo e exploração do OEE feito por Leite (2006), notou-se que as atividades de manutenção e de operação exercem uma influência direta nos indicadores relacionados, o que demonstra a estreita relação entre a influência da Manutenção Autônoma e o conceito dos 5S's (metodologia de origem japonesa usada para melhorar a organização dos ambientes de trabalho seguindo 5 passos recomendados pelo programa) nos índices de disponibilidade, performance operacional e de qualidade. Diante dessa estreita relação entre as atividades de manutenção e de produção, justifica-se o fato de que hoje houve uma adaptação para o OEE proposto inicialmente por Nakajima, uma vez que geralmente é aplicado o cálculo de um indicador para todos os equipamentos de uma determinada planta, batizado de OPE.

2.4.2. Adaptações do OEE

De fato, ao longo dos anos, o OEE passou por várias adaptações originando várias nomenclaturas. Na revisão da literatura feita para embasamento do trabalho encontraram-se termos como: OFE (*overall Fab effectiveness*); OTE (*overall Throghput effectiveness*); OPE (*Overall Production Efficiency*), comumente traduzida como Rendimento Operacional Global.

Pesquisadores e profissionais da área de gestão de manutenção são contrários à utilização do OPE, por acreditarem que isso deturpa do objetivo original do indicador OEE. Para Williamson (2007), o uso de adaptações do indicador de rendimento que não seja o OEE para comparações é impreciso, por tratar de um emprego errado das finalidades originais de OEE.

Observando sob uma outra ótica, a utilização do termo OPE é favorável, uma vez que deixa claro o compromisso de todas as partes componentes de uma unidade de produção com o indicador. Idhammar (2007) propõe a mudança para o nome Rendimento Operacional Global ou Eficiência Total da Produção (OPE), por ser necessário expressar claramente que

ambos os departamentos têm um só objetivo. Para ambos, o foco deve ser eliminação da causa na raiz do problema.

Então o cálculo do OPE é feito para a linha de produção como um todo e é definido da mesma forma do OEE que é feito para cada equipamento, proporcionando, assim, um maior enfoque para a produção. Tem-se, portanto:

$$\text{OPE} = \text{disponibilidade} \times \text{performance operacional} \times \text{IPA} \quad (2.13)$$

Mahadevan (2004) propõem o uso de um indicador global para toda a planta, ou seja, o cálculo do OPE geral que agrega todos os equipamentos envolvidos na produção, respeitando a arquitetura da produção seja ela em série, em paralelo ou ainda uma combinação destas.

2.4.3. Importância do indicador

Para se obter o valor do OPE é necessário o acompanhamento dos equipamentos das linhas de produção existentes na planta. Tal acompanhamento permite uma avaliação do comportamento dos equipamentos. A coleta de dados é a base para toda análise e acompanhamento de equipamento, sendo, portanto, indispensável para se ter uma boa gestão da presença e acuracidade desses dados.

De fato, o OPE não deve ser usado unicamente para uma verificação simples do cálculo, pois seu acompanhamento possibilita identificar onde as perdas do tempo de produção estão. Segundo Högfeldt (2005), é uma atividade muito fácil verificar o número de OPE da planta; porém, precisa-se ter um levantamento de dados com acuracidade para os tempos parados e os outros tempos. O objetivo de calcular o OPE é melhorar: a eficiência das máquinas; diminuir: o tempo sem operação (*downtime*), as perdas da velocidade e as perdas da qualidade.

Para se obter essas melhorias com o OPE deve-se, durante o acompanhamento da produção, identificar as principais perdas e relacioná-las em um Diagrama de Pareto. Assim, através de um gráfico de barras com as frequências das ocorrências em ordem decrescente, é permitida a priorização dos problemas. Desta forma, permite-se uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos.

3. Características do Problema

Atualmente, com a globalização dos mercados, a concorrência tornou-se mais acirrada, exigindo das empresas um desempenho de classe mundial, o qual deve ser dedicado a atender o cliente. Nesse cenário, qualquer ganho significativo de recursos está diretamente ligado à sua sobrevivência no mercado.

O desafio dessas empresas está em como se tornarem mais competitivas operacionalmente. Uma forma eficiente de se obter isso é aumentando a produtividade de suas linhas de envase, explorando ao máximo os recursos já disponíveis, fazendo-a operar em seu rendimento ótimo e com que seus produtos cheguem ao mercado consumidor no menor tempo possível, garantido um grau de qualidade exigida pelo usuário.

Uma outra solução seria a compra de maquinário moderno e automático ou a contratação de mais pessoas nas linhas de produção. No entanto, o investimento em novas máquinas só possui retorno a médio e longo prazo, além de que, o aumento do quadro de funcionários só deve ser feito se a empresa estiver segura de que o mercado está em expansão e com vendas aquecidas, pois caso haja uma redução de mercado, a companhia terá que fazer cortes de trabalhadores, o que é um processo caro e que repercute negativamente na imagem da empresa.

Sendo assim, dentre as opções apresentadas acima a mais viável e econômica seria a maximização da utilização da capacidade já existente na planta. A identificação dos pontos a serem melhorados é o que está sendo discutido nesse trabalho. Com a definição dessas perdas é possível estabelecer planos de ação de fato eficientes, uma vez que estes serão focados nos prejuízos que acarretam maior impacto, além de se obter resultados em curto prazo e de baixo custo de implementação.

3.1. Características da Linha de Envase

A linha de envase está logo após a produção em larga escala do produto que será comercializado. Entre a produção e a linha de envase, está a etapa em que atua o controle de qualidade, onde são realizados os testes das especificações técnicas do produto, para que o mesmo seja aprovado para o envase, onde as características técnicas do produto são mantidas.

O processo a ser executado por linhas de envase é especificamente inserir o bem produzido na etapa anterior em uma embalagem, de modo a agregar valor ao produto final. Em seguida as embalagens são concatenadas e então paletizadas para o armazenamento no depósito e posterior expedição.

A atividade de envase é adotada por empresas de setores bem distintos, como líquidos do tipo bebidas, tintas e vernizes, cosméticos, remédios, perfumes e material de limpeza. De um modo geral essas linhas são semelhantes, uma vez que todos são produtos fluidos e finalidade é a mesma. Varia-se apenas algumas características específicas decorrentes do tipo de produto que se está envasando. No caso alimentício, por exemplo, antes da etapa de envase as embalagens precisam passar pela etapa de limpeza e esterilização.

Embora a atividade de envase seja adotada por diferentes indústrias. O trabalho desenvolvido terá uma aplicação em uma empresa do ramo de tintas, vernizes e complementos, e com enfoque no envase de tintas e massas. A planta é composta por várias linhas, cada uma com seqüência de equipamentos semelhantes. Abaixo será explicitada cada uma dessas etapas com os equipamentos associados:

- Colocação de embalagens: Pode ser feita diretamente na esteira de acesso ao envase ou em uma mesa alimentadora, que se trata de uma mesa composta por um conjunto de esteiras ou um disco rotatório que alimenta a linha de envase (figura 3.1). O tamanho da mesa é essencial para se determinar um estoque intermediário com embalagens vazias suficientes para não parar a máquina. Uma mesa grande demais pode se tornar ociosa (a capacidade de enchimento é menor do que a alimentação de embalagens vazias), perder em espaço físico e aumentar o custo de aquisição do equipamento.



Figura 3.1 - Mesa alimentadora
Fonte: Erli Máquinas (2007)

- Etiquetagem: é realizada através de etiquetadora ou impressora que coloca ou imprime etiquetas que contêm a validade, o lote e o código de barras na embalagem do produto (figura 3.2). O posicionamento da etiqueta ou impressão é definido pelo formato, ou melhor, por um detalhe na embalagem (uma saliência, cavidade). A localização da etiquetadora na linha é, de preferência, antes da envasadora. Uma vez que a embalagem esteja vazia, usa-se menos força no momento de posicioná-la corretamente para receber a etiqueta (ou seja, um motor

com potência reduzida – menor consumo de energia); já para a impressora, a posição é indiferente.



Figura 3.2 - Etiquetadora
Fonte: Prodismaq (2007)

- **Envase:** É a principal etapa da linha. A envasadora é geralmente composta por uma cuba que armazena certa quantidade de líquido para dar pressão ao bico de envase, uma bomba que aumenta o fluxo do líquido envasado e os bicos de envase. Os tipos de envasadoras mais utilizados são do tipo volumétrico (figura 3.3) e do tipo gravimétrico (figura 3.4). No primeiro caso, a quantidade de líquido envasado é medida através do volume a ser preenchido e é regulado através do recuo do pistão dos bicos. O enchimento é através da gravidade e a regulagem é feita com célula de carga ou balanças que servem de contra peso, parando o enchimento quando a embalagem atinge o peso determinado. Outra formulação para o envase é a transferência de todo material a ser processado para um tanque de armazenamento com capacidade de bem maior que as cubas, e em seguida esse material é envasado com o auxílio de bomba mecânica, para a transferência do tanque para os bicos.

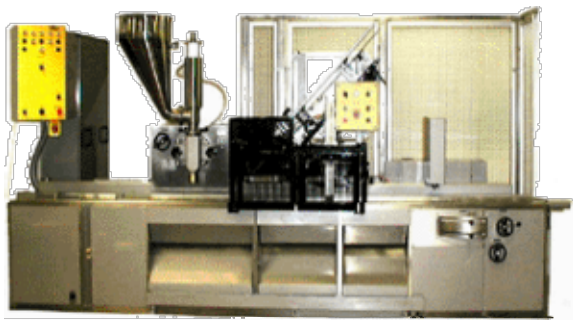


Figura 3.3 - Envasadora Volumétrica
Fonte: DeVree (2007)



Figura 3.4 - Envasadora Gravimétrica
Fonte: Serac Group (2007)

-
- Colocação de tampas: Para um facilitar essa etapa é necessário um equipamento que posicione e coloque a tampa na embalagem depois que esta tenha sido enchida, para em seguida ser prensada fechando a embalagem deixando-a de forma vedada. As tampas podem simplesmente cair após a embalagem passar por um sensor ou fim de curso, ou ainda uma ventosa pode colocar a tampa no local e momento correto. Em seguida as tampas são fechadas através de um sistema de rolos posicionados na altura mínima para que a embalagem possa se deslocar com a própria tração da esteira da envasadora, então a tampa é pressionada até ser fechada.
 - Selagem: Essa atividade é desenvolvida pela seladora (figura 3.5), que tem a função de formar a unidade logística de transporte, que é a forma como o produto é transportado e armazenado. A selagem consiste em envolver o produto com filme plástico para protegê-lo das intempéries e facilitar seu transporte. A selagem pode ser feita a vácuo. Nesse caso, usa-se um filme menos espesso e com menor resistência; outra forma é através de calor, o pacote (formado por certo número de produtos acabados) é envolvido no filme e passa através de um túnel aquecido onde o plástico sofre uma contração, ficando extremamente rígido e formando o pacote. Para este tipo, usa-se um plástico mais espesso.



Figura 3.5 - Seladora
Fonte: Maquinapack (2007)

- Paletização: Nesse caso usa-se a paletizadora, que é responsável pela arrumação dos pacotes ou da própria embalagem no pálete. É indicada a colocação de uma folha de papelão entre algumas camadas, para evitar que os pacotes deslizem durante o transporte, garantindo uma maior resistência ao pálete. (figura 3.6).



Figura 3.6 - Paletizadora
Fonte: Equinotec (2007)

Quaisquer umas dessas máquinas citadas acima podem ser manuais, semi-automáticas e completamente automáticas. Uma linha pode ter de uma a quatro pessoas operando-a, e essa decisão está associada ao grau de automação do equipamento. Ela irá depender da indústria possuir uma demanda suficientemente grande que compense investir em automação para aumentar a produtividade, já que o investimento tem um custo alto, e se o volume de produção não for grande o retorno do capital investido pode ser muito demorado, causando problemas de caráter financeiro à empresa.

Embora os processos de envase sejam semelhantes para os diversos setores, se fazem necessárias adaptações devido às características especiais de cada produto. Para o acompanhamento do envase deve-se analisar principalmente a destinação do produto: se é alimentício ou não, e as condições físicas: gasoso, líquido ou massa de baixa consistência.

O tempo destinado ao envase não é padronizado, uma vez que tem como variável influenciante a viscosidade do produto que se está envasando. Esta, por sua vez, apresenta pouca precisão entre os lotes. Sendo assim, a etapa de envase é a que merece maior atenção em todo o processo produtivo e se caracteriza por ser comumente um gargalo na produção. Isso ocorre principalmente em sistemas com processo em lotes, já que a etapa anterior (fabricação do produto a ser envasado) é feita em larga escala, proporcionando uma maior capacidade.

Também se encontra envase em processos contínuos, onde a variedade na produção é mínima. Assim, a atividade de envase ocorre quase que simultaneamente à atividade de fabricação do material a ser envasado, e paradas em qualquer uma das atividades impactará rapidamente em todo o ciclo produtivo.

Diante da relevância da etapa de envase é justificável uma análise detalhada do processo produtivo dessa área. Para maximizar a eficiência dessa atividade, a princípio, necessita-se da identificação das perdas ocorridas durante o processo. Assim, é importante fazer um acompanhamento do rendimento operacional global para que baseado nele sejam propostas medidas para a redução desses danos. Para comprovar a aplicabilidade da solução indicada, será usada a metodologia, que foi analisada e sugerida durante o trabalho, no estudo de caso desenvolvido no capítulo seguinte.

4. Estudo de Caso

Neste capítulo será abordado um estudo de caso para a análise da utilização do índice de rendimento operacional global, com o intuito de indicar benefícios às linhas de envase, que foram caracterizadas de forma geral no capítulo anterior. Inicialmente é feita uma descrição da empresa analisada, para que se possa identificar o ambiente onde o trabalho é desenvolvido; em seguida é descrito como se deu o processo de implementação da metodologia; e por fim são analisadas duas linhas de envase com características específicas. É realizada também uma análise crítica da lógica aplicada.

4.1. Descrição da empresa

O Brasil é um dos cinco maiores mercados mundiais para tintas e com previsão de crescimento. Este setor encontra-se claramente definido, compreendendo três tipos de empresas: grandes conglomerados (nacionais e internacionais), empresas de porte médio, com administração de caráter familiar, e pequenas e médias indústrias voltadas ao atendimento de segmentos específicos do mercado. Possuindo cerca de 300 fabricantes distribuídos pelo país, o mercado emprega diretamente cerca de 16 mil pessoas, movimentando um faturamento perto de 1,5 bilhões de dólares/ano. O setor se divide em: tinta imobiliária, linha automotiva, tinta para indústria em geral e repintura automotiva.

O ramo de tintas imobiliárias corresponde a 77% do volume total e 59% a 62% do faturamento de tintas produzidas no Brasil. A empresa em que se realizou o estudo é líder em vendas de tintas para a linha imobiliária na região Nordeste e está em segundo lugar em vendas no Brasil. Pertence a um grupo estrangeiro que é um dos maiores do mundo nesse ramo. Com um volume atual de produção de aproximadamente 150 milhões de litros/ano, este trabalho possui um leque de 1.500 produtos comercializados dentre eles tintas vernizes e complementos, atendendo a todos os estados do país e exportando para 20 países localizados na América do Sul, Caribe, África, Oceania e Oriente Médio.

A empresa tem previsão de crescimento no mercado, assim como todo o ramo de tintas. Ela apresenta uma demanda sazonal com picos no segundo semestre, o que não justifica investimento nas instalações na mesma proporção, uma vez que, no primeiro semestre, estas ficariam subutilizadas. Essas observações justificam a necessidade de uma otimização dos recursos já existentes, para poder atender a demanda em crescimento.

Segundo a Associação Brasileira de Fabricantes de Tintas (ABRAFATI, 2007), a tinta é uma preparação, geralmente encontrada na forma líquida e tem como finalidade revestir uma superfície ou um substrato para conferir beleza e proteção. Quando essa tinta não contém

pigmentos, ela é chamada de verniz; portanto, a tinta cobre o substrato, enquanto o verniz o deixa transparente. A tinta é composta basicamente por resinas, pigmentos, aditivos e solventes. A resina é a parte não volátil e responsável por aglomerar os pigmentos, que, por sua vez, são destinados a conferir cor, brilho e outras características de resistência às tintas. Já os aditivos são ingredientes utilizados para facilitar o processo de fabricação e proporcionar características especiais às propriedades das tintas; por fim, tem-se o solvente, que é a parte volátil e responsável pela diluição da tinta.

A massa é um produto que faz parte da gama de complementos para indústria de tintas. Sua finalidade é permitir aspecto fino e liso às superfícies antes da pintura. Uniformiza e nivela superfícies internas ou externas de alvenaria e madeira em geral, e ainda corrige pequenas imperfeições da superfície. A massa tem como componentes básicos os mesmos da tinta, diferenciando na qualidade proporção de cada um. A principal diferença é o intenso uso das cargas que são pigmentos mais barato e que proporcionam o aspecto de massa, as mais comuns são caulim e carbonato de cálcio.

4.2. Implementação do acompanhamento do OPE:

Para identificar as principais perdas e assim tomar medidas que possibilitem um resultado significativo é necessário o acompanhamento de rendimento operacional global. Como foi abordado durante o trabalho, para tal acompanhamento precisa-se que sejam calculados os índices relacionados ao OPE.

4.2.1. Disponibilidade:

A fim de estabelecer a disponibilidade da linha de produção foram observadas as paradas que ocorrem durante a operação. Essas, por sua vez, são devidas ou às necessidades de ajustes (*setup*), ou a falhas nos equipamentos. Para identificação de tais perdas foram criadas fichas de acompanhamento da operação, e fica sob responsabilidade do operador da linha o registro periódico das atividades executadas durante toda operação.

A periodicidade do acompanhamento, que implica acuracidade aos tempos coletados, obviamente não será feita em escala de segundos. Para Nakajima (1998), um intervalo de aproximadamente 10 minutos possibilita boa representação das condições do sistema. No caso estudado, será adotado justamente 10 minutos com uma tolerância de 5 minutos, ou seja, caso ocorra uma parada no processo que dure mais que 5 minutos deve-se justificar o motivo.

As justificativas para as paradas foram listadas de acordo com a estrutura da linha de produção. Assim, foram levantadas as possíveis falhas a partir da sequência dos equipamentos

que a compõem e ainda os motivos que podem ocasionar paradas em cada um desses. Dessa forma, foram listadas as seguintes razões:

- Aguardando fabricação: devido a falha de planejamento, equipamentos e pessoas estão disponíveis, mas o produto ainda está em processo de fabricação.
- Esteira: defeito elétrico, defeito mecânico, manutenção preventiva e embalagem travada.
- Etiquetadora: defeito elétrico, defeito mecânico, manutenção preventiva, falta de etiqueta e reposição de etiqueta.
- Envasadora: defeito elétrico, defeito mecânico, manutenção preventiva, *setup* e falta de embalagem.
- Filtro: limpeza da malha e troca da malha.
- Colocador de tampas: defeito elétrico, defeito mecânico, falta de tampas, problema no ar comprimido e regulagem.
- Seladora: aquecimento, defeito elétrico, defeito mecânico, manutenção preventiva, problema no ar comprimido e troca de bobina.
- Paletizadora: defeito elétrico, defeito mecânico, falta de páletes, troca de bateria e problema no ar comprimido.
- Espera de Empilhador: espera por embalagem vazia e esperando buscar produto.
- Housekeeping: limpeza após o final do envase e limpeza após derrame de produto.

Assim são registradas as paradas por falha de equipamentos e ainda por *setup* (ajuste da linha para o próximo plano), que foi classificada no grupo de paradas relacionadas à envasadora, uma vez que este equipamento é o que representa um ajuste mais complexo e demorado durante todo o *setup*.

Foram então definidas todas as perdas que impossibilitam a produção durante o tempo em que a linha e a equipe estavam destinadas a este fim, ou seja, essas representam as paradas não planejadas. Durante o turno de trabalho a equipe pode ser alocada para uma outra linha, participar de treinamentos ou mesmo não haver programação para linha de produção em questão. Nesses casos, o tempo não deve ser considerado como tempo operacional, visto que se trata de paradas planejadas. Assim, além das interrupções já listadas, foram adicionadas outras que correspondem justamente às paradas planejadas, que são:

- Falta de equipe: linha parada, pois a equipe foi deslocada para outra linha.
- Falta de programação: não há produto destinado a envase na linha.
- Treinamento: parada para reuniões, palestras, ginástica laboral.
- Refeição: paradas para almoço ou jantar.

Por fim, é calculada a disponibilidade de cada linha de produção, como exposto pela fórmula (4.1).

$$ITO = \frac{\text{Tempo Total} - \text{Paradas Planejadas} - \text{Paradas Não Planejadas}}{\text{Tempo Total} - \text{Paradas Planejadas}} \quad (4.1)$$

4.2.2. Performance

Durante o tempo operacional ocorrem microparasdas que não são registradas pelo operador, por serem de curta duração. Porém, elas causam uma redução da capacidade produtiva, precisando então ser registradas. Ocorrem também falhas invisíveis e outros motivos que geram a redução da velocidade de vazão, e isso faz com que o tempo onde ocorre a produção de fato não seja usado com sua capacidade máxima.

As perdas levantadas acima (microparasdas e redução da capacidade) são responsáveis pela redução do desempenho produtivo. Geralmente essas paradas não são percebidas, o que impede a tomada de ações para sua eliminação. Para identificar e acompanhar esses danos é considerado um comparativo da velocidade de envase obtida e da velocidade que se teria em condições ótimas (velocidade padrão). Para o caso estudado foram estabelecidas as velocidades padrões para cada linha de envase e a velocidade atingida é obtida pelo acompanhamento diário da produção, considerando o tempo destinado para o envase. Com esses valores é obtida a performance do equipamento (4.2):

$$\text{Performance do equipamento} = \frac{\text{Velocidade Obtida Durante o Envase}}{\text{Velocidade Padrão}} \quad (4.2)$$

$$\text{Velocidade obtida durante o envase} = \frac{\text{Número de Embalagens Envasadas}}{\text{Tempo Efetivo de Produção (Uptime)}} \quad (4.3)$$

4.2.3. Índice de qualidade

No caso estudado o controle de qualidade do produto é feito anteriormente ao envase, ou seja, após a fabricação do produto que será envasado, uma vez que todo o tanque só será envasado se for previamente aprovado. Da mesma forma, as embalagens a serem usadas também passam por análise de qualidade por amostragem e ainda são inspecionadas durante a colocação das mesmas na linha de produção. Então, para o caso específico em análise (etapa de envase), não são identificadas perdas por itens defeituosos.

O *setup* em uma linha de envase só é considerado como concluído quando o primeiro item do plano seguinte é envasado sem problemas (como diferença de peso, por exemplo).

Assim, não se observam perdas decorrentes de defeitos no início da produção. Desse modo, para o caso em análise é considerado um índice de produção aprovado de 100%.

Diante do exposto sobre os índices usados para o cálculo do OPE, pode-se afirmar que, embora se destine ao envase um tempo relativamente grande, este não é totalmente usado para esse fim. Como pode-se ver na figura (4.1) o processo sofre perdas resultando em um tempo bem menor onde de fato há envase.

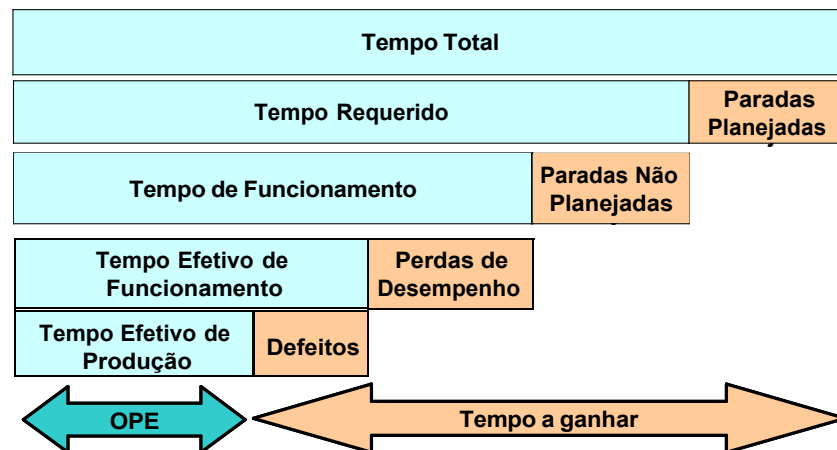


Figura 4.1 – Rendimento Operacional Global
Fonte: A autora (2007)

4.3. Análise da linha de envase de massa

A planta da empresa em estudo possui seis linhas de envase: uma de massa, duas de tinta tipo látex e duas de tinta base sintética. A princípio, será analisada apenas a primeira linha, como segue descrita abaixo:

- **Linha 1:** Destinada para o envase de massa para alvenaria e madeira em embalagens de 18L e 3,6L, é responsável por 40% do volume de produção mensal da empresa. A linha é composta por um tanque de armazenamento para colocação do produto que está sendo envasado, dois bicos de envase, cada um destinado a uma embalagem diferente, uma impressora para colocação de código de barras diretamente na embalagem, um colocador de tampas e uma paletizadora semi-automática para as embalagens de 18L; já para a embalagem de 3,6L tem-se ainda uma seladora. A equipe destinada à operação dessa linha é composta por quatro pessoas: uma colocando embalagem vazia, uma envasando, uma selando e outra paletizando. A produtividade média num turno de produção de oito horas é de 380 Litros/hora x Homem. O OPE da máquina é de 53% e o tempo médio de envase é de uma hora (considerando um lote médio de 5.000L).

As linhas da fábrica em análise possuem um *layout* semelhante, sendo cada um dos equipamentos dispostos em série e as linhas paralelas entre si. Porém, cada uma possui

características próprias, principalmente devido à diferença de viscosidade entre os produtos. No caso específico da linha 1 ocorre a transferência de todo volume a ser envasado, ou seja, após a conclusão de um plano, para que se envase o plano seguinte precisa-se transferir para o tanque de armazenamento com capacidade de 5.000L o volume desse próximo plano.

Para essa linha os valores obtidos para o OPE durante o primeiro trimestre de 2007 seguem na tabela (4.1):

Tabela 4.1. Valores do primeiro trimestre da linha de envase de massa.

	Janeiro	Fevereiro	Março
Performance	70,40%	70,18%	71,52%
Disponibilidade	75,77%	75,83%	74,87%
OPE	53,34%	53,22%	53,55%

Fonte: A autora (2007)

Nota-se que o valor para o OPE encontra-se em situação estável e com grande possibilidade de melhorias, visto que esse valor de aproximadamente 53% significa que pouco mais da metade dos recursos destinados à produção são de fatos destinados a ele.

É observado um valor baixo para a performance em comparação com a disponibilidade, deve-se então acompanhar o processo de envase para identificar as causas. Analisando com mais detalhe os valores para disponibilidade, chegou-se às causas que acarretam mais paradas na produção. Para tal análise foram levantadas as principais delas e suas porcentagens (tabela 4.2).

Tabela 4.2. Paradas não planejadas primeiro semestre da linha de envase de massa.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Acumulado
Paradas não-planejadas							29810
Aguardando fabricação	73%	71%	63%	70%	60%	66%	66,8%
Housekeeping	15%	15%	14%	16%	12%	12%	14,1%
Envasadora	7%	6%	18%	10%	14%	13%	12,1%
Seladora	0%	5%	2%	1%	3%	4%	2,1%
Espera de Empilhador	2%	0%	1%	1%	5%	4%	2,0%
Etiquetadora	2%	0%	1%	1%	4%	0%	1,4%

Fonte: A autora (2007)

Isso indica uma grande parcela de colaboração da parada aguardando fabricação na redução do OPE dessa linha.

4.3.1 Discussão de medidas para redução de perdas

Para a linha 1 (envase de massa) inicialmente foram analisados os valores obtidos para a performance durante o primeiro trimestre. O produto envasado se caracteriza por ser de alta viscosidade, merecendo então uma atenção especial para a velocidade de envase. A redução de velocidade pode ser decorrente de pequenas paradas ou mesmo por dificuldade de envase.

Com o intuito de aumentar a velocidade da envasadora, foi proposta uma alteração estrutural da mesma. O reposicionamento da bomba de modo a eliminar curvas da tubulação proporcionaria uma melhor performance de envase. Isso ocorre devido à formulação de um novo percurso a ser percorrido pelo material transferido, percurso este mais direto e sem barreiras (curvas). Em projetos de sistema de transporte é melhor usar menos curvas quanto possível, visto que estas colaboram para a queda de pressão em uma linha e também são pontos de erosão e retenção de material, formando encrustamentos na tubulação. Essa queda de pressão devido à curva acarreta em uma redução da velocidade dos sólidos transferidos.

Quando se trata de linhas totalmente automatizadas o aumento da disponibilidade é mais simples e de fácil absorção. Porém no caso de envolvimento de funcionários, deve-se fazer uma análise dos impactos ergonômicos dessa alteração. No caso estudado a etapa posterior selagem gerava breves paradas, por ser mais demorada que a etapa anterior de envase. Essas microparadas foram identificadas através de um acompanhamento da atividade de envase. Com a alteração na posição da bomba (aumento da velocidade de envase), a etapa de selagem iria tornar-se um gargalo e surgiriam registros de paradas na seladora, além de apresentar um dano ergonômico. Então, para evitar esses problemas, colocou-se uma esteira pulmão entre as duas etapas, proporcionando uma folga na etapa de selagem. Com a instalação dessa esteira foi possível o armazenamento temporário de produtos envasados, possibilitando certa folga na etapa de selagem.

Com essas alterações implementadas durante o mês de abril, podem-se obter resultados positivos no mês seguinte, como se pode observar abaixo:

Tabela 4.3. Valores do primeiro semestre da linha de envase de massa.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
Performance	70,40%	70,18%	71,52%	72,01%	74,60%	75,61%
Disponibilidade	75,77%	75,83%	74,87%	74,96%	76,18%	75,35%
OPE	53,34%	53,22%	53,55%	53,98%	56,83%	56,97%

Fonte: A autora (2007)

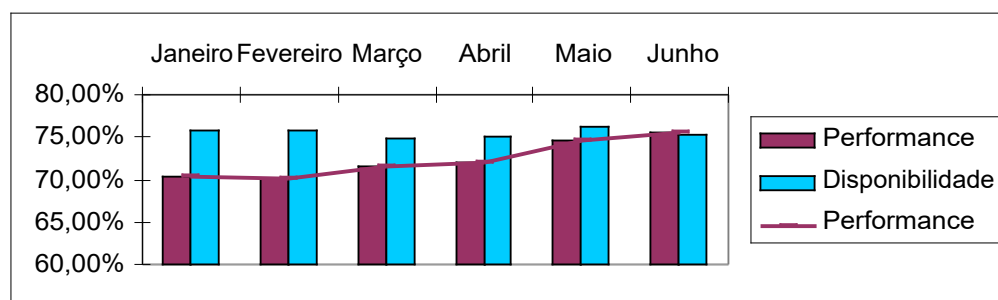


Figura 4.2. Valores do primeiro semestre da linha de envase de massa.

Fonte: A autora (2007)

Pode-se observar no gráfico acima o aumento esperado na performance da linha.

Na análise feita para os valores obtidos com a disponibilidade, observou-se como causa raiz a parada por espera da fabricação, caracterizada por representar mais de 65% das paradas não planejadas. Especificamente nessa linha tem-se apenas um tanque para o armazenamento do material que será envasado; por isso ocorre essa espera da produção da massa.

Para solucionar esse problema foi proposta a transferência de tanque que está subutilizado na área de diluição de tintas para essa área de armazenagem da massa. Com essa alteração, enquanto um tanque estiver sendo envasado o outro estará recebendo o material do próximo tanque; assim, ao término do primeiro plano o segundo será iniciado mais rapidamente, sem a grande espera que hoje é necessária. Esta medida está passando por processo de implementação e foi justificado seu investimento pelo acompanhamento dos valores do OPE.

4.4. Análise da linha de envase de tinta base água

Nesse momento será analisada uma das linhas destinadas ao envase de tintas à base de água. Esta linha possui um alto nível de flexibilidade tanto em relação às cores quanto às embalagens que podem ser envasadas nela.

- Linha 2: Permite o envase de tintas base água em embalagens de 3,6L , 3,2L, 0,9L e 0,8L; atendendo a todas as cores oferecidas no catálogo. Essa linha é responsável por 15% do volume de produção mensal da empresa. A linha é composta por uma envasadora gravimétrica automática de seis bicos, uma esteira alimentadora, um etiquetador, um colocador de tampas automático, uma seladora e uma paletizadora semi-automática. A equipe que opera é composta por quatro pessoas: a primeira coloca a embalagem vazia, a segunda opera a envasadora, outra opera a seladora e a última auxilia na formação do pálete usando a paletizadora. A produtividade média em um turno é de 469 Litros / hora x Homem, o OPE dessa linha é de 48% e o tempo médio de envase é de quatro horas e meia (considerando um lote médio de 10.000L).

No caso dessa linha, assim como nas outras de envase de tintas, o material a ser envasado é diluído em tanques com capacidades variadas (5.000L, 10.000L e 20.000L) e são armazenados neles até o momento de envase. Durante essa fase o material a ser envasado é transferido por bombeamento para uma cuba de pequena capacidade de forma contínua e simultânea ao envase.

Para essa linha os valores obtidos para o OPE durante o primeiro trimestre de 2007 foram os que seguem na tabela (4.4).

Tabela 4.4. Valores do primeiro bimestre da linha de envase de tintas a base água.

	Janeiro	Fevereiro
Performance	83,01%	82,86%
Disponibilidade	57,94%	57,82%
OPE	48,10%	47,91%

Fonte: A autora (2007)

Embora essa linha represente uma participação no volume total menor que a linha 1, tem-se uma capacidade de incrementar esse volume total, a partir da utilização mais eficiente dos recursos destinados a essa linha. Mesmo diante de uma participação menor no volume, os resultados positivos são valorosos, uma vez que a linha 2 está relacionada a uma gama de produtos mais variados e de maior valor agregado que a linha 1.

Analisando com mais detalhe os valores para disponibilidade, foram identificadas as causas que acarretam mais paradas na produção. Para tal análise foram levantadas as principais delas e suas porcentagens, como no gráfico de Pareto (figura 4.3).

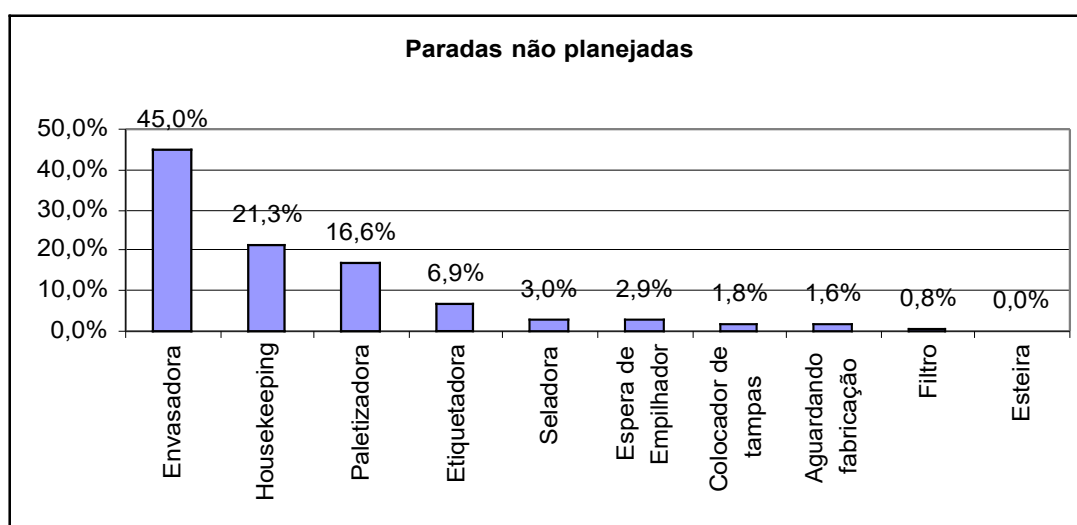


Figura 4.3. Gráfico de Pareto para as paradas não planejadas da linha de envase de tinta base água.

Fonte: A autora (2007)

A partir das observações desse gráfico nota-se que a parada de maior proporção é na envasadora. Examinando as causas relacionadas a esta, observou-se que quase todas são devido ao *setup*. Assim, pode-se identificar como causa raiz das perdas por parada o tempo perdido para *setup*, e ainda outra causa de relevância que são as paradas ocorridas na paletizadora e na etiquetadora.

4.3.1 Discussão de medidas para redução de perdas

Para a linha 2, que corresponde ao envase de tintas a base de água, foram analisados os valores obtidos para a disponibilidade da linha. Com destaque foi percebido o tempo parado para *setup*, o que na prática ocorre para todas as linhas de envase de tintas da fábrica em análise.

Com o intuito de reduzir esse tempo foi realizado o mapeamento dos processos, analisando todas as operações desenvolvidas durante o *setup*. Assim, foi feito um acompanhamento das atividades produtivas registrando e medindo o tempo que uma pessoa gasta para realizar tais atividades. Isso é feito com a finalidade de encontrar o melhor método de se executar uma tarefa e treinar as pessoas com esse novo método.

Para reduzir o tempo gasto com o reabastecimento do material usado durante a etapa de selagem foi delimitada uma área próxima à seladora destinada ao armazenamento dos rolos de filme e papelões que serão usados durante todo o dia de produção.

Outra medida identificada foi a mudança da forma de lavagem da envasadora. A princípio esta era feita com o auxílio de esguicho de água e para tal eram necessários dois operadores, uma vez era necessário uma pessoa para a abertura dos bicos. Após análise conjunta da produção com a área de manutenção foi identificada a possibilidade de se fazer essa lavagem com a abertura dos bicos de modo automático, o que permitiu a realocação de uma pessoa durante o *setup*, reduzindo, assim, o tempo total de tal parada.

Para a redução das paradas da paletizadora, se faz necessário um acompanhamento mais intenso da equipe de manutenção, uma vez que a principal causa para paradas nesse equipamento são falhas elétricas. Essas falhas estão ocorrendo porque o equipamento tem recente instalação e ainda está passando por um processo de adaptação tanto para a equipe de produção como para a de manutenção. Assim, foram reestruturados os turnos dos técnicos de manutenção, formando esquema de plantões para que o tempo médio para reparo fosse minimizado.

A partir das medidas tomadas durante o mês de março, já se pode obter o acréscimo do valor do OPE durante o mesmo mês, visto que as alterações propostas são de rápida implementação, como pode ser visto na tabela (4.5).

Tabela 4.5. Valores do primeiro semestre da linha de envase de tintas a base água.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
Performance	83,01%	82,86%	81,79%	83,39%	82,93%	83,85%
Disponibilidade	57,94%	57,82%	62,39%	61,32%	62,08%	60,72%
OPE	48,10%	47,91%	51,03%	51,13%	51,48%	50,91%

Fonte: A autora (2007)

Pode-se observar na tabela acima o aumento esperado na disponibilidade da linha de produção. Isso ocorreu devido à redução do tempo parado para *setup* e do tempo médio para reparo principalmente em falhas ocorridas na paletizadora.

4.5. Principais impactos e conseqüências da implementação

Como se pode observar, o acompanhamento do rendimento operacional global possibilita a identificação de perdas de maior relevância, além de mostrar em curto prazo os resultados alcançados.

Para o desenvolvimento do estudo de caso inicialmente fez-se uma avaliação do sistema como um todo, e a partir daí apontou-se as necessidades de utilizar as melhorias dos tempos. Com a análise dos dados disponibilizados pelo acompanhamento de OPE pode-se identificar as causas raízes, e então propor ações mais impactantes para de fato aumentar o Índice de Rendimento Operacional Global (OPE).

Os ganhos que podem ser obtidos são constantes, uma vez que ao se solucionar as perdas de maior representatividade, outras que até então não tinham um percentual de destaque são evidenciadas. Além disso, os valores referentes ao OPE ainda indicam que há uma capacidade instalada bem maior que a de fato utilizada.

Algumas medidas são atreladas ao envolvimento de outras áreas, principalmente a manutenção, uma vez que são identificadas as falhas mais freqüentes nos equipamentos. Outras medidas necessitam de maior esforço, pois exigem envolvimento de outras áreas, maior tempo e grande investimento financeiro, o que dificulta as ações para melhoria. Isso pode ser observado no caso da instalação do tanque de armazenamento para a linha de massa, que ainda está em processo de implementação devido à grande necessidade de recursos e esforço.

5. Conclusões

A partir deste trabalho foi possível conhecer e avaliar a contribuição da identificação das perdas, visualizadas a partir do acompanhamento do indicador referente ao rendimento operacional global. Para tal, foi feito um monitoramento do indicador em duas linhas de envase durante o estudo de caso.

Para se atingir os objetivos do trabalho foi seguida uma sistemática de exploração, contendo quatro segmentos principais: revisão bibliográfica, caracterização do problema, apresentação e discussão da aplicação no caso e análise dos resultados da abordagem aplicada.

A revisão bibliográfica, apresentada no segundo capítulo, focalizou assuntos relacionados entre si e com o objeto do estudo, apontando os principais enfoques e diferentes opiniões registrados na literatura consultada. O conjunto de informações provindas da pesquisa bibliográfica deu suporte à realização do estudo de caso. Anteriormente à apresentação do caso estudado, os aspectos do problema a ser tratado foram expostos, caracterizando as linhas de envase usadas durante o estudo de caso.

Esse projeto apresentou de modo simples e com clareza como a utilização do OPE, que tem como objetivos: melhorar a eficiência das máquinas e diminuir: o tempo sem operação (*downtime*), as perdas da velocidade e as perdas da qualidade. Com esse intuito, esse indicador foi usado na identificação dos principais prejuízos, apontando, assim, as causas que apresentam maiores oportunidades de melhorias.

O desafio de implementar as melhorias observadas em uma linha de produção possui muitas barreiras. Esses impedimentos são mais psicológicos do que físicos, uma vez que as mudanças propostas necessitavam de áreas diferentes e dedicação de todos. Porém, o objetivo de melhorar a eficiência das linhas de produção pôde ser alcançado com a persistência da equipe em obter esse envolvimento. Barreiras, como as citadas acima, só puderam ser superadas com o total apoio da alta direção, que ajudou a financiar e derrubar mitos existentes na empresa.

5.1 Limitações do trabalho

O estudo teve algumas limitações que impediram uma análise mais profunda de uma linha de envase. As barreiras encontradas estão descritas abaixo:

- Necessidade de muitas adaptações para que se possa aplicar em envase de outro tipo de indústria, devido às particularidades de cada linha;

-
- Dificuldade de reunir periodicamente pessoas de diversas áreas para a análise dos dados;
 - Abordagem limitada a cinco tipos de embalagens diferentes, no volume: 18L, 3,6L, 2,4L, 0,9L e 0,8L, uma vez que o volume a ser envasado influi na velocidade da linha de envase;
 - A falta de uma política de manutenção específica para alguns equipamentos críticos para o envase, o que diminuía a disponibilidade da linha, afetando o índice do OPE.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Como recomendações para futuros trabalhos nessa área de identificação de perdas em linha de envase ficam as sugestões abaixo:

- Analisar o trabalho para uma linha de envase toda automatizada;
- Abordar o estudo para o envase em embalagens em volumes diferentes;
- Estudar a metodologia de um ramo diferente do qual a abordagem foi aplicada;
- Adotar uma política de manutenção que garanta a disponibilidade dos equipamentos, inibindo a alta frequência de quebras;
- Analisar o uso da Manutenção Produtiva Total (TPM) nas linhas de envase, uma vez que foi observada a sua relevância e possibilidade de melhoria da performance dos equipamentos e conseqüentemente da produção;
- Estudar a partir de uma abordagem probabilística os indicadores usados.

Espera-se que as sugestões acima apresentadas sejam capazes de despertar o interesse para futuras pesquisas acadêmicas.

Referências Bibliográficas:

- ALMEIDA, A. T. & SOUZA, F. M. C. *Gestão da Manutenção: na Direção da Competitividade*. Recife, Editora Universitária da UFPE, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FABRICANTES DE TINTAS - ABRAFATI .
Disponível em : <<http://www.abrafati.com>>. Acesso em: 06 jul. 2007.
- Association Française de Normalization – AFNOR. Disponível em:
<http://www.afnor.org/portail.asp>. Acesso em: 02 jul. 2007
- BAMBER, C. J. Cross: functional team working for overall equipment effectiveness. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Preston, 3(9): 223-238, 2003.
- BRITTO, R. P. & PEREIRA, M. A. Manutenção Autônoma: estudo de caso em empresa de porte médio do setor de bebidas. In: SEMINÁRIOS DE ESTUDOS DE ADMINISTRAÇÃO DA USP, São Paulo, 2003. VII SEMEAD. Disponível em:
<<http://www.ead.fea.usp.br/semead/>> Acesso em: 02 jul. 2007.
- COSTA, R. A. C. & CLETO, M. G. Rendimento operacional global e o pensamento enxuto: abordagens convergentes na indústria de manufatura. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 12, Curitiba, 2002. Anais de Resumos. Curitiba, ABEPRO, 2002. p. 70.
- CHIAVENATO, Idalberto. *Introdução à teoria geral da administração*. 6. ed. Rio de Janeiro, Campus, 2000.
- DAL, B.; TUGWELL, P.; GREATBANKS, R. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement: a practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, Londres, 20 (12): 1488-1502, 2000.
- DAS, K.; LASHKARI, R. S.; SENGUPTA, S. Machine reliability and preventive maintenance planning for cellular manufacturing systems. *European Journal of Operational Research*, 183 (1): 162-180, nov./2007.
- DEVREE – FILLING MACHINES. Disponível em: <<http://www.devree.com>>. Acesso em: 30 jun. 2007.
- EQUINOTEC. Disponível em: <<http://www.equinotec.com/>>. Acesso em: 30 jun. 2007.
- ERICSSON, J. Disruption Analysis - an important tool in lean production. Suécia, 1997. (master's degree - Lund University)
- ERLI MÁQUINAS. Disponível em: <<http://www.erli.com.br>>. Acesso em: 30 jun. 2007.
- FERREIRA, F. P. Análise da implantação de um sistema de manufatura enxuta em uma empresa de autopeças. Taubaté, 2004. 180p. (Mestrado – Universidade de Taubaté)
- IDHAMMAR, Christer. *Operations + Maintenance = Production*. Disponível em:
<<http://www.idcon.com/article-opera1.htm>>. Acesso em: 05 jul. 2007.

-
- JONSSON, P. & LESSHAMMAR, M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, Londres, 19 (1): 55-78, 1999.
- KOTZE, D. Consistency, accuracy lead to maximum OEE benefits. *TPM Newsletter*, Noruega, 4 (2), nov./1993.
- LEITE, F. J. T. Diretrizes para integração das atividades de manutenção com atividades de produção - (estudo de caso). Niterói, 2006. 126p. (Mestrado - Universidade Federal Fluminense)
- LOIOLA, E.; BASTOS, A. V. B.; AQUINO, J. C. T. A adoção de práticas inovadoras de organização e produção no Brasil. In: X SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, 10, Bauru, 2003. *Anais do X SIMPEP*, 13.
- MAHADEVAN, S. Automated Simulation Analysis of Overall Equipment Effectiveness Metrics. Madras, 2004. 74p. (Master of Science - University of Madras)
- HÖGFELDT, D. Plant Efficiency: a value stream mapping and overall equipment effectiveness study. 2005. 93p. (Master of Science - Lulea University of Technology)
- MAQUINAPACK- MÁQUINAS PARA EMBALAGEM. Disponível em: <<http://www.maquinapack.com.br/>>. Acesso em: 30 jun. 2007.
- MENEZES, H. B. & ALMEIDA, A. T. *TPM – Manutenção Produtiva Total*: da concepção conceitual a implantação. In: ALMEIDA, A. T. & SOUZA, F. M. C. (Org.). *Gestão da Manutenção na Direção da Competitividade*. Recife: Editora Universitária da UFPE, p.91-112, 2001.
- MOREIRA, D. A. *Administração da produção e operações*. 3 ed. São Paulo, Pioneira, 1998.
- NAKAJIMA, S. *Introduction to TPM* total productive maintenance, Cambridge Mass, Productivity Press, 1988.
- ORTIS, R. A. B. A Implantação do Programa TPM na Área de Estamparia da Volkswagen – Taubaté: análise de resultados. Taubaté, 2004. 104p. (Graduação – Universidade de Taubaté)
- PINJALA, S. K.; PINTELON, L.; VEREECKE, A. An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies. *International Journal of Production Economics*, 104 (1): 214-229, Nov./2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09255273>>. Acesso em: 04 jul.2007.
- PRODISMAQ. Disponível em: <<http://www.prodismaq.com.br/>>. Acesso em: 30 jun. 2007.
- SERAC GROUP. Disponível em: <<http://www.serac-group.com>>. Acesso em: 30 jun. 2007.
- SHERWIN, D. A review of overall models for maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Londres, 6 (3): 138-164, 2000.
- SIQUEIRA, I. P. *Manutenção centrada na confiabilidade*: manual da implementação. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 2 ed. São Paulo, Atlas, 2002

WILLIAMSON, Robert M. *Don't be Misled by O.E.E. Measure of Equipment Effectiveness Often Misused*. Disponível em:
<http://www.reliabilityweb.com/art04/misled_by_oe.htm>. Acesso em: 05 jul. 2007.