

TIAGO SONO ALVES DE AZEVEDO

**PLANEJAMENTO DA
CAPACIDADE PRODUTIVA EM
UMA INDÚSTRIA GRÁFICA**

**Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do diploma de Engenheiro de Produção
Área Mecânica**

Orientador:

Dario Ikuo Miyake

São Paulo

2004

TIAGO SONO ALVES DE AZEVEDO

**PLANEJAMENTO DA
CAPACIDADE PRODUTIVA EM
UMA INDÚSTRIA GRÁFICA**

**Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do diploma de Engenheiro de Produção
Área Mecânica**

Orientador:

Dario Ikuo Miyake

São Paulo

2004

FICHA CATALOGRÁFICA

Azevedo, Tiago Sono Alves de
Planejamento da capacidade produtiva em uma indústria
gráfica / Tiago Sono Alves de Azevedo. -- São Paulo, 2004.
103 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universida-
de de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Planejamento da produção 2. Produtividade 3. Indústria
gráfica e editorial I. Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

À minha família

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dario Ikuo Miyake, pela orientação e contribuições;

Aos da Ibratec, em especial à Patrícia e Renê, que em muito contribuíram para a execução deste trabalho, com muita atenção e boa vontade em me ajudar;

Aos amigos, sempre presentes, não só neste último ano, como em todos os outros;

À minha família, por tudo de bom que aconteceu comigo até hoje.

RESUMO

O presente trabalho apresenta um planejamento da capacidade produtiva em uma indústria gráfica. A empresa onde este estudo foi realizado foi a Ibratec Artes Gráficas Ltda., especializada na produção de embalagens em papel cartão.

Inicialmente foi feita uma previsão de vendas a médio/longo prazo, tendo que para isso fazer uma análise de mercado bem como dos diversos fatores que o influenciam. Então foi analisada a capacidade de produção do setor de impressão e com auxílio do *Overall Equipment Effectiveness – OEE*, que é um indicador do rendimento dos equipamentos que considera tanto os aspectos de produtividade, quanto os de qualidade envolvidos no processo, pôde-se verificar como ocorrem as principais perdas na utilização da capacidade e propor melhorias para aumentar a produtividade.

Dessa forma, com este trabalho conseguiu-se estimar até quando a capacidade existente suportará a demanda e ele poderá servir de base para a tomada de futuras decisões estratégicas para a empresa.

ABSTRACT

This paper presents the productive capacity planning applied to a graphic industry. The company, where this study was conducted is Ibratec Artes Gráficas Ltda., specialized in the “cardboard” packing production.

Initially it was performed a medium/long term sales forecast based on the market analysis. After that, the production capacity of the printing sector was analyzed and then, with the Overall Equipment Effectiveness – OEE, which considers aspects of availability, productivity and processes quality, the assessment of the productive processes was done, identifying major losses in capacity utilization and proposing process improvements to increase productivity.

Summing up, this paper accomplished to estimate how long the current productive capacity can fulfill the demand and this work will provide useful information to future strategic decisions of the company.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----------|
| <i>Capítulo 1 - INTRODUÇÃO</i> | 1 |
| 1.1 A Empresa | 1 |
| 1.2 Produtos | 1 |
| 1.3 Processo Produtivo | 3 |
| 1.4 Definição do Problema | 8 |
| 1.5 Estágio | 9 |
| <i>Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA</i> | 11 |
| 2.1 Previsão de Vendas | 11 |
| 2.1.1 Prazo de Previsão | 12 |
| 2.1.2 Erros das Previsões | 14 |
| 2.2 Capacidade | 15 |
| 2.2.1 Caso de um produto | 15 |
| 2.2.2 Caso de vários produtos | 17 |
| 2.2.3 Recurso limitante | 18 |
| 2.2.4 Gargalo | 18 |
| 2.3 Overall Equipment Effectiveness | 18 |
| 2.3.1 Manutenção Produtiva Total | 19 |
| 2.3.2 As Sete Grandes Perdas | 21 |
| 2.3.2.1 Quebra de equipamento | 24 |
| 2.3.2.2 Perdas de <i>Set-up</i> e Ajustes | 25 |
| 2.3.2.3 Perdas por utilização | 26 |
| 2.3.2.4 Perdas no <i>start-up</i> | 26 |
| 2.3.2.5 Perdas por velocidade reduzida | 27 |
| 2.3.2.6 Paradas documentadas/Operações em vazio e pequenas paradas | 28 |
| 2.3.2.7 Defeitos de qualidade no processo | 29 |
| <i>Capítulo 3 – PREVISÃO DE VENDAS</i> | 31 |
| 3.1 Análise do Histórico da Empresa | 31 |
| 3.2 Análise Geral da Economia | 36 |
| 3.3 Análise de Produtos Substitutos | 37 |
| 3.4 Análise do Setor Alimentício | 41 |
| 3.5 Análise dos Principais Concorrentes | 43 |
| 3.6 Análise Conjunta | 44 |
| <i>Capítulo 4 – LEVANTAMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA</i> | 50 |
| 4.1 Identificação do Recurso Gargalo | 50 |
| 4.2 Descrição das Máquinas Existentes | 51 |

| | |
|--|------------|
| 4.3 Estudo da Capacidade Produtiva de cada Máquina | 54 |
| 4.4 Capacidade Produtiva Total da Fábrica | 56 |
| <i>Capítulo 5 – AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE</i> | 57 |
| 5.1 Índice de Tempo Operacional | 57 |
| 5.2 Índice de Desempenho Operacional | 58 |
| 5.3 Índice de Produtos Aprovados | 59 |
| 5.4 Cálculo do OEE | 60 |
| 5.5 Análise do OEE | 70 |
| <i>Capítulo 6 – ANÁLISE DAS OPERAÇÕES DE SET-UP</i> | 71 |
| 6.1 Análise do Set-up Atual | 71 |
| 6.1.1 Metodologia | 71 |
| 6.1.2 Set-up interno X Set-up externo | 72 |
| 6.1.3 Gráfico de atividades | 74 |
| 6.2 Propostas de Melhoria | 78 |
| 6.3 Quantificação da Melhoria | 83 |
| 6.3.1 Cálculo do OEE com as melhorias | 85 |
| 6.3.2 Adaptação da melhoria às outras máquinas | 86 |
| 6.4 Outras Oportunidades de Melhorias | 92 |
| 6.4.1 Melhoria na programação dos pedidos | 92 |
| 6.4.2 Melhoria no tempo de aprovação | 94 |
| <i>Capítulo 7 – CONCLUSÃO</i> | 96 |
| 7.1 Confronto entre Previsão de Vendas e Capacidade | 96 |
| 7.2 Conclusões Finais | 99 |
| <i>BIBLIOGRAFIA</i> | 101 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabela 1: Previsões de vendas</i> | <i>48</i> |
| <i>Tabela 2: Resumos das diferenças entre as máquinas</i> | <i>56</i> |
| <i>Tabela 3: Resumo OEE</i> | <i>69</i> |
| <i>Tabela 4: Classificação das atividades (set-up interno X set-up externo)</i> | <i>73</i> |
| <i>Tabela 5: Resumo OEE com melhorias</i> | <i>91</i> |
| <i>Tabela 6: Distribuição dos pedidos nas impressoras</i> | <i>94</i> |
| <i>Tabela 7: Capacidade efetiva atual</i> | <i>97</i> |
| <i>Tabela 8: Capacidade efetiva com melhorias</i> | <i>97</i> |
| <i>Tabela 9: Capacidade efetiva com aumento de horas trabalhadas</i> | <i>98</i> |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1: Tipos de Cartuchos</i> | 3 |
| <i>Figura 2: Fluxograma</i> | 8 |
| <i>Figura 3: Hipóteses de comportamento de vendas</i> | 13 |
| <i>Figura 4: Relação entre o OEE e as Sete Grandes Perdas</i> | 23 |
| <i>Figura 5: As cinco forças competitivas</i> | 35 |
| <i>Figura 6: Matérias-primas de embalagens</i> | 38 |
| <i>Figura 7: Impressora Roland 700</i> | 52 |
| <i>Figura 8: Impressora Roland 6 cores</i> | 52 |
| <i>Figura 9: Impressora Miehle 4 cores</i> | 53 |
| <i>Figura 10: Impressora Rekord 2 cores</i> | 53 |
| <i>Figura 11: Impressora Rekord Ultra</i> | 54 |
| <i>Figura 12: Classificação das Perdas no OEE</i> | 61 |
| <i>Figura 13: Componentes da impressora Roland 700</i> | 72 |
| <i>Figura 14: Tipos de Gráficos de Atividades</i> | 74 |
| <i>Figura 15: Alterações no set-up para pedidos com 4, 5 e 6 cores</i> | 84 |
| <i>Figura 16: Atividades que poderiam ser eliminadas com a melhoria na programação</i> | 93 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----------|
| <i>Gráfico 1: Capacidade de produção das seções</i> | <i>16</i> |
| <i>Gráfico 2: Quantidade de folhas impressas – anual</i> | <i>32</i> |
| <i>Gráfico 3: Quantidade de folhas impressas – mensal (2003/2004)</i> | <i>33</i> |
| <i>Gráfico 4: Estratificação (número de cores)</i> | <i>33</i> |
| <i>Gráfico 5: Previsão de folhas impressas com base no histórico</i> | <i>34</i> |
| <i>Gráfico 6: Correlação entre variações percentuais de Produção de Embalagem e PIB</i> | <i>36</i> |
| <i>Gráfico 7: Percentual de receita líquida de venda para cada tipo de embalagem</i> | <i>41</i> |
| <i>Gráfico 8: Participação dos setores na produção (número de folhas impressas)</i> | <i>42</i> |
| <i>Gráfico 8: Quantidade de folhas impressas (Ibratec X Brasilgráfica)</i> | <i>44</i> |
| <i>Gráfico 9: Previsão de vendas por família de produtos</i> | <i>47</i> |
| <i>Gráfico 10: Previsão de vendas total</i> | <i>49</i> |
| <i>Gráfico 11: OEE Roland 700 atual</i> | <i>63</i> |
| <i>Gráfico 12: OEE Roland 6 cores atual</i> | <i>65</i> |
| <i>Gráfico 13: OEE Miehle 4 cores atual</i> | <i>66</i> |
| <i>Gráfico 14: OEE Rekord 2 cores atual</i> | <i>67</i> |
| <i>Gráfico 15: OEE Rekord Ultra atual</i> | <i>69</i> |
| <i>Gráfico 16: Gráfico Homem-Máquina atual</i> | <i>77</i> |
| <i>Gráfico 17: Gráfico Homem-Máquina com as propostas de melhoria</i> | <i>82</i> |
| <i>Gráfico 18: OEE Roland 700 com melhoria</i> | <i>86</i> |
| <i>Gráfico 19: OEE Roland 6 cores com melhoria</i> | <i>89</i> |
| <i>Gráfico 20: OEE Miehle 4 cores com melhoria</i> | <i>91</i> |
| <i>Gráfico 21: Previsão de vendas X Capacidade</i> | <i>98</i> |

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

1.1 A Empresa

A Ibratec Artes Gráficas Ltda. é uma empresa fabricante de embalagens semi-rígidas em papel cartão que iniciou suas atividades em 1.987. Atualmente localiza-se na cidade de Barueri em uma área de 22.000 m² sendo 9.000 m² de área construída e conta com cerca de 170 funcionários, sendo 25 administrativos.

A Ibratec dedica-se a prover soluções com o mais alto padrão de qualidade e inovação em desenvolvimento a custos competitivos. Dessa forma vem crescendo uniformemente a taxas elevadas, mantendo assim, um papel de destaque no setor em que atua.

Este crescimento se deve em grande parte à Política da Qualidade que, de forma geral, direciona as atividades da empresa como um todo. É ela:

“Projetar, desenvolver, produzir e entregar produtos e serviços, no prazo, que estarão em total conformidade com as expectativas de nossos clientes”

1.2 Produtos

A Ibratec é responsável pelo fornecimento de embalagens em papel cartão e micro ondulado das mais diferentes formas e dimensões, podendo oferecer diversos tipos de acabamento dependendo das necessidades de seus clientes. Ela produz desde embalagens de transporte até embalagens de consumo, que é seu principal produto.

Devido a esta flexibilidade a Ibratec fornece para os mais diversos setores do mercado, destacando-se o alimentício, o de higiene e limpeza, o de cosméticos, o automotivo e o farmacêutico. Como principais clientes, pode-se destacar:

- Nestlé Brasil Ltda;
- Arcor do Brasil Ltda;
- Sadia S/A;
- Bayer S/A;
- Danone S/A;
- Reckitt Benckiser Ltda;
- L'Oréal Group;
- Microlite S/A;
- DM Indústria Farmacêutica Ltda;
- Yoki Alimentos S/A;
- Cadbury Adams Brasil Ind. e Com. de Produtos Alimentícios;
- Masterfoods Brasil Alimentos Ltda (Effem);
- Schaeffler Brasil Ltda (INA, FAG e LUK).

Com esta grande variedade de clientes, entre outros, pode-se imaginar o número de diferentes tipos de embalagens produzidas pela Ibratec. Apenas para oferecer uma visualização das possibilidades de diversificação de formas e tamanhos, na Figura 1 são apresentados alguns tipos de cartuchos, já que é muito complicado descrevê-los:

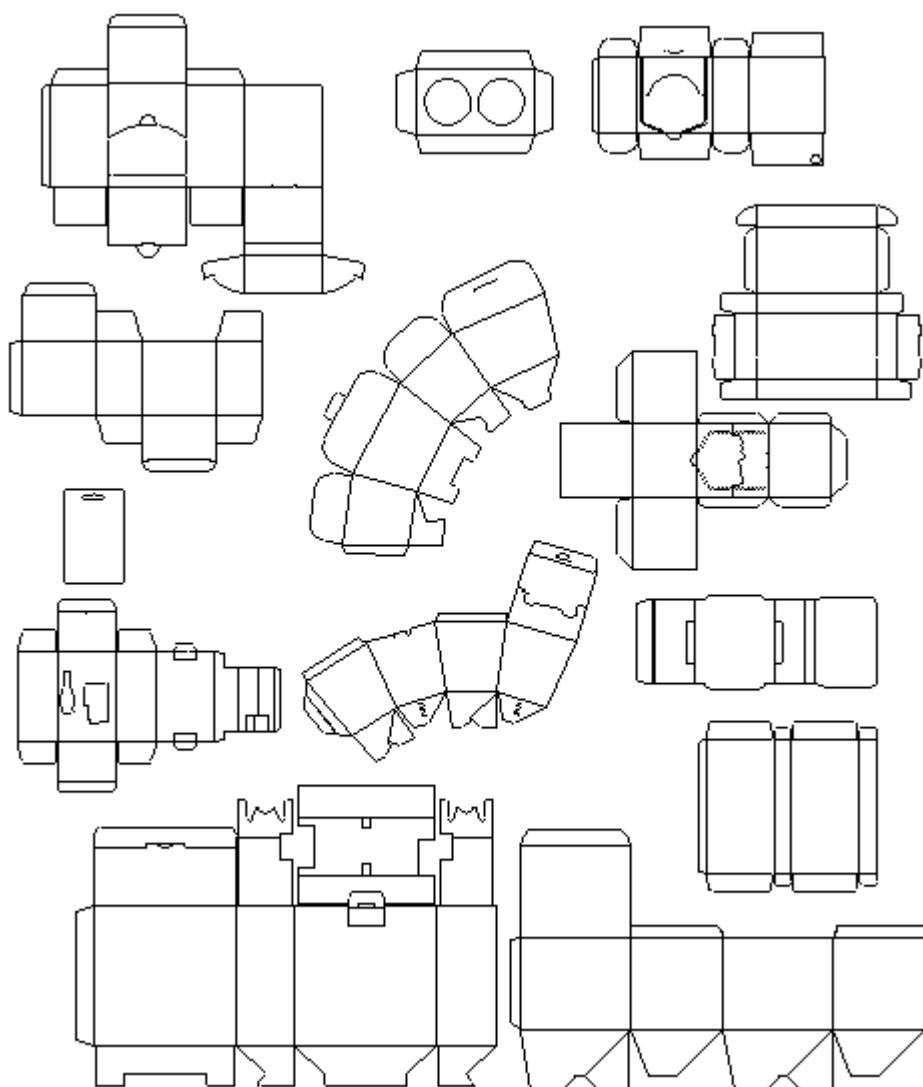


Figura 1: Tipos de Cartuchos

1.3 Processo Produtivo

Composta dos mais modernos recursos atualmente existentes a Ibratec detém um nível de qualidade e agilidade indispensável para estar presente no mercado de embalagens. Sempre empenhada em conhecer o que há de melhor no mercado a empresa consegue oferecer boas condições de atendimento as exigências dos seus clientes.

Abaixo está descrito um pouco sobre alguns dos setores que estão mais envolvidos com a produção:

➤ Desenvolvimento de produtos

Utilizando o sistema de CAD específico para embalagens (*Impact*), consegue-se buscar as melhores soluções em termos de criatividade e economia de material.

Aliado a este software o departamento de desenvolvimento conta com o Plotter HSP 1613 NC da *Lasercomb*, que possibilita cortar amostras com precisão e rapidez. Com ele o cliente recebe grandes variedades de amostras, em cartão ou em micro ondulado, em curto espaço de tempo acelerando o processo de criação de seus produtos.

Neste departamento também são feitos os desenhos das facas utilizadas no setor de corte e vinco, que são encaminhados aos fornecedores.

➤ Pré-impressão digital

Com o sistema digital recentemente instalado a Ibratec disponibiliza para seus clientes muita modernidade e agilidade em termos de tratamento de imagem, montagem eletrônica, *imagesetters* e provas contratuais digitais e gravação de chapas digitais.

Contando com modernas estações MAC´s e PC´s, softwares especializados na área gráfica de embalagens, Cromalins Digitais, CTF (*Computer to Film - Imagesetter*) e CTP (*Computer to Plate*), a empresa se torna apta para executar os trabalhos mais complexos do mundo digital satisfazendo assim as expectativas de seus clientes.

A grande vantagem deste setor para o fotolito manual (convencional), está na praticidade e segurança. Este departamento recebe a arte em arquivo digital dos clientes e o desenho de faca do departamento de desenvolvimento, faz os reparos necessários, a montagem e confecciona as chapas que serão entregues ao setor de impressão. Estas chapas por serem feitas digitalmente, asseguram que todos os

cartuchos tenham exatamente as mesmas posições em cada chapa (uma para cada cor). Isto facilita e agiliza os ajustes realizados durante os *set-ups* na impressão.

➤ Impressão offset

Por possuir máquinas de impressão com capacidade de até 6 cores impressas em linha com verniz alto brilho ou acabamento em verniz UV (ultra violeta), consegue-se adequar o setor de impressão para atender o mais alto grau de exigência de pedidos.

Uma qualidade de impressão aliada a uma reprodução precisa e uniforme das cores são garantidos através de modernos sistemas de controle das máquinas de impressão. Sistemas automatizados auxiliam nas trocas de trabalho resultando assim em maior flexibilidade e custos reduzidos.

O setor de impressão pode receber os cartões diretamente do estoque de matéria prima ou das guilhotinas, quando for necessário ajustar o formato das folhas. Após impressas, as folhas, são encaminhas, em pallets, ao setor seguinte que é o de corte e vinco.

➤ Corte e vinco

Este setor conta com modernos equipamentos bastante automatizados equipados com dispositivos especiais de destaque, que permitem alto grau de precisão no corte das embalagens mesmo em velocidade de produção elevada. Estas máquinas também podem fazer relevos nas embalagens, quando necessário.

Neste setor os pallets já impressos entram nas máquinas, que cortam e vincam as folhas uma a uma e muitas vezes até retiram as aparas existentes entre os cartuchos.

➤ Destaque

Este setor é totalmente manual, onde os funcionários com o auxílio de martelinhos retiram as aparas existentes entre os cartuchos, soltando-os uns dos outros. Desta forma, os cartuchos já estão prontos para serem encaminhados para o setor de acabamento.

➤ Acabamento

A presença de máquinas de fechamento também bastante modernas, contendo dispositivos especiais de fechamento (dobra) e colagem, possibilita a montagem dos mais diferentes tipos de embalagens.

É também neste setor o local onde os cartuchos são embalados em caixas, sendo então encaminhadas para o setor de expedição.

➤ Garantia da Qualidade

O departamento da Garantia da Qualidade da Ibratec Artes Gráficas Ltda. é estruturado de forma a garantir o atendimento aos requisitos do cliente. Essa garantia passa pelos controles sobre toda a documentação relacionada a cada produto (como especificações e padrões de cores) e pelos controles de processo, incluindo o recebimento de matérias-primas, acompanhamento da produção e inspeção final.

O Sistema da Qualidade da Ibratec tem como base o atendimento às principais normas de GMP (*Good Manufacturing Practices*), o que é fundamental para o atendimento às exigências sobre a produção de embalagens para todos setores da indústria principalmente alimentícia, de higiene, farmacêutica, entre outras. O Sistema é certificado pelo NQS (*Nestlé Quality System*), que é uma norma internacional extremamente rigorosa nos aspectos de GMP, incluindo instalações, higiene e controles de processo.

➤ Expedição

Com um rígido controle do seu estoque de acabados e uma boa área para estoque, a Ibratec despacha seus produtos para todas as regiões do país e até mesmo para outros países no prazo e na quantidade adequada às necessidades de seus clientes.

Para facilitar a visualização da seqüência de operações realizadas pelos departamentos ligados à produção e o fluxo de materiais foi feito um fluxograma em ramos dividido em Departamento de Desenvolvimento de Produtos, Departamento de Pré-Impressão e Produção propriamente dita, que engloba os setores de impressão, corte e vinco, destaque, acabamento, garantia da qualidade e expedição, descritos a cima.



Figura 2: Fluxograma

1.4 Definição do Problema

Atualmente, a empresa não possui um estudo que demonstre a real capacidade de produção, bem como a produtividade de seus principais processos.

Estas informações, que não estão registradas, fazem com que muitas decisões sejam feitas a partir de “intuições” de determinados funcionários. E é provável que nem sempre estas atitudes sejam as mais favoráveis para o bom desempenho da empresa.

Um exemplo disso está na aleatoriedade de distribuição dos pedidos pelas diferentes máquinas de impressão. Tais máquinas possuem características diferentes e podem não estar sendo utilizadas da maneira mais produtiva.

Como a empresa vem aumentando seu potencial nos últimos anos, este trabalho visa inicialmente fazer uma previsão de vendas a médio/longo prazo, partindo de uma análise do mercado bem como dos diversos fatores que o influenciam.

Feito isso, segue-se para fase de análise do maquinário existente, principalmente o da impressão, que é o principal setor dentro de uma empresa gráfica, de modo a verificar a real capacidade de produção. Num passo seguinte, verifica-se a possibilidade de implantação de melhorias para proporcionar um aumento na produtividade, já que este setor é considerado, atualmente, o gargalo da empresa.

Com isso, pretende-se prever até quando a capacidade existente poderá suportar o atendimento da demanda, e planejar o momento de se fazer novos investimentos.

Concluindo, este trabalho visa desenvolver um diagnóstico para verificar as possibilidades de aumento da produtividade em vista da variação da demanda. Isso poderá ajudar a empresa na tomada de decisões, tanto em no curto como no médio prazo, pois funcionará como uma base de apoio para tais ações.

1.5 Estágio

O estágio realizado na Ibratec Artes Gráficas Ltda. iniciou-se em outubro de 2003. O departamento de atuação do autor do trabalho é o de Desenvolvimento de Produtos que proporciona bastante liberdade para desempenhar funções tais como:

- desenvolvimento e confecção de amostras de novas embalagens com o auxílio do software Impact e de um Plotter;
- alterações em produtos já existentes;

- montagem do layout dos cartuchos (embalagens) de forma a minimizar a perda de matéria prima;
- confecção do desenho e encaminhamento dos pedidos de facas aos fornecedores;
- confecção de um pré-orçamento dos pedidos.

Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Previsão de Vendas

Segundo CORRÊA (2000), o processo e previsão de vendas é possivelmente o mais importante dentro da função de gestão de demanda. Um dos problemas da previsão de vendas é que nunca conseguimos uma previsão totalmente correta, normalmente fica muito longe disto. Como a previsão é uma das informações mais importantes para o planejamento, conclui-se que qualquer processo de planejamento sofre em virtude dos erros de previsão.

As incertezas das previsões e os erros correspondentes provêm de duas fontes distintas. A primeira delas corresponde ao próprio mercado, que, dada sua natureza, pode ser bastante instável e de baixa previsibilidade. A segunda corresponde ao sistema de previsão, que, com base em várias informações coletadas no mercado e em dados históricos, gera uma informação que pretende antecipar a demanda futura, informação esta que pode conter incertezas em virtude da própria eficácia do sistema de previsão.

O sistema de previsão de vendas é o conjunto de procedimentos de coleta, tratamento e análise de informações que visa gerar uma estimativa das vendas futuras, medidas em unidades de produtos em cada unidade de tempo.

Inicialmente, deve-se fazer um tratamento estatístico, por meio de modelos temporais ou causais, dos dados históricos de vendas e de outras variáveis que ajudem a explicar o comportamento das vendas no passado (clima, renda per capita, volume de produção dos clientes, entre outras). Devem também ser consideradas nesse momento informações que ajudem a explicar comportamentos atípicos ou anormais das vendas em determinados períodos.

Esse tratamento inicial gera uma informação que ainda não deve ser considerada, como previsão definitiva, pois os modelos estatísticos, por mais sofisticados que sejam, não conseguem considerar toda a multiplicidade de fatores que influenciam o comportamento das vendas. Esses fatores são, então, considerados numa fase posterior, para a qual são levantadas informações de clientes, informações sobre a conjuntura econômica atual e futura, informações de concorrentes, além de outras informações relevantes do mercado.

O tratamento de todas essas informações e sua combinação com os dados históricos tratados estatisticamente deve ser feito com a participação de representantes das principais áreas envolvidas no processo de planejamento, ou seja, comercial, de planejamento, de produção, financeira e de desenvolvimento de produtos. Essa participação é importante para que haja o comprometimento de todos os números da previsão definitiva que, afinal de contas, mesmo depois de todo o trabalho de análise, representa uma “aposta” no comportamento da demanda futura. Essas apostas não devem ser de responsabilidade de apenas uma área, mas de todas. Esse pequeno detalhe confere mais qualidade ao processo de previsão e legitima os resultados.

2.1.1 Prazo de Previsão

Para previsões de curto prazo (até cerca de quatro meses), normalmente utiliza-se a hipótese de que o futuro seja uma continuação do passado, ao menos do passado recente, ou seja, admite-se que as mesmas tendências de crescimento ou declínio observadas no passado devem permanecer no futuro, assim como a sazonalidade ou ciclicidade observadas no passado. A técnica então geralmente utilizada é a de projeção; são os chamados modelos temporais. A projeção é feita modelando-se matematicamente aos dados do passado, ou seja, procurando representar o comportamento das vendas por meio de expressões matemáticas e utilizando essas mesmas equações para prever as vendas no futuro.

O primeiro passo a ser dado na modelagem matemática dos dados históricos é a análise dos dados e a escolha de uma hipótese de comportamento dos dados. Quatro hipóteses básicas podem ser adotadas: hipótese de permanência, em que se admite

que as vendas têm comportamento estável e uniforme, sem tendência de aumento ou decréscimo nem sazonalidade que possa ser identificada; hipótese sazonal com permanência, em que se admite que há sazonalidade que pode ser identificada e justificada, mas sem tendência de aumento ou decréscimo na média de vendas; hipótese de trajetória em que se admite que as vendas têm comportamento de aumento ou decréscimo a determinada taxa uniforme, mas sem sazonalidade que possa ser identificada; e hipótese sazonal com trajetória, a mais complexa, em que se admite que há sazonalidade que pode ser identificada e justificada, com tendência de aumento a determinada taxa uniforme. Estas quatro hipóteses estão ilustradas na Figura 3.

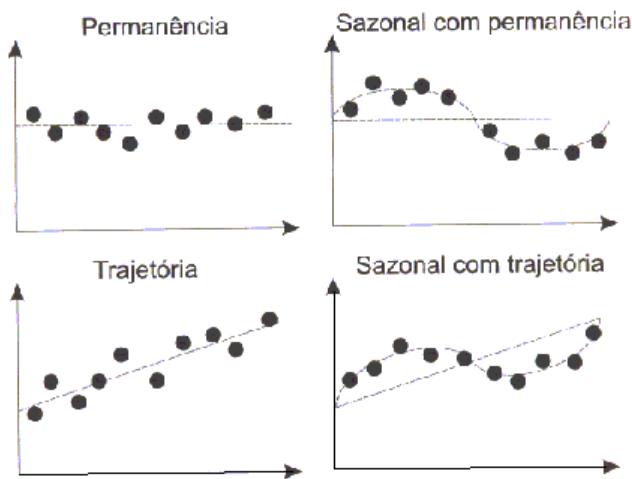


Figura 3: Hipóteses de comportamento de vendas
(fonte: CORRÉA,2000)

Quando o horizonte da previsão começa a aumentar (médio prazo), a hipótese de que o futuro vai repetir o passado deixa em geral de ser válida. O que acontece é que o peso que devemos dar à análise feita depois do tratamento estatístico passa a ser tão mais relevante que o modelo, que este passa a não agregar muito valor à análise, podendo ser quase descartado. Nesse ponto, devemos adotar outro modelo, cujas hipóteses sejam válidas para horizontes maiores. São os modelos causais ou de explicação. Nesses modelos a hipótese é de que as relações que haviam no passado entre as vendas e outras variáveis, continuam a valer no futuro. A idéia é que

procuremos estabelecer as relações entre as vendas no passado e outras variáveis que expliquem seu comportamento.

Quando o horizonte aumenta ainda mais (vários anos), é considerado como longo prazo e a hipótese de que as relações existentes no passado entre vendas e outras variáveis continuam a valer no futuro deixa muitas vezes de ser válida, porque muitas tecnologias, alterações de design ou a introdução de produtos substitutos podem alterar as relações anteriormente válidas. Dessa forma, torna-se mais difícil encontrar uma relação que possa ser modelada matematicamente. A previsão deve ser derivada, portanto, da opinião de especialistas, e utilizando-se de métodos específicos para se chegar a um consenso sobre essas opiniões.

De acordo com ZACCARELLI (1979), principalmente em ambientes muito turbulentos como o brasileiro, poucos se sentem confortáveis em fazer previsões de médio e longo prazos, pois existem muitos preconceitos segundo os quais “é impossível fazer previsões de longo prazo” e “é inútil fazer planejamento de longo prazo em nosso país”. Contudo, planejar a longo prazo é inevitável. Considerando-se que há recursos que requerem um tempo longo para que possam ser colocados disponíveis, como novos equipamentos, mão-de-obra de determinada capacitação, novas linhas de produção ou plantas, é indispensável que verifiquemos sua necessidade a longo prazo para que possamos tomar hoje uma decisão de adquirir ou não os recursos necessários. Colocada a questão, adiar a decisão por receio das incertezas de decisões significa decidir não adquirir o recurso no momento; portanto, não ter o recurso disponível no futuro.

2.1.2 Erros das Previsões

Nenhum esforço de previsão terá sucesso se os erros não forem apontados e analisados, com o objetivo de reavaliar as hipóteses, modificar o método de previsão e ganhar o comprometimento com a melhoria do processo. Dois aspectos devem ser considerados quando analisamos os erros das previsões.

O primeiro aspecto é a magnitude das incertezas envolvidas no processo de previsão, as quais geram erros aleatórios, normalmente distribuídos acima e abaixo das vendas reais. Esses erros aleatórios, embora indesejáveis, em certo grau são implícitos em todo o processo de previsão e não representam os maiores problemas. Melhores processos de previsão devem gerar obviamente menores erros, e deve-se sempre perseguir esse objetivo.

O outro aspecto é o grau de viés na previsão. Previsões enviesadas geram erros não distribuídos de forma simétrica e sistematicamente orientados para um dos lados. Significa que a previsão é sistematicamente otimista ou sistematicamente pessimista. Esse problema é considerado mais grave e deve ser rapidamente corrigido.

2.2 Capacidade

Segundo ZACCARELLI (1979), o conceito de capacidade de produção é simples quando se trata de um produto ou de poucos produtos, como nos casos da indústria de processo contínuo, entretanto, uma maior variedade de produtos pode tornar a definição da capacidade de produção uma tarefa muito complexa.

2.2.1 Caso de um produto

É fácil determinar a capacidade produtiva, no caso de empresas que produzem apenas um produto. Para determinar a capacidade da empresa inteira, basta conhecer a capacidade de todos os setores e verificar qual desses possui a menor capacidade, pois este restringirá a capacidade da empresa como um todo.

Para determinar a capacidade de cada uns dos setores, é necessário saber quantos produtos podem ser processados em um certo intervalo de tempo. Supondo que um setor possua n máquinas, que executem a mesma função e que as capacidades de cada máquina em unidades/dia seja C_n , sendo assim a capacidade total do setor será a somatória de todas as capacidades de cada máquina:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_{n-1} + C_n$$

ZACCARELLI (1979) fornece um exemplo ilustrativo para este conceito:

O roteiro de processamento de um pedido consiste em cinco operações: A, B, C, D, E, em seções diferentes, que apresentam as seguintes capacidades para um dia de oito horas de trabalho:

- Seção A tem 3 máquinas com capacidade de 30 unidades/dia.
- Seção B tem 2 máquinas com capacidade de 42 unidades/dia.
- Seção C tem 1 máquina com capacidade de 100 unidades/dia.
- Seção D tem 2 máquinas com capacidade de 40 unidades/dia.
- Seção E tem 2 máquinas com capacidade de 45 unidades/dia.

O Gráfico 1, ajuda a visualizar a capacidade de cada seção desta empresa.

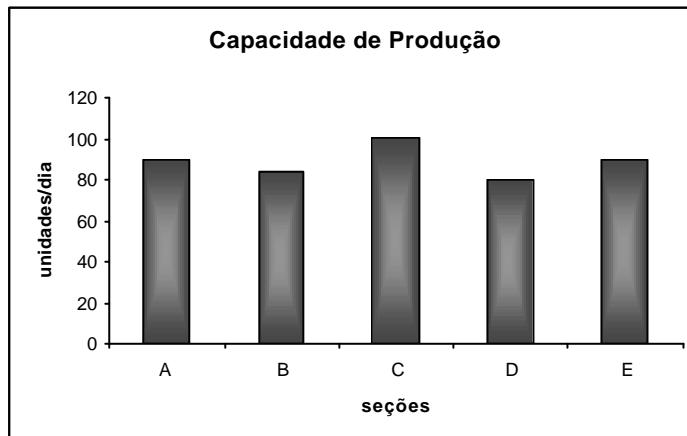


Gráfico 1: Capacidade de produção das seções
(adaptado de ZACCARELLI, 1979)

Evidentemente, a seção D é a seção que determina a capacidade do conjunto todo. Um aumento na capacidade da seção D pode significar um aumento na capacidade da empresa como um todo. Já aumentos da capacidade em outras seções em nada adiantarão enquanto a seção D estiver sendo a seção com menor capacidade produtiva. Qualquer política de horas extras ou de aumento de capacidade deve ser implantada na seção com menor capacidade produtiva até o instante que esta seção

deixe de ser aquela com menor capacidade produtiva. A partir de então, deve-se procurar o recurso que assumiu este papel.

Neste exemplo, foi considerado que o recurso que restringe a capacidade são as máquinas, em muitos casos podem existir outros recursos que sejam mais escassos que as máquinas, como por exemplo a mão de obra. Portanto, ao se analisar um setor é necessária à existência de um conhecimento das operações envolvidas para que se possa determinar a capacidade produtiva de acordo com o recurso mais escasso do setor.

Quando algum setor possui várias máquinas, pode se fazer uma aproximação para facilitar a manipulação dos dados quando se pretende estimar o tempo de produção. Esta aproximação é a de considerar que só existe uma máquina cuja capacidade é a somatória de todas as outras, isto para o caso em que as máquinas sejam o recurso limitante, como é o caso deste exemplo. No exemplo, se assumíssemos esta possibilidade teríamos que a seção A processaria um produto em um terço do tempo real que se levaria para processá-lo, entretanto, nenhum produto poderia ser processado junto com ele, o que na verdade, não reflete a realidade, já que por possuir 3 máquinas, 3 produtos podem vir a ser processados ao mesmo tempo. Apesar da aproximação de se considerar o recurso limitador como tendo a capacidade produtiva da soma destes recursos dentro do setor não ser necessariamente a representação da realidade, ela será usada neste trabalho, pois foi considerada a melhor maneira de representar a capacidade produtiva de cada setor.

2.2.2 Caso de vários produtos

Para se calcular a capacidade de muitos produtos não se deve determinar a capacidade produtiva de um setor ou da fábrica em unidades por unidade de tempo. Quanto mais produtos a empresa possuir, mais difícil fica esta mensuração. No caso em que a empresa produza produtos similares e pré-definidos, como numa indústria de produção intermitente repetitiva, é possível considerar uma unidade padrão e estabelecer relações entre os produtos produzidos com esta unidade padrão. Desta forma, a capacidade da empresa será dada em unidade padrão sobre unidade de

tempo e existirá uma relação de quantidade da unidade padrão para cada produto produzido. Pelas relações de equivalência, é possível determinar que combinações de diversos produtos podem ser produzidas em um certo intervalo de tempo.

2.2.3 Recurso limitante

Será chamado de recurso limitante em cada setor o recurso que for o limitante para que a capacidade produtiva daquele setor não seja maior. Geralmente, os recursos limitantes são as máquinas ou o quadro de operários. Da mesma forma que para aumentar a capacidade da empresa é necessário aumentar a capacidade do setor com menor capacidade, para aumentar a produção de um setor é necessário aumentar seu recurso escasso.

2.2.4 Gargalo

Em um sistema produtivo, a capacidade de produção é dada pela capacidade de processamento do recurso gargalo. Para se aumentar a capacidade do sistema é necessário aumentar a capacidade do recurso gargalo. Um aumento de capacidade neste recurso representará um aumento proporcional no sistema. Caso um recurso gargalo processe 20 operações por dia e com isso o sistema consiga processar 10 pedidos, temos que a razão de pedidos processados pelo recurso gargalo e pelo sistema é de 2 para 1; com isso, um aumento de capacidade no recurso gargalo que faça com que ao invés de 20 este passe a processar 22 operações, fará com que o sistema ao invés de 10 processe 11 pedidos. Ou seja, todo o tempo que se ganhe em um recurso gargalo será revertido para o processo até o momento em que este recurso deixe de ser o gargalo. Caso melhorias façam com que um recurso não gargalo tenha um aumento de produtividade, nenhum impacto será registrado na capacidade do sistema, apenas o tempo ocioso deste processo que foi melhorado será aumentado.

2.3 Overall Equipment Effectiveness

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é um indicador do rendimento dos equipamentos que considera tanto os aspectos de produtividade, quanto os de qualidade envolvidos no processo fazendo parte da filosofia do TPM – Manutenção Produtiva Total.

2.3.1 Manutenção Produtiva Total

De acordo com HARTMANN (1992), a Manutenção Produtiva Total combina a prática americana de Manutenção preventiva com os conceitos japoneses de Controle de Qualidade Total e total envolvimento dos empregados. O resultado é um sistema inovador para acompanhamento e manutenção de equipamentos que otimiza a eficiência, elimina quebras, e promove a manutenção autônoma do operador nas atividades diárias. O TPM amplia a responsabilidade da manutenção e operadores que não mais devem simplesmente manter seus equipamentos trabalhando sem interrupções, mas devem também aumentar e otimizar sua performance (melhoria mensurada pelo indicador OEE - *Overall Equipment Effectiveness*) utilizando o conceito de “Quebra Zero” (inclui Zero Paradas de Máquinas, Zero Desperdício, Zero Acidentes e Zero Defeitos de Qualidade) em máquinas e equipamentos.

Ainda segundo HARTMANN (1992), o TPM integra 5 elementos (pilares) em um processo de melhoria contínua que utiliza o potencial das pessoas de todos os níveis de uma organização. São os cinco pilares:

➤ Atividades de Pequenos Grupos (*Small Group Activities - SGA*)

O primeiro pilar, Atividades de Pequenos Grupos, é o que estabelece o elo entre todos os outros elementos. Uma vez que as atividades de pequenos grupos estejam em andamento, o próprio grupo providenciará melhorias e informações aos demais elementos. As atividades de pequenos grupos são descritas em Sete Passos:

- Limpar e inspecionar;
- Procedimentos de lubrificação, Segurança no Trabalho e Limpeza;
- Eliminar fontes de contaminação;

- Treinamento e inspeção geral;
- Atividades de Pequenos Grupos – Inspeção e Procedimentos;
- Organização e *Housekeeping* do local de trabalho;
- Gerenciamento dos equipamentos pelos Pequenos Grupos.

➤ Administração de novos equipamentos

O segundo pilar do TPM é a administração de novos equipamentos. Este é um processo que minimiza os custos dos equipamentos durante seu ciclo de vida ainda na fase de projeto. A administração de novos equipamentos impede a repetição dos erros existentes nas máquinas e equipamentos existentes através do *feedback* dos Pequenos Grupos.

➤ Realização da Manutenção Planejada

O terceiro pilar do TPM é realizar manutenção planejada. O TPM busca concentrar as atividades no pessoal especializado em um nível avançado de tarefas como, por exemplo, na manutenção preditiva. Além das atividades relacionadas à manutenção preventiva e preditiva, este pessoal deverá passar o conhecimento técnico dos equipamentos aos operadores e fornecer dados técnicos aos engenheiros para melhoria da confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos e outras melhorias da tecnologia de manutenção.

➤ Treinamento em Operações e Manutenção

O quarto pilar do TPM é o Treinamento em Operações e Manutenção. O treinamento no TPM é fundamental e fornece a cada empregado o aumento de conhecimento necessário para melhor desempenhar suas tarefas. As necessidades adicionais de treinamento serão definidas pelos próprios Pequenos Grupos no decorrer de suas atividades.

➤ Melhorar a eficácia dos Equipamentos

Melhorar a eficácia do equipamento significa continuamente melhorar e maximizar o valor do capital ativo da organização e este é o objetivo do quinto pilar do TPM. Para maximizar este valor, o equipamento deve ser operacional e estar disponível para operar, produzir produtos de qualidade e em volume suficiente.

A forma de manutenção convencional está focalizada nas quebras inesperadas e significantes, assim como nos defeitos visíveis dos equipamentos. O TPM enfatiza as pequenas quebras e perdas de velocidade causadas por defeitos latentes. Identificar estes defeitos latentes é o primeiro e mais difícil passo na eliminação das quebras e para isto, o equipamento deve ser inspecionado a intervalos regulares e as ações de manutenção corretiva devem ser tomadas assim que detectadas pela inspeção.

Segundo NAKAJIMA (1984), a melhoria na eficácia dos equipamentos pode ser medida através do *Overall Equipment Effectiveness* - OEE que utiliza a classificação das Sete Grandes Perdas na priorização dos problemas a serem solucionados.

2.3.2 As Sete Grandes Perdas

Nas avaliações realizadas pelos consultores do *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) e em diversas empresas, foi estabelecido que cada fábrica deve procurar identificar e atacar as principais perdas dos equipamentos conforme indicado pelos componentes do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). A estratégia utilizada é atacar cada Grande Perda individualmente com o objetivo de maximizar o OEE. Este índice é a medida que permite a supervisão da fábrica avaliar o processo global das melhorias implantadas. A identificação das perdas principais e sua análise é a ferramenta utilizada na fábrica para melhorar sistematicamente o rendimento. Como tal, a fábrica deve procurar medir e entender as perdas e atacar as causas raízes de cada uma.

As Grandes Perdas são medidas porque elas são um desperdício. Toda vez que um equipamento não produz uma peça com qualidade acarreta numa perda de tempo.

Para melhorar ou reduzir perdas de tempo, deve-se rastrear todas as perdas. Rastreando e documentando as perdas pode-se focalizar a atenção em caminhos para reduções. Quando passos de melhoria são implementados, consegue-se medir o sucesso ou fracasso.

Melhorando ou reduzindo estes desperdícios pode-se conseguir um retorno financeiro imediato na melhoria da eficiência do equipamento através de melhor qualidade e produtividade.

Documentando estas melhorias que reduzem desperdícios, pode-se aplicar os mesmos passos em equipamentos similares. Estas melhorias devem ser transferidas para os equipamentos existentes e para novas máquinas que estejam sendo projetadas e construídas.

As maiores perdas, conhecidas com as Sete Grandes Perdas, incluem:

- Quebra de equipamento;
- Perdas de *set-up* e ajustes;
- Perdas por utilização;
- Perdas no *start-up*;
- Perdas por velocidade reduzida;
- Paradas documentadas/Operações em vazio e pequenas paradas;
- Defeitos de qualidade no processo.

Estas perdas estão associadas aos fatores considerados na medição do OEE de acordo com a Figura 4:

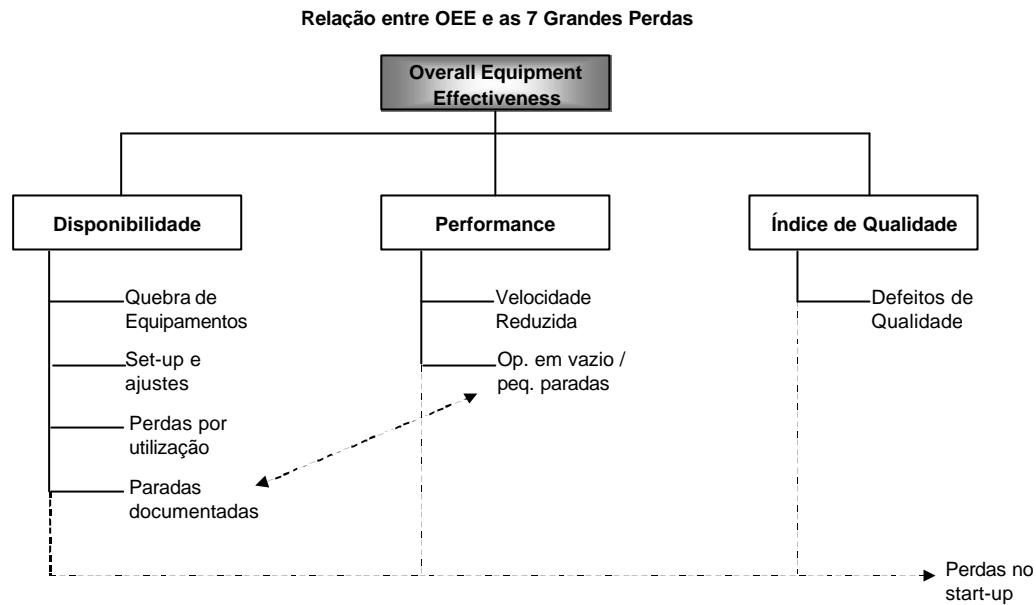


Figura 4: Relação entre o OEE e as Sete Grandes Perdas
(fonte: RAMA, 1996)

Ao se zerar cada uma das perdas anteriormente apontadas, o máximo do rendimento operacional global tornar-se-á efetivo.

Existe um certo grau de subjetividade ao se determinar em qual fator do OEE deve-se justificar cada perda. Por exemplo, um simples acontecimento pode gerar múltiplas perdas. Uma avaria em um equipamento pode causar defeitos de qualidade. A mesma avaria pode também gerar a necessidade de troca da ferramenta utilizada. A substituição da ferramenta pode necessitar um reajuste do equipamento. Durante o *start-up*, o equipamento poderá operar a uma velocidade reduzida até que o processo se estabilize. Neste exemplo, um simples acontecimento gerou perdas múltiplas. Desta forma podemos questionar: "Como se justificam todas estas perdas? Pode-se contabilizar tudo como quebra de equipamento? Deve-se identificar cada tipo de perda isoladamente e caracterizá-las portanto como quebra de equipamento, desgaste do ferramental, defeitos de qualidade, perda por velocidade reduzida e perda de *start-up*?".

A resposta a todas as questões acima mencionadas é utilizar o bom senso ao justificar as perdas neste acontecimento. Ao elaborar a justificativa destas perdas, deve-se

considerar que o importante é encontrar a causa raiz da perda principal e resolvê-la de forma que não se repita novamente. Encontrar a causa raiz é muito mais importante do que saber em que categoria pode ser enquadrada a perda. A coerência só é importante no sentido de se facilitar a análise. Normas para análise das perdas devem ser elaboradas e seguidas de forma coerente. Deve ser estabelecido um ponto inicial do indicador para ser comparado com futuras medições a fim de verificar os resultados do processo de melhoria.

2.3.2.1 Quebra de equipamento

A quebra de um equipamento é uma perda resultante do mau funcionamento de um equipamento ou qualquer causa que requeira uma intervenção da manutenção. A perda por quebra de equipamento é definida pelo tempo entre a parada do equipamento devido ao mau funcionamento até o momento em que o mesmo é reparado, checado e estiver pronto para operar. Este período inclui o tempo de resposta para reagir ao mau funcionamento, diagnosticar e identificar a causa e resultado da quebra, tempo de reparo do equipamento, incluindo o tempo de testes para assegurar que a falha foi corrigida. O tempo de quebra não inclui o período em que o equipamento não estiver programado para operar. Por exemplo, se um equipamento estiver programado para operar 16 horas por dia e estiver quebrado por três dias, a quebra considerada será de 48 horas.

Todas as quebras devem ser registradas definindo-se a causa, duração, efeitos e descrição dos reparos feitos no equipamento. Teoricamente, os registros das quebras dos equipamentos devem ser categorizados e analisados para permitir a priorização das oportunidades de melhoria.

Como exemplo de quebra de equipamentos podemos citar:

- Quebra do equipamento por desgaste;
- Falha/fadiga de componente;
- Equipamento travado;

- Quebra/falha do transportador;
- Falha de lubrificação;
- Falha nos controles;
- Erro de operação;
- Falha por mau uso, etc.

2.3.2.2 Perdas de *Set-up* e Ajustes

As perdas de *Set-up* e Ajustes são perdas de equipamento resultantes do tempo parado (*down-time*) enquanto o equipamento está sendo preparado para produzir uma peça diferente ou alterada para atender às especificações do produto. O *set-up* do equipamento deve ser realizado pelos próprios operadores, pessoal dedicado a *set-up* ou especializado em trocas. A perda por troca é um tempo perdido. Este tempo irá incluir a troca propriamente dita e o período de teste ou manutenção que seja gerado pela troca.

Todos os tempos de trocas e ajustes devem ser registrados e trabalhados de acordo com o tipo e duração. Os registros podem ser classificados de acordo com os diferentes tipos de ajustes e trocas. Esta classificação auxilia a análise e priorização dos problemas a serem atacados. Existem dois tipos de tempo de *set-up* e ajustes: os que afetam a disponibilidade do equipamento e os que não. Se as atividades de troca no equipamento são realizadas fora do período de produção, o tempo de *set-up* e ajustes não afeta a disponibilidade do equipamento. Este procedimento deverá mostrar a importância de se reduzir o tempo de *Set-up* e Ajustes em especial nos equipamentos de maior utilização. Entretanto, interferindo ou não na disponibilidade, o tempo de *Set-up* e Ajustes deve ser registrado, trabalhado e analisado para melhoria de métodos de troca e ajustes a fim de reduzir este tempo.

Como exemplo de perdas de tempo de *Set-up* e Ajustes no caso de equipamento gráficos podemos citar:

- Troca de produto;

- Troca de chapas;
- Troca de componentes;
- Ajustes de registro;
- Reprogramação para controle do processo;
- Ajuste de cor.

2.3.2.3 Perdas por utilização

As perdas por utilização são aquelas associadas à falha, quebra, deterioração ou desgaste do ferramental do equipamento. Existem dois tipos de ferramenta. O primeiro tipo é a ferramenta não permanente, peça removível com o desgaste, ou anexada a um item ou parte do equipamento que afeta diretamente o produto final, como exemplo, temos os lavadores. O segundo tipo de ferramenta é aquele removível e durável, como por exemplo as chapas para impressão.

Embora estas perdas sejam similares às quebras de equipamento, estas devem ser trabalhadas em paralelo pois a causa raiz da perda, na maioria dos casos, é diferente e deve ser atacada separadamente.

Todas as perdas devido a problemas com o ferramental devem ser documentadas para possibilitar sua análise e a eliminação da causa raiz. As perdas de ferramental por desgaste podem ser minimizadas pela previsão da falha antes da quebra. As perdas de componentes não duráveis podem ser minimizadas através da manutenção e análise de performance individuais de cada componente.

Como exemplo de perdas por utilização podemos citar:

- Desgaste dos lavadores;
- Problemas nos rolos;
- Problemas nas chapas (ou alto índice de rejeição);

2.3.2.4 Perdas no *start-up*

A perda no *start-up* é definida como o tempo entre o início de operação do equipamento até a produção de uma peça que atenda às especificações. Este é geralmente o período que o equipamento leva para entrar em equilíbrio em termos de temperatura, pressão, velocidade e outros fatores que contribuem para as variações do processo no início da produção. O objetivo de minimizar as perdas de *start-up* tem dois fatores. O primeiro é minimizar o número de *start-ups* através da estabilização da confiabilidade do equipamento, programa de produção e operação geral do equipamento. O segundo fator é minimizar o tempo perdido após cada troca de produto até o equilíbrio do equipamento. Este último fator pode requerer modificação no equipamento a fim de permitir o controle de temperatura, pressão e velocidade antes de se iniciar a produção.

Todas perdas de *start-up* devem ser individualmente registradas como tempo parado, ciclos perdidos e tipo de perda (relacionadas à temperatura, pressão etc). A organização deve procurar reduzir o número de *start-ups* assim como o tempo necessário para o equipamento entrar em equilíbrio.

Como exemplo de perdas de *start-up* podemos citar:

- Cilindro não totalmente limpo;
- Rejeitos iniciais em máquina;
- Excesso de *start-ups* devido à falta de pedido ou matéria-prima;

2.3.2.5 Perdas por velocidade reduzida

As perdas por velocidade reduzida podem ser consideradas como perda de produção devido ao equipamento estar operando abaixo da velocidade ideal (ou acima do ciclo ideal). A velocidade ou ciclo ideal são determinados caso a caso considerando-se os seguintes itens:

- Especificação do projeto;
- Melhor velocidade já atingida produzindo-se peças boas;

- Recomendação do fornecedor;
- Características dos produtos ou necessidades do material;
- Condições ótimas;
- Padrões de trabalho manual;
- Estimativas baseadas nas experiências atuais.

As perdas por redução da velocidade devem ser registradas e analisadas. Este tipo de perda é menos evidente que as paradas de máquina (*down-time*), pois o equipamento aparentemente opera e produz normalmente. Ele simplesmente não produz tão rápido quanto esperado.

Como exemplo de perdas por velocidade reduzida podemos citar:

- Trabalhar abaixo da velocidade especificada para atender às especificações de qualidade;
- Diminuição de produção para atender o volume programado;
- Não conhecimento da real capacidade do equipamento;

2.3.2.6 Paradas documentadas/Operações em vazio e pequenas paradas

As operações em vazio e pequenas paradas são perdas resultantes de parada do equipamento (*down-time*) devido às interrupções no fluxo do processo ou pequenas intervenções. As perdas documentadas pertencem à categoria de Paradas Documentadas (Disponibilidade). As perdas não documentadas pertencem à categoria de Operações em vazio e pequenas paradas (Eficiência do Desempenho). A perda não é somente aquela relativa ao mau funcionamento do equipamento ou ferramental, podendo ser resultante da gradual deterioração dos ajustes da máquina. Pode também resultar das variações do material ou acúmulo de resíduos que podem causar produtos com falhas.

Teoricamente, todas as perdas devem ser documentadas, mas isso nem sempre é possível na prática. Deve-se estabelecer uma regra na qual paradas maiores que um

certo tempo "x" devam ser documentadas. Todas as paradas documentadas poderão ser reduzidas (eventualmente zeradas). Métodos de documentação automatizados podem permitir uma melhoria nos registros, como por exemplo a codificação de determinados tipos de paradas.

Poderá ser difícil distinguir paradas documentadas e quebras. Deve-se estabelecer critérios de avaliação para identificá-las. O mais importante é coletar o dado e identificar a perda, não apenas a classificação.

As operações em vazio e pequenas paradas podem não ser apontadas como paradas (*down-time*), mas devem ser classificadas por tipo e número de ocorrências. A análise do número e tipo destas pequenas paradas pode localizar e minimizar os efeitos da causa raiz (visando a eliminação) da perda associada às operações em vazio e pequenas paradas.

Como exemplo de perdas por operações em vazio e pequenas paradas podemos citar:

- Travamentos momentâneos de máquinas;
- Ajustes manuais não documentados;
- Produção bloqueada (pequenas paradas);
- Problemas com cartão;
- Problemas com borracha;
- Operações em vazio;
- Pequenos serviços de limpeza etc.

2.3.2.7 Defeitos de qualidade no processo

Um defeito de qualidade no processo é uma perda associada à produção de folhas que não atendam às especificações do produto (não são aprovadas pelo controle de qualidade na primeira vez). A produção de folhas fora de especificação requer retrabalho ou gera refugo, representando atividade que não agrega valor ao produto,

tempo perdido, perda de material e resulta em perda na maioria das operações de manufatura.

Um registro cuidadoso na caracterização deste tipo de perda é fundamental para a análise e identificação da causa raiz do defeito para prevenir a recorrência. As peças produzidas que necessitam retrabalho também estão incluídas neste item.

Como exemplo de defeitos de qualidade no processo podemos citar:

- Produto com cor fora do padrão;
- Cartão arranhado;
- Manchas no cartão.

Capítulo 3 – PREVISÃO DE VENDAS

Um fator que influí fortemente no planejamento da capacidade produtiva de uma empresa é a previsão de vendas. O sistema de previsão de vendas é o conjunto de procedimentos de coleta, tratamento e análise de informações que visa gerar uma estimativa das vendas futuras, medidas em unidades de produtos em cada unidade de tempo.

Inicialmente será dado a esta análise um tratamento estatístico dos dados históricos de vendas. Porém, quando o horizonte da previsão é longo, como neste caso, a hipótese de que as relações que existiam no passado entre as vendas e outras variáveis continuam a valer no futuro deixa muitas vezes de ser válida devido a mudanças tecnológicas, econômicas, de *design*, entre outras.

Assim, esse tratamento inicial gera uma informação que ainda não deve ser considerada, como previsão definitiva, pois os modelos estatísticos, por mais sofisticados que sejam, não conseguem considerar toda a multiplicidade de fatores que influenciam o comportamento das vendas. Esses fatores são, então, considerados numa etapa posterior, para a qual são levantadas informações sobre a conjuntura econômica atual e futura, informações de concorrentes, de clientes e outras informações relevantes de mercado, como produtos substitutos.

3.1 Análise do Histórico da Empresa

Para acompanhar a evolução de uma empresa gráfica de embalagens, alguns dados podem ser utilizados como parâmetros, tais como faturamento, número de cartuchos produzidos, quantidade transformada (toneladas), entre outras. Porém como mais adiante este trabalho irá focar o setor de impressão, que atualmente é o gargalo da produção (esta constatação está descrita no Capítulo 4), optou-se por fazer o levantamento de dados através do número de folhas impressas.

Todos estes dados históricos foram coletados através de pesquisas em um banco de dados já existente, no sistema de informação atualmente utilizado, em fichas de produção e em boletins de produção.

Primeiramente foram coletados dados para verificar a evolução na quantidade de folhas impressas nos últimos cinco anos, conforme pode ser visto no gráfico 2.

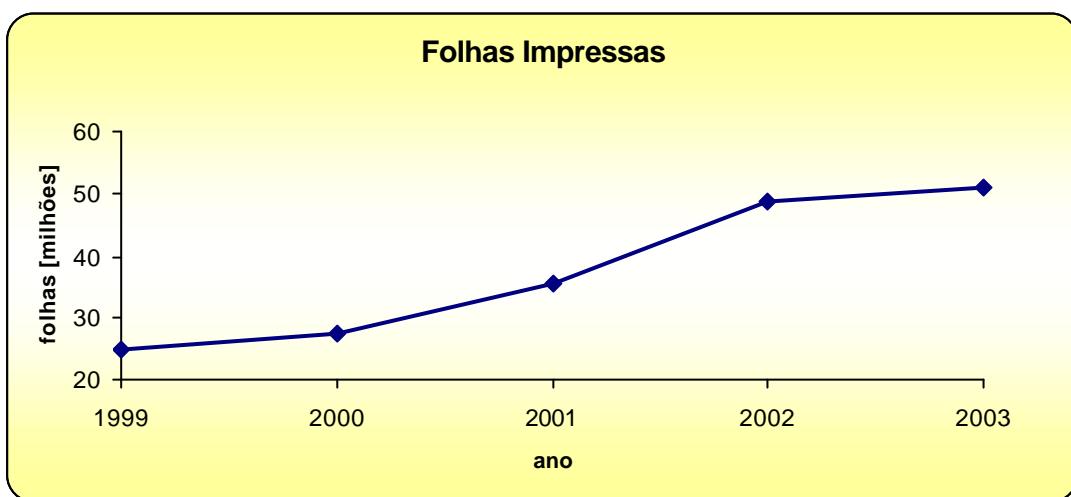


Gráfico 2: Quantidade de folhas impressas – anual

Analizando os dados históricos da Ibratec, pode-se perceber um aumento médio de cerca de 15% anuais na produção. Este aumento já vem ocorrendo durante alguns anos e neste, 2004, tal porcentagem deverá ser ainda maior, de acordo com o Gráfico 3, que mostra que em 2004 (até o mês de setembro) houve um aumento de cerca de 20% na produção em relação ao mesmo período do ano anterior.

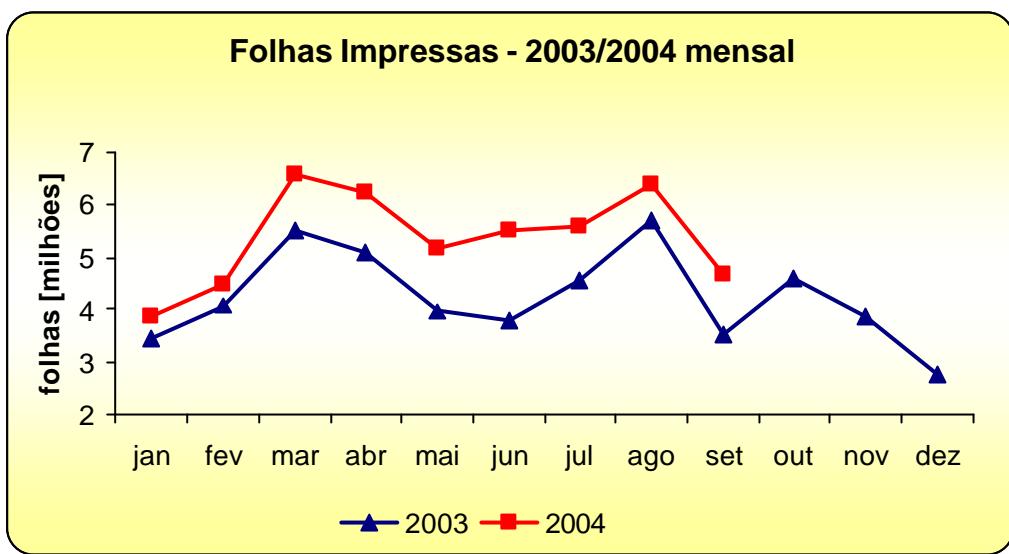


Gráfico 3: Quantidade de folhas impressas – mensal (2003/2004)

Com o Gráfico 4, através de uma estratificação, pode-se perceber a evolução das famílias de produtos, no caso número de cores de impressão. Esta classificação será utilizada mais adiante, já que a quantidade de cores pode ser considerada uma das principais restrições das máquinas impressoras.

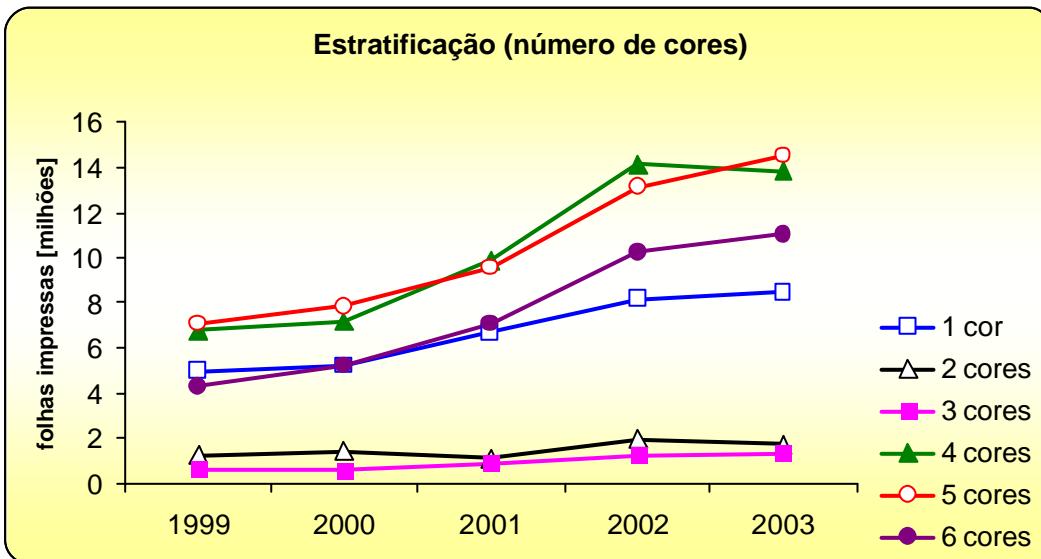


Gráfico 4: Estratificação (número de cores)

Esta estratificação dos produtos também é muito útil para se fazer a previsão de vendas, pois desta forma pode-se estimar o crescimento de cada família separadamente, o que facilita tal processo e minimiza possíveis erros.

Esta predominância de embalagens com um maior número de cores pode ser bem explicada pela maior produção de embalagens destinadas ao setor alimentício, que de certa forma necessitam chamar mais atenção, já que estas embalagens influenciam fortemente na vendas de tais produtos. Esta predominância do setor alimentício pode ser verificada mais a diante no item 3.4.

Com estes dados já se consegue fazer uma previsão estatística de vendas com base somente no histórico. Pode-se fazer a previsão de acordo com o modelo de projeção, fazendo uma correlação entre as vendas passadas e o tempo, projetando-se comportamento similar para o tempo futuro, através de expressões matemáticas.

Para este modelo, utilizamos a hipótese de trajetória como comportamento de vendas, na qual se admite que as vendas têm comportamento de aumento ou decréscimo a determinada taxa uniforme. A expressão matemática que melhor representa o comportamento das vendas é $Y = 7,3X + 15,5$ (linha de tendência). Com esta equação pôde-se fazer uma estimativa de vendas para os anos 2004, 2005, 2006 e 2007 que são respectivamente 59, 66, 74 e 81 milhões de folhas impressas, expressas no Gráfico 5.



Gráfico 5: Previsão de folhas impressas com base no histórico

Mas esta previsão não pode ser considerada como definitiva, já que não leva em consideração muitos fatores que podem influenciar tal estimativa.

Para verificar tais fatores, segundo CARVALHO (2003), é preciso manter canais fortes de acompanhamento das mudanças no ambiente competitivo, monitorando sempre as novas tendências. As alterações no ambiente podem surgir de tecnologias emergentes, de mudanças no comportamento da sociedade e, por conseguinte, das demandas dos clientes, ou ainda do resultado dos movimentos feitos pelos concorrentes.

PORTER (1999) elaborou um modelo de análise do ambiente competitivo, prevendo o mapeamento de cinco forças competitivas, que permitem entender melhor as regras do jogo e ajudam a empresa a se posicionar com melhor clareza. São elas: clientes, fornecedores, concorrentes diretos, novos entrantes e produtos substitutos, que podem ser visualizadas na Figura 5.

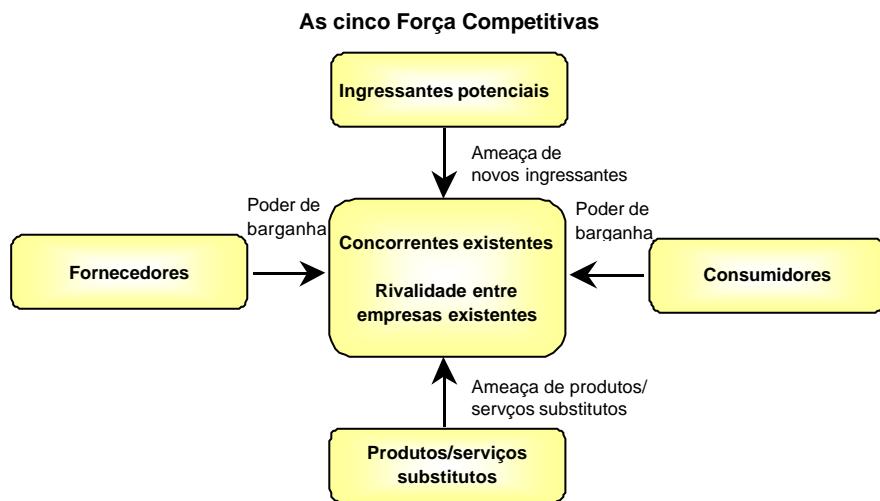


Figura 5: As cinco forças competitivas
(fonte: PORTER, 1999)

Inicialmente será feita uma análise geral da economia e logo após serão analisados os produtos substitutos, os consumidores e os concorrentes existentes nesta indústria, pois dentre as cinco forças competitivas, estas são as que mais relevantes neste estudo.

3.2 Análise Geral da Economia

O setor de embalagens pode ser considerado, de certa forma, como um termômetro para a economia, pois quando sua produção “esquenta”, sinaliza que outros setores também terão um aumento após determinado período.

Após o levantamento de alguns dados, entre eles inflação, taxa de câmbio, juros, pode-se verificar uma boa relação entre o Produto Interno Bruto e a produção do setor de embalagens como um todo. O Gráfico 6 apresenta suas variações percentuais, mostrando uma boa correlação.

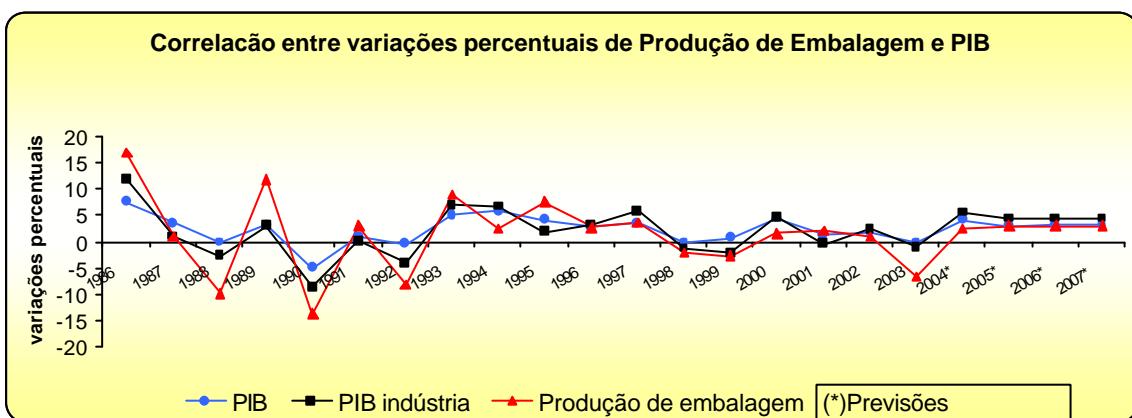


Gráfico 6: Correlação entre variações percentuais de Produção de Embalagem e PIB
(fonte: MCM Consultores Associados e IBGE)

Segundo DOWNING (1999), o coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Ele serve para determinar se dois conjuntos de dados se movem juntos, isto é, se os maiores valores de um conjunto estão associados com os maiores valores do outro (correlação positiva), se os menores valores de um conjunto estão associados com os maiores valores do outro (correlação negativa), ou se os valores dos dois conjuntos não se relacionam (correlação próxima a zero). O valor 1 é adotado quando conjunto de dados se autocorrelaciona perfeitamente bem. O coeficiente de correlação de Pearson é normalmente representado pela letra r e a sua fórmula de cálculo é:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$$

Dessa forma, pôde-se calcular e verificar uma boa correlação existente entre a produção de embalagens e o PIB, obtendo-se o índice de 0,86 e entre a produção de embalagens e o PIB da indústria o índice foi de 0,85.

Ainda deste gráfico, verificamos que as projeções do PIB são otimistas e consequentemente da economia brasileira, o que faz com que se estime um crescimento também no setor de embalagens.

Vale a pena lembrar também que no ano de 2003, o setor de embalagem, mesmo tendo uma queda de 6,65% na produção, teve um aumento no faturamento de 20,4 bilhões em 2002 para cerca de 23,7 bilhões e 2003, de acordo com pesquisas da FGV e IBGE.

3.3 Análise de Produtos Substitutos

Embora se fale indistintamente sobre embalagens, a matéria-prima utilizada na sua fabricação é um elemento individualizador. Matérias-primas definem tecnologias, custos, estruturas de mercado, finalidade de uso, etc. Todos estes elementos são dinâmicos e, periodicamente, embalagens produzidas a partir de novas matérias-primas tomam o lugar de outras longamente estabelecidas. A seguir, será dada uma descrição de algumas características físicas e econômicas das matérias-primas utilizadas na fabricação de embalagem, retratadas na Figura 6.

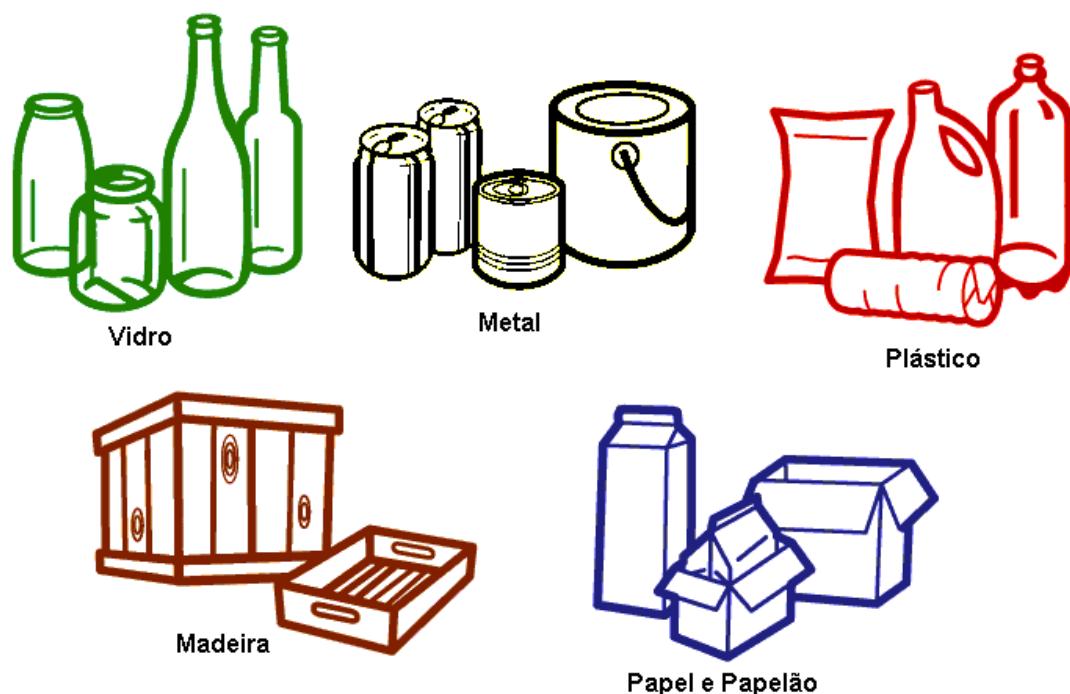


Figura 6: Matérias-primas de embalagens

➤ Vidro

O vidro é um dos mais antigos materiais usados para a fabricação de embalagens. Armazena alimentos e bebidas, preservando-lhes o sabor e protegendo-os contra a transmissão de gases. As embalagens de vidro são utilizadas também para conter produtos químicos, impedindo o escapamento de gases tóxicos. Podem ser lavadas e reutilizadas. Entretanto, comparado a outros materiais, o vidro é pesado e relativamente mais caro. Além disto, é quebrável e não está disponível em qualquer formato.

➤ Metal

Além das tradicionais latas de folha-de-flandres, são exemplos de embalagens metálicas os tambores de aço e os laminados de alumínio. Inicialmente, o uso principal das latas para embalagem era a preservação de alimentos. As embalagens de metal aumentam o tempo de venda do conteúdo, podem resistir à pressão mecânica, mas têm um custo relativamente elevado e não podem serem utilizadas para qualquer produto.

➤ Madeira

As caixas e os engradados de madeira foram as primeiras embalagens modernas para transporte de produtos manufaturados e matérias-primas. Algumas embalagens de madeira, apesar da perda gradual de espaço, continuam sendo importantes. É o caso dos barris, onde aspectos como envelhecimento e paladar da bebida são relevantes. Embora a madeira seja relativamente barata e resistente, o seu uso tem diminuído também devido à influência das campanhas de preservação ambiental. Atualmente é utilizada para proporcionar uma maior sofisticação ao produto.

➤ Papel e papelão

Neste grupo estão os sacos e papéis de embrulho, formas simples e baratas de embalagem, as caixas e cartuchos de papelão liso e as caixas de papelão ondulado, utilizadas como embalagem por todos os segmentos da indústria de transformação. As embalagens de papel e de papelão podem ser moldadas em vários formatos, são relativamente leves, ocupam pouco espaço de armazenamento e são recicláveis. Por outro lado, não são resistentes à água. Para lidar com esta desvantagem, foram desenvolvidas várias técnicas para modificar o material. Papéis encerados são comumente usados para embalar alimentos. Caixas de cartão se tornam resistentes à água através de camadas de polietileno. O sucesso destas embalagens tem atraído cada vez mais segmentos dentro do setor alimentício, como o de leites, sucos e iogurtes para beber, como por exemplo.

➤ Plásticos

Os plásticos foram introduzidos na fabricação de embalagens no pós-guerra e englobam, entre outros, filmes, sacos, tubos, engradados e os frascos. As embalagens de plástico podem ser moldadas em diversos formatos e, comparadas a outros materiais, são mais leves. Entretanto, são pouco resistentes ao calor e permitem alguma difusão de gases, vapor e sabores. Os principais plásticos usados são:

- Polipropileno (PP): O PP é muito utilizado para moldar tampas, pequenos frascos, rótulos para garrafas de refrigerante, potes de margarina ,etc.
- Poliestireno (PS): O PS é usado na forma transparente ou composta para produção de utensílios de mesa e xícaras claras. Na forma de espuma, o PS é usado para xícaras de bebidas quentes e outros recipientes isolantes para comida, caixas para ovos e embalagens amolfadadas.
- Cloreto de Polivinila (PVC): O PVC é usado para fabricar frascos rígidos e maleáveis, *blister* e filmes, e outras embalagens para as quais existe a necessidade de barreiras. A principal utilização do PVC é na fabricação de bens duráveis, sendo usado também em cosméticos, produtos de limpeza e da indústria automobilística, área médica e alimentícia, entre outros.
- Polietileno tereftalado (PET): O PET é utilizado principalmente para a produção de frascos de refrigerantes.
- Polietileno de alta densidade (HDPE): O HDPE, na forma sem pigmentos, é usado em frascos de laticínios, água mineral e sucos de frutas. Pigmentado, é usado, em frascos de maior volume, para detergentes de roupa, branqueadores, óleo de motor, etc.
- Polietileno de baixa densidade (LDPE): Na forma de filme, é usado para produção de sacos plásticos. O LDPE é, às vezes, utilizado em sacos para lojas de departamento, por causa de sua maior rigidez.

O Gráfico 7 mostra a evolução dos tipos de embalagem desde o ano de 2000:

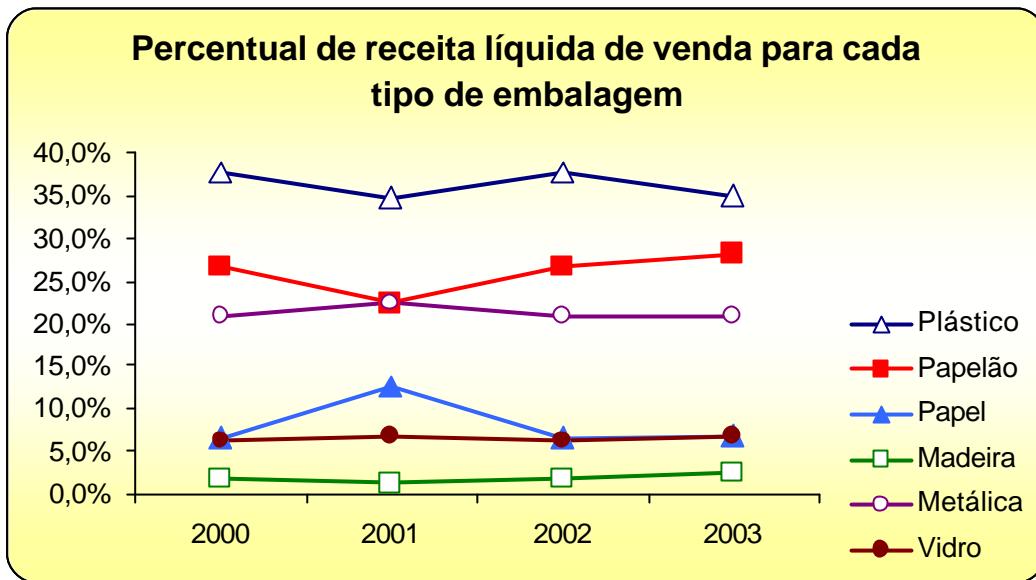


Gráfico 7: Percentual de receita líquida de venda para cada tipo de embalagem
(fonte: IBRE/FGV)

Deste gráfico pode-se concluir que o setor de papelão é o segundo com cerca de 28% do total de receita líquida de venda de embalagens, só perdendo para o plástico. E nota-se, principalmente, que não há grandes variações entre os tipos de embalagem, que estes setores possuem seus mercados praticamente definidos e uma mudança, que poderá vir a ocorrer, não será feita de uma hora para outra.

De acordo com pesquisas da IBRE/FGV, diante do estreitamento do mercado interno e, possivelmente, estimulados pela taxa de câmbio, os fabricantes de embalagem ampliaram suas vendas externas em 33%, passando de 136 milhões de dólares, em 2002, para 181 milhões, em 2003. O segmento com maior participação nas vendas externas é o de papel e papelão. Em 2003, as exportações de produtos como caixas e sacos de papel ou cartão, totalizaram 101,1 milhões de dólares, o equivalente a 55,9% das vendas consolidadas de embalagem.

3.4 Análise do Setor Alimentício

Como atualmente os principais clientes da Ibratec são do setor alimentício, ao invés de estudá-los separadamente, optou-se por verificar o setor alimentício de maneira geral. Esta predominância fica bem evidente no Gráfico 8.

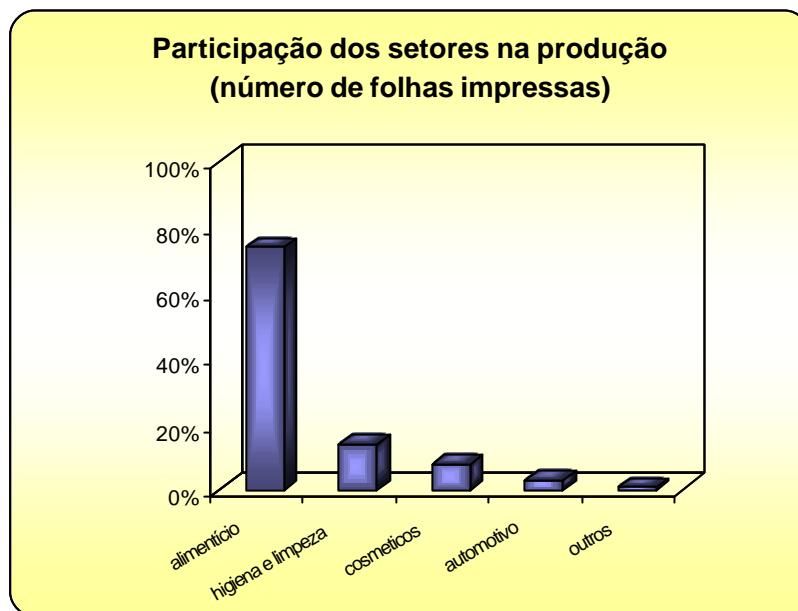


Gráfico 8: Participação dos setores na produção (número de folhas impressas)

Este Gráfico de Pareto se relaciona intimamente com o Gráfico 4 (estratificação) que mostra a quantidade de folhas impressas com um maior número de cores (4 e 5 cores). Isto porque a maioria das embalagens destinadas ao setor alimentício têm a função de embalagem de exposição nas gôndolas dos supermercados, que para chamarem mais atenção utilizam um maior número de cores se comparado às embalagens de transporte fabricadas para a indústria automotiva, por exemplo.

De acordo com pesquisas da IBRE/FGV, a indústria de alimentos – a maior entre as usuárias de embalagem – sofreu quedas de produção em 2003 que foram generalizadas, embora de magnitudes relativamente reduzidas. No setor de laticínios, a diminuição no volume produzido foi de 1,6%. No de aves, a despeito do bom desempenho exportador, a queda foi de 2,5%.

Porém, a maior retração entre os principais setores usuários de embalagem foi registrada na indústria farmacêutica, que não é o alvo da Ibratec atualmente. Em 2003, a produção de medicamentos foi de 18,4% menor do que em 2002. Estes

números ajudam a entender a forte concentração sofrida pela indústria da embalagem.

A queda na produção de embalagem aprofundou-se ao longo do ano de 2003. A rigor, a indústria já vinha enfrentando alguma desaceleração, ao encerrar 2002 com taxa de crescimento de 0,97%, menos da metade dos 2,2%, obtidos em 2001. Esta desaceleração, entretanto, nem de longe permitia antever o grau de retração que viria a acontecer durante 2003. Ao fim do primeiro trimestre, a produção havia encolhido 4,6%. Daí até o final do ano, houve três quedas mensais superiores a 7% e outras duas acima de 10%. O pior resultado se deu em agosto, mês em que a produção recuou 11,8%, em relação a igual período de 2002.

3.5 Análise dos Principais Concorrentes

Segundo os resultados consolidados da POD (Pesquisa de Opinião de Conjuntura e Desempenho Setorial Gráfico), pesquisa realizada pelo DECON (Dept. de Estudos Econômicos da ABIGRAF) sobre as empresas gráficas que em sua linha de produtos fabricam preponderantemente embalagens cartonadas, 47% avaliaram a conjuntura econômica de 2003 melhor que 2002, enquanto que 53% declararam que os aspectos conjunturais foram iguais ou pior que o ano anterior.

Nessa mesma pesquisa 55% das gráficas de embalagens declararam que sua produção em volume foi igual ou superior em 2003, enquanto 45% converteram menos no período.

Já em relação às vendas, 64% das empresas declararam crescimento de faturamento a valores constantes, devido principalmente ao repasse de aumentos de custo de produção ocorridos em 2003 (aproximadamente 16%).

Analisando-se os resultados na pesquisa, juntamente com a queda de consumo aparente do papel cartão, infere-se que as vendas de embalagens cartonadas apresentaram queda em volume na relação 2003/2002, muito embora em valores

correntes tenham apresentado aparente crescimento, bem como acirrada concorrência entre as empresas que atuam no segmento gráfico de embalagens cartonadas.

Como reflexo de um fraco desempenho econômico, apenas 19% das empresas pesquisadas informaram que investiram na ampliação da produção, as demais empresas que apresentaram algum investimento em bens de capital, focaram esforços na renovação tecnológica dos equipamentos (19%), na busca de novos nichos de mercado (14%), diversificação de produtos (10%); 38% das empresas não investiram.

Atualmente, uma das empresas que mais se destaca na produção de embalagens de papel cartão, no setor alimentício é a Brasilgráfica. Ela produz cerca de 4 vezes a mais do que é produzido pela Ibratec Artes Gráficas atualmente. Isso pode ser notado no Gráfico 8. Já em relação ao crescimento percentual de produção a Ibratec teve uma evolução maior que a de seu principal concorrente.

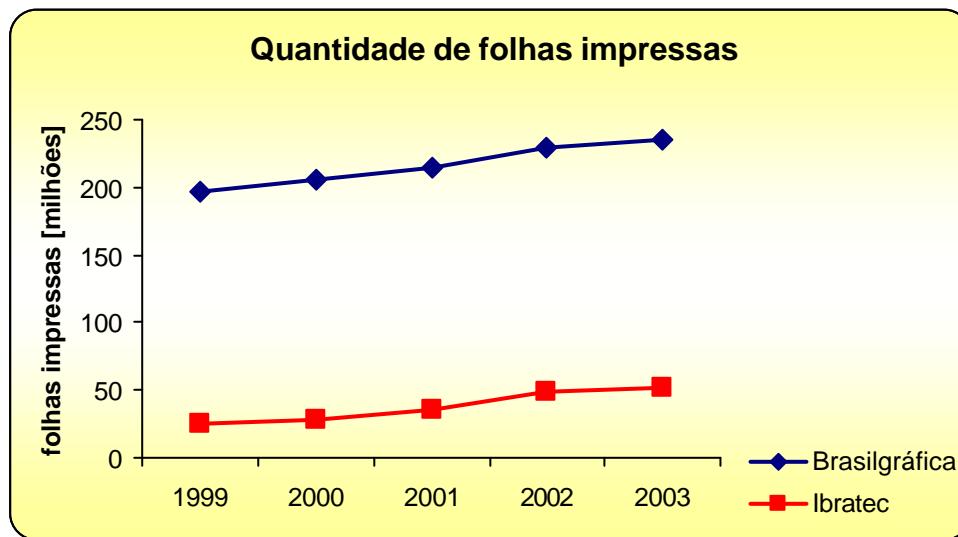


Gráfico 8: Quantidade de folhas impressas (Ibratec X Brasilgráfica)

3.6 Análise Conjunta

Recapitulando, o cenário econômico está otimista, com uma previsão de crescimento do PIB de aproximadamente 5% anuais, o que trará um reflexo positivo na produção de embalagens de modo geral.

Em relação a produtos substitutos, verificamos que não houve grandes mudanças nos últimos anos. O que chamou um pouco a atenção foi o crescimento das exportações principalmente de papel e papelão.

O setor alimentício que é o principal mercado das indústrias gráficas de embalagens, teve uma pequena queda no último ano, porém não foi significativa. A grande diminuição na produção de embalagens neste mesmo período foi devido à baixa no setor de medicamentos, que atualmente não é o foco da Ibratec.

Já em relação aos principais concorrentes, a Ibratec vem tendo um crescimento percentual anual maior, provavelmente por ser uma empresa nova, de menor porte encontrando-se ainda em uma fase de crescimento, contra uma fase mais estável dos principais concorrentes.

Com todas essas informações, comprovando o atual crescimento da Ibratec, juntamente com opiniões de pessoas mais envolvidas estrategicamente com a empresa, pôde-se verificar, neste ano de 2004, um aumento na produção e estimar um crescimento de cerca de 20%. Para os próximos anos espera-se um crescimento, porém não tão grande como neste.

Pode-se verificar uma tendência no crescimento das vendas dos produtos com maior número de cores, pois consegue-se um acabamento muito superior e dependendo do tamanho do lote a diferença de preço nem é tão significativa para o cliente. Isso ocorre muitas vezes com “produtos de linha”, que possuem pedidos relativamente grandes e que se repetem constantemente, fazendo com que os custos por cores adicionais se diluam ao longo das produções, o que se torna mais difícil em produtos promocionais.

Muitas vezes pode-se aumentar o número de cores para facilitar o ajuste das máquinas. Pode-se adicionar uma cor especial, evitando a composição de cores ou usar duas chapas com a mesma cor (uma para o fundo e outra para detalhes, por exemplo), tudo para agilizar e facilitar o ajuste dos serviços.

Porém, existem atualmente muitas embalagens que utilizam apenas uma cor, podendo ser produtos mais simples que queiram reduzir o custo ao máximo ou produtos que não tem a função de embalagem de exposição. Esta é também uma família que vem tendo um aumento nas vendas.

Já para as embalagens com duas e principalmente com três cores, espera-se um volume muito inferior, se comparado às outras famílias. Resumindo estas informações pôde-se formular as seguintes hipóteses de previsão:

- Previsão de crescimento de 5% anuais do PIB;
- Pequena ameaça de produtos substitutos;
- Crescimento das exportações de embalagens de papel e papelão;
- Setor alimentício é o maior consumidor de embalagens;
- Crescimento percentual anual de produção da Ibratec maior que dos principais concorrentes;
- Alto crescimento nas vendas de embalagens com maior número de cores;
- Crescimento nas vendas de embalagens com uma cor;
- Baixo crescimento nas vendas de embalagens com duas ou três cores.

Com todas estas informações disponíveis, pôde-se realizar reuniões com funcionários do departamento de vendas e com os gerentes de vendas e industrial, nas quais foram analisados os dados e proposto uma previsão de crescimento para cada família de produtos separadamente para os quatro próximos anos. Deve-se lembrar que esta previsão será feita em número de folhas, que em média contém aproximadamente cinco cartuchos, pois o estudo de capacidade a ser feito mais adiante será realizado no setor de impressão, que tem como parâmetro de produção o número de folhas e não o de cartuchos.

Tais porcentagens estimadas de crescimento podem ser melhor visualizados no Gráfico 9 e na Tabela 1, que contém estes dados, bem como os cenários pessimista e otimista. Estes cenários foram calculados á partir do erro estimado pelos especialistas

que participaram da previsão. A margem de erro adotada foi de 3% a menos do esperado (cenário pessimista) e 3% a mais (cenário otimista).

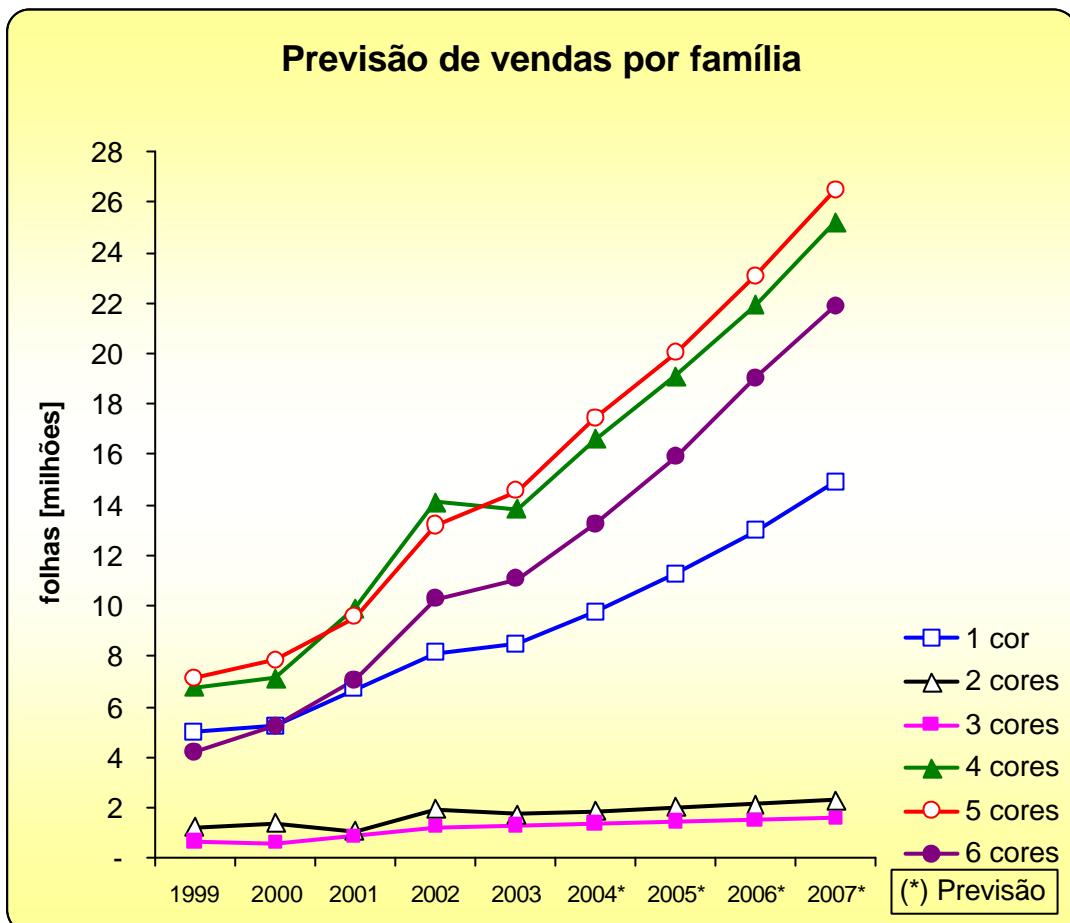


Gráfico 9: Previsão de vendas por família de produtos

Previsão de vendas

| | Percentual de crescimento estimado | Cenários | | |
|------|------------------------------------|-------------------------------|--------|----------|
| | | [milhões de folhas impressas] | Normal | Otimista |
| 2004 | 1 cor | 15 ± 3% | 9,52 | 9,78 |
| | 2 cores | 7 ± 3% | 1,80 | 1,85 |
| | 3 cores | 5 ± 3% | 1,32 | 1,36 |
| | 4 cores | 20 ± 3% | 16,18 | 16,60 |
| | 5 cores | 20 ± 3% | 16,99 | 17,43 |
| | 6 cores | 20 ± 3% | 12,90 | 13,23 |
| | Total | | 58,71 | 60,24 |
| 2005 | 1 cor | 15 ± 3% | 10,67 | 11,25 |
| | 2 cores | 7 ± 3% | 1,87 | 1,98 |
| | 3 cores | 5 ± 3% | 1,34 | 1,42 |
| | 4 cores | 15 ± 3% | 18,12 | 19,09 |
| | 5 cores | 15 ± 3% | 19,03 | 20,04 |
| | 6 cores | 20 ± 3% | 15,09 | 15,87 |
| | Total | | 66,13 | 69,65 |
| 2006 | 1 cor | 15 ± 3% | 11,95 | 12,93 |
| | 2 cores | 7 ± 3% | 1,95 | 2,12 |
| | 3 cores | 5 ± 3% | 1,37 | 1,49 |
| | 4 cores | 15 ± 3% | 20,30 | 21,95 |
| | 5 cores | 15 ± 3% | 21,32 | 23,05 |
| | 6 cores | 20 ± 3% | 17,66 | 19,05 |
| | Total | | 74,53 | 80,59 |
| 2007 | 1 cor | 15 ± 3% | 13,38 | 14,87 |
| | 2 cores | 7 ± 3% | 2,02 | 2,27 |
| | 3 cores | 5 ± 3% | 1,40 | 1,57 |
| | 4 cores | 15 ± 3% | 22,73 | 25,24 |
| | 5 cores | 15 ± 3% | 23,87 | 26,51 |
| | 6 cores | 15 ± 3% | 19,77 | 21,91 |
| | Total | | 83,18 | 92,36 |

Tabela 1: Previsões de vendas

O fato de se fazer estas previsões para cada família de produtos, separadamente, facilitou tal tarefa e provavelmente minimizou possíveis erros. Neste momento, então, pode-se somar as previsões de cada família para se obter a previsão de vendas total da fábrica. O Gráfico 10 representa a previsão de vendas total da Ibratec para os anos de 2004, 2005, 2006 e 2007.

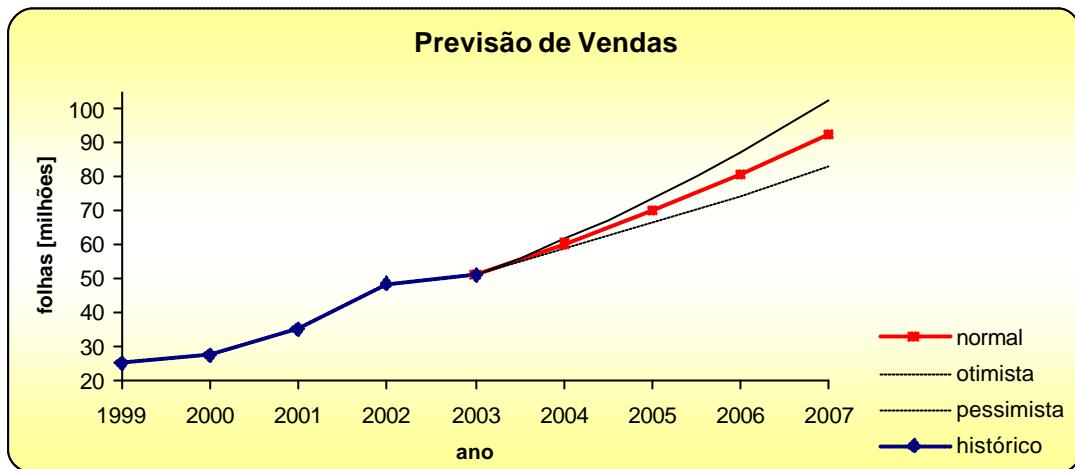


Gráfico 10: Previsão de vendas total

Com este gráfico, pode notar que o crescimento previsto estará entre a projeção pessimista e a otimista, ou seja, as vendas de embalagens da Ibratec Artes Gráficas deverá crescer entre 63% e 101% até o final de 2007.

Como se trata de uma previsão pode-se garantir que ela não está 100% correta. Muito pelo contrário, como na maioria dos casos, não se consegue chegar nem perto disso. Assim, uma previsão nunca pode ser considerada imutável, ela deve ser sempre atualizada, comparando o que foi estimado com o realizado, calculando-se os erros e dispondo-se a reavaliar as hipóteses e modificar o método de previsão, quando necessário, ganhando sempre o comprometimento com a melhoria do processo e se aproximando cada vez mais da realidade.

Capítulo 4 – LEVANTAMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA

4.1 Identificação do Recurso Gargalo

Para se obter a capacidade de uma fábrica, deve-se conhecer a produtividade de todos os setores. O setor que tiver a menor produtividade é aquele que vai determinar a capacidade da fábrica e é conhecido como gargalo de produção.

A produção propriamente dita da Ibratec pode se resumir basicamente em três setores: impressão, corte e colagem.

O setor de impressão offset conta com 5 máquinas de características e capacidades diferentes, quais sejam:

- 1 impressora Roland 700 6 cores + verniz
- 1 impressora Roland Rekord 72x102 6 cores + verniz
- 1 impressora Roland Rekord Miehle 72x102 4 cores
- 1 impressora Roland Rekord 72x102 2 cores
- 1 impressora Roland Ultra 89x126

Todas juntas conseguem imprimir cerca de 12.000 folhas por hora.

Já o setor de corte e vinco possui 7 máquinas, quais sejam:

- 2 Bobst 102E 72x102 com destaque
- 1 Bobst SP102S 72x102
- 1 Shung Fa TS110 com destaque
- 2 máquinas 72x102 manuais
- 1 máquina 61x84 manual

Estas 7 máquinas juntas podem cortar e vincar cerca de 15.000 folhas por hora.

E por último, o setor de acabamento e colagem que dispõe de 5 coladeiras como descritas a seguir:

- 1 coladeira Bobst Amazon 105 com Hot Melt e Bico Injetor
- 2 coladeira Ricall RST 110
- 1 coladeira Ricall RST 75
- 1 coladeira Baby Bobst

Estas máquinas fazem com que este setor consiga dar acabamento em cerca de 70.000 cartuchos por hora. Como, em média, cada folha tem 5 cartuchos, para que se possa comparar a produtividade com os outros setores, considera-se então que o setor de colagem consegue produzir 14.000 folhas por hora.

Deve-se levar em consideração também que nem todos os produtos precisam passar por este último setor, pois alguns são entregues abertos, não necessitando serem colados. Tais produtos representam cerca de 30% do total da produzido.

Com tais dados, pode-se concluir que o gargalo da empresa é o setor de impressão, o que faz com que a capacidade de produção da empresa seja restrita pela capacidade deste setor. Dessa forma, este trabalho ficará voltado mais para o setor de impressão, onde serão feitos estudos mais detalhados.

4.2 Descrição das Máquinas Existentes

Como já dito anteriormente, o setor de impressão conta com cinco máquinas, que terão suas características descritas a seguir.

A impressora mais moderna que a Ibratec possui atualmente é a Roland 700 que pode imprimir até seis cores, além do verniz. Ela é toda computadorizada, o torna os *set-ups* mais precisos e rápidos. Para operá-la são necessários um impressor especialmente treinado para tal função e mais dois ajudantes por turno.



Figura 7: Impressora Roland 700

Uma outra impressora, também muito utilizada é a Roland Rekord 72x102, que também consegue imprimir até 6 cores, além do verniz. A principal diferença entre esta e a Roland 700 é devido ao fato desta máquina ser mais antiga e bem menos computadorizada, o que torna as tarefas de *set-up* mais lentas e proporciona uma menor velocidade de produção. Para operá-la são necessários um impressor e dois ajudantes por turno.



Figura 8: Impressora Roland 6 cores

A impressora Roland Rekord Miehle 72x102 suporta até quatro cores, porém se nesta máquina for rodar um produto com verniz, este deve ocupar o lugar de uma das cores. Um impressor e um ajudante são suficientes para operá-la, por turno.



Figura 9: Impressora Miehle 4 cores

Já a impressora Roland Rekord 72x102 pode imprimir uma ou duas cores, e como na Miehle descrita anteriormente, caso seja necessário utilizar verniz, este deverá ocupar o lugar de uma das cores. Atualmente apenas um impressor e um ajudante trabalham nesta máquina.



Figura 10: Impressora Rekord 2 cores

E por último tem-se a impressora Roland Ultra 89x126, que é a mais velha de todas, podendo imprimir apenas uma cor. Porém atualmente ela vem sendo utilizada apenas para se passar verniz, principalmente nas folhas que foram impressas em outras máquinas. Um único impressor é necessário para operá-la. Todos esses dados encontram-se resumidos na Tabela 2.

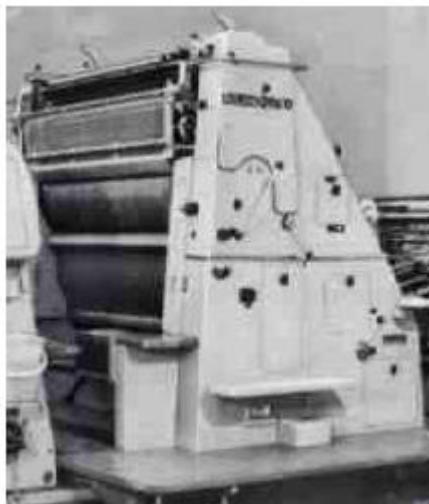


Figura 11: Impressora Rekord Ultra

4.3 Estudo da Capacidade Produtiva de cada Máquina

Para verificar o desempenho destas máquinas foram coletadas informações através dos Boletins de Produção Offset de todas as máquinas do setor de impressão. Este foi um dos motivos para a realização deste trabalho, pois, como já dito anteriormente, tais boletins existem somente em forma de formulários. Atualmente eles não são passados para o computador e analisados cuidadosamente.

Utilizou-se para este estudo um período de duas semanas. Foi adotada esta quantidade de dias como amostra, por não ser nem tão curta a ponto de se escolher dias não rotineiros de produção, com pedidos grandes ou pequenos demais ou com problemas não comuns nas máquinas, nem um período muito grande, que seria um grande desperdício.

Este Boletim de Produção Offset contém informações tais como data, máquina, cliente, produto/código, item, atividade (17 códigos – descritos a seguir), horário de início da atividade, horário de término da atividade, tiragem, malas (refugos) e operador.

Após passar todos estes dados para o computador, pôde-se verificar primeiramente o tempo de *set-up* médio e a capacidade de produção. Esta capacidade foi calculada através da relação entre o número de folhas produzidas e o tempo total de produção propriamente dita (não considerando as perdas).

A impressora Roland 700 que trabalha em dois turnos de doze horas, realiza um *set-up* em média de 115 minutos e tem a capacidade de produzir cerca de 136 folhas por minuto.

A quantidade e a duração dos turnos da Roland Rekord 6 cores é a mesma, mas seu tempo de *set-up* sobe para 134 minutos e a capacidade cai para 95 folhas por minuto.

Já a impressora Roland Rekord Miehle realiza dois turnos de oito horas cada, requer cerca de 127 minutos de *set-up* e tem capacidade de 84 folhas por minuto.

As impressoras Roland Rekord bicolor e a Roland Ultra trabalham ambas em apenas um turno de doze horas. O tempo de *set-up* da bicolor é de 106 minutos com capacidade de 101 folhas por minuto, já a Ultra requer um tempo de *set-up* de 85 minutos e tem capacidade de produzir 47 folhas por minuto.

Todas estas informações, assim como as características e a quantidade de funcionários necessária para operação destas cinco máquinas, descritas anteriormente, se encontram resumidas na Tabela 2.

| | Roland 700 | Roland 6 Cores | Miehle 4 cores | Rekord 2 cores | Rekord Ultra |
|------------------------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| cores | 6 | 6 | 4 | 2 | 1 |
| verniz incluso? | sim | sim | não | não | não |
| impressores | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ajudantes | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| turnos | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| horas/turnos | 12 | 12 | 8 | 12 | 12 |
| horas trabalhadas/dia | 24 | 24 | 16 | 12 | 12 |
| tempo setup [min] | 115 | 134 | 127 | 106 | 85 |
| capacidade [f/min] | 136 | 95 | 84 | 101 | 47 |

Tabela 2: Resumos das diferenças entre as máquinas

4.4 Capacidade Produtiva Total da Fábrica

Somando-se estas capacidades obtemos a capacidade total do setor de impressão e consequentemente da fábrica. Este valor é de aproximadamente 463 folhas por minuto. Porém deve-se lembrar que não é possível utilizar esta capacidade para um determinado produto, pois cada máquina tem suas restrições, diferenciando umas das outras, o que impossibilita produzir o mesmo produto em todas as impressoras.

Não se deve esquecer também que esta é a capacidade de produção e não representa o que é realmente produzido, pois como veremos a diante, o setor de impressão utiliza uma parcela muito pequena desta capacidade total.

Capítulo 5 – AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE

Para analisar a produtividade do setor de impressão utilizou-se do OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Eficácia Global dos Equipamentos) que é um indicador do rendimento dos equipamentos que considera tanto os aspectos de produtividade, quanto os de qualidade envolvidos no processo.

A medida de melhoria do OEE é o produto de três fatores (Índice de Tempo Operacional, Índice de Desempenho Operacional e Índice de Produtos Aprovados). Todos os três fatores que compreendem o OEE demonstram como o equipamento e processo estão em comparação aos níveis de projeto.

O valor do OEE deve ser comparado ao longo do tempo e seu mérito está em apontar em quais destes fatores estão acontecendo as perdas. Melhorar qualquer um destes fatores deverá melhorar a qualidade, a produtividade, os custos, a satisfação do cliente, a segurança no trabalho, etc.

5.1 Índice de Tempo Operacional

O Índice de Tempo Operacional (ITO) ou disponibilidade é a relação entre o Tempo de Carga (TC) e o Tempo de Operação (TO). Deve ser considerado o tempo planejado para a utilização do equipamento e o tempo em que este fica disponível para operação.

Tempo de Carga é o tempo que se está planejando operar o equipamento. É o Tempo Calendário (TD), que é o tempo que o equipamento poderia operar supondo que não tivesse tempo de parada planejada ou não, menos o tempo perdido com paradas planejadas (PCP, almoço, reuniões, manutenções preventivas, etc.).

Tempo de Operação é o tempo em que o equipamento realmente opera. É igual ao Tempo de Carga menos as perdas por paradas (quebras, preparação, ajuste, etc.).

$$ITO = TC / TO$$

$$TC = TD - \text{paradas planejadas}$$

$$TO = TC - \text{perdas por paradas}$$

Este fator pode ser melhorado pelos pequenos grupos utilizando os equipamentos adequadamente, tomando cuidado com as pequenas anormalidades enquanto estas são ainda pequenas, realizando manutenção planejada e reduzindo o tempo necessário para *set-up* e ajustes na troca de pedidos.

5.2 Índice de Desempenho Operacional

O Índice de Desempenho Operacional (IDO) ou eficiência é um fator que mede quão bem o equipamento está rodando quando disponível. Os pequenos grupos podem ter um maior impacto neste fator conforme for a marcação das paradas de linha e pequenas paradas que geralmente deixam de ser anotadas.

Para aumentar a eficiência deve-se reduzir pequenas paradas do equipamento e rodar o equipamento em velocidade ótima. Pequenas paradas são aqueles pequenos problemas que podem ser facilmente corrigidos, que freqüentemente são ignorados, mas que somados cumulativamente podem aumentar consideravelmente o tempo total de parada.

O IDO pode ser calculado como o produto do Ciclo Padrão (ciclo de projeto) pela Quantidade Produzida (folhas boas ou ruins) dividido pelo Tempo de Operação. O IDO mede tanto as perdas por velocidade como as perdas por pequenas paradas.

Ciclo Padrão (na maioria dos casos) é o tempo de ciclo do projeto do equipamento, mas nem sempre esta é a melhor interpretação deste índice. Este tempo de ciclo deverá ser determinado caso a caso. Com muita freqüência, a velocidade de funcionamento deve ser reduzida com o objetivo de se eliminar a fabricação de produtos fora de especificação. O Ciclo Padrão irá depender das características de cada processo e pode ser determinado como a velocidade de projeto, condições

ótimas (podendo variar dependendo do produto a ser produzido), o melhor tempo de ciclo já atingido ou uma estimativa dependente das experiências obtidas com outros equipamentos. Dessa forma, para este estudo, o Ciclo Padrão adotado foi a média das produções, calculada pela relação entre o número de folhas produzidas e o tempo gasto com a real produção, não considerando as paradas. Será adotada esta média porque há uma pequena variação na velocidade de produção das impressoras, dependendo do tipo de cartão utilizado e da quantidade de detalhes da impressão.

Quantidade Produzida é o número total de folhas impressas, tanto boas quanto ruins durante um dado tempo de funcionamento.

$$\text{IDO} = (\text{Ciclo Padrão} \times \text{Quantidade Produzida}) / \text{Tempo de Operação}$$

5.3 Índice de Produtos Aprovados

O Índice de Produtos Aprovados (IPA) ou índice de qualidade é o fator que representa basicamente a capacidade de fazer certo pela primeira vez. É a relação entre a Quantidade Produzida menos a quantidade de Defeituosos sobre a Quantidade Produzida.

Quantidade Produzida é o número total de folhas produzidas, tanto boas como ruins, durante um dado período de funcionamento. A Quantidade Produzida é a mesma para calcular o IDO como o IPA.

Defeituosos é o número de folhas produzidas rejeitadas ou refugadas durante um dado Tempo de Operação. Este número inclui também as perdas de início de produção (*start-up*), que ocorrem após uma mudança de turno, finais de semana ou feriados.

$$\text{IPA} = (\text{Quantidade Produzida} - \text{Defeituosos}) / \text{Quantidade Produzida}$$

5.4 Cálculo do OEE

O OEE é um indicador que deve ser utilizado como ferramenta para se medir os progressos do TPM. Ele não deve ser utilizado para se comparar áreas com processos distintos ou fábricas.

Para realizar o cálculo do OEE foram novamente utilizados os dados obtidos nas fichas de Boletim de Produção Offset, descritas anteriormente, podendo-se calcular este índice para cada máquina separadamente.

No Boletim de Produção Offset as informações são registradas, marcando-se as quantidades produzidas e refugadas (malas) de determinado pedido e os tempos de início e término de diversas atividades divididas em dezessete códigos:

1. Problema com cartão
2. Problema com chapa
3. Problema com tinta
4. Limpeza / lubrificação
5. Aprovação
6. Falta de material
7. Manutenção
8. Refeição
9. Regulagens
10. Problema com borracha
11. Acerto
12. Produção
13. Lavagem
14. Padrão de cor
15. Testes
16. Aguardando serviço
17. Operando outra máquina

Com a Figura 12, fica mais fácil analisar os tipos de perdas possíveis e a maneira mais adequada para se agrupar estes dezessete códigos:

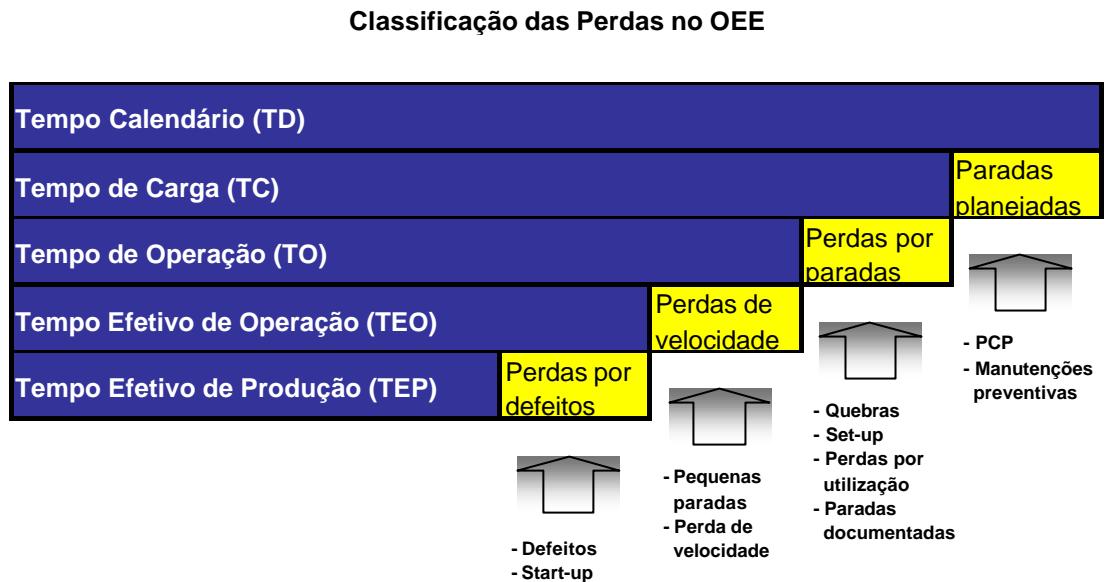


Figura 12: Classificação das Perdas no OEE
(adaptado de NAKAJIMA, 1988)

Como Paradas Planejadas que incluem as decisões de PCP e as manutenções preventivas, classificamos os códigos 4, 6, 7, 8, 15 ,16 e 17, que representam limpeza / lubrificação, falta de material, manutenção, refeição, testes, aguardando serviço e operando outra máquina, respectivamente.

As quebras de equipamentos, *set-up* e ajustes e perdas por utilização, classificadas como Perdas por Paradas, englobam os códigos 5, 11 ,13 e 14, que representam respectivamente aprovação, acerto, lavagem e padrão de cor.

Como Perdas por Velocidade que incluem as pequenas paradas e perdas de velocidade propriamente dita, classificamos os códigos 1, 2, 3, 9 e 10, que representam problemas com cartão, problemas com chapa, problemas com tinta, regulagens e problemas com borracha, respectivamente.

E finalmente para Perda por Defeitos que englobam defeitos e *start-up* utilizou-se o número de malas produzidas, já que perdas causadas pelo *start-up* podem ser

consideradas praticamente como inexistentes, mas que também estão inclusas no número de malas.

Abaixo serão calculados os OEE's para cada uma das cinco máquinas existentes no setor de impressão, separadamente:

➤ Roland 700

Tempo Calendário (TD): 24 h/dia x 11 dias x 60 min/h = 15.840 min.

Tempo de limpeza / lubrificação: 515 min.

Tempo de parada por falta de material: 30 min.

Tempo de parada para manutenção: 125 min.

Tempo para refeição: 610 min.

Tempo gasto com testes: 200 min.

Tempo de parada por falta de serviço: 30 min.

Tempo de parada para acerto: 4.680 min.

Tempo de parada para lavagem: 1.678 min.

Tempo de parada para aprovação: 205 min.

Tempo gasto para padrão de cor: 295 min.

Ciclo Padrão: 1/136 min./folha

Quantidade Produzida: 930.730 folhas

Defeituosos = 11.385 folhas

$$TC = TD - \text{paradas planejadas}$$

$$TC = 15.840 - (515 + 30 + 125 + 610 + 200 + 30) = 14.330 \text{ min.}$$

$$TO = TC - \text{perdas por paradas}$$

$$TO = 14.330 - (4.680 + 1.678 + 205 + 295) = 7.472 \text{ min.}$$

$$ITO = TO / TC$$

$$ITO = 7.472 / 14.330 = 0,5214 \Leftarrow \mathbf{52,14\%}$$

$$IDO = (\text{Ciclo Padrão} \times \text{Quantidade Produzida}) / TO$$

$$IDO = [(1/136) \times 930.730] / 7.472 = 0,9159 \Leftarrow \mathbf{91,59\%}$$

$$\text{IPA} = (\text{Quantidade Produzida} - \text{Defeituosos}) / \text{Quantidade Produzida}$$

$$\text{IPA} = (930.730 - 11.385) / 930.730 = 0,9877 \Leftarrow \mathbf{98,78\%}$$

$$\text{OEE} = \text{ITO} \times \text{IDO} \times \text{IPA}$$

$$\text{OEE} = 0,5214 \times 0,9159 \times 0,9877 = 0,4716 \Leftarrow \mathbf{47,17\%}$$

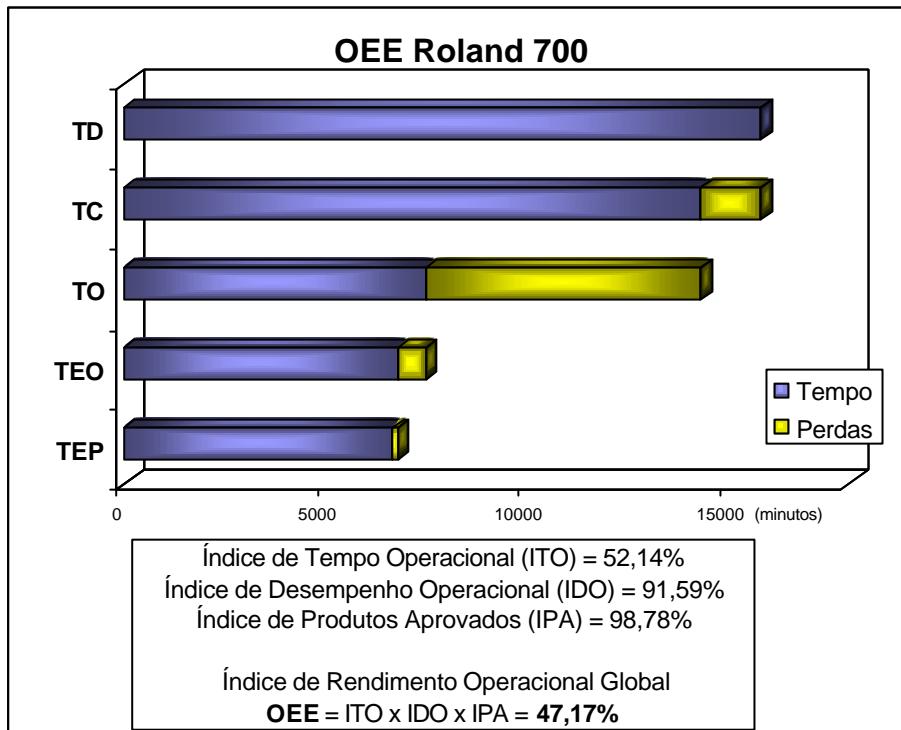


Gráfico 11: OEE Roland 700 atual

➤ Roland 6 cores

Tempo Calendário (TD): 24 h/dia x 11 dias x 60 min/h = 15.840 min.

Tempo de limpeza / lubrificação: 460 min.

Tempo de parada para manutenção: 115 min.

Tempo para refeição: 840 min.

Tempo de parada por falta de serviço: 25 min.

Tempo de parada para acerto: 3.430 min.

Tempo de parada para lavagem: 1.665 min.

Tempo de parada para aprovação: 85 min.

Tempo gasto para padrão de cor: 40 min.

Ciclo Padrão: 1/95 min./folha

Quantidade Produzida: 811.245 folhas

Defeituosos = 7.275 folhas

$$TC = TD - \text{paradas planejadas}$$

$$TC = 15.840 - (460 + 115 + 840 + 25) = 14.400 \text{ min.}$$

$$TO = TC - \text{perdas por paradas}$$

$$TO = 14.400 - (3.430 + 1.665 + 85 + 40) = 9.180 \text{ min.}$$

$$ITO = TO / TC$$

$$ITO = 9.180 / 14.400 = 0,6375 \Leftarrow \mathbf{63,75\%}$$

$$IDO = (\text{Ciclo Padrão} \times \text{Quantidade Produzida}) / TO$$

$$IDO = [(1/95) \times 811.245] / 9.180 = 0,9302 \Leftarrow \mathbf{93,02\%}$$

$$IPA = (\text{Quantidade Produzida} - \text{Defeituosos}) / \text{Quantidade Produzida}$$

$$IPA = (811.245 - 7.275) / 811.245 = 0,9910 \Leftarrow \mathbf{99,10\%}$$

$$OEE = ITO \times IDO \times IPA$$

$$OEE = 0,6375 \times 0,9302 \times 0,9910 = 0,5877 \Leftarrow \mathbf{58,77\%}$$

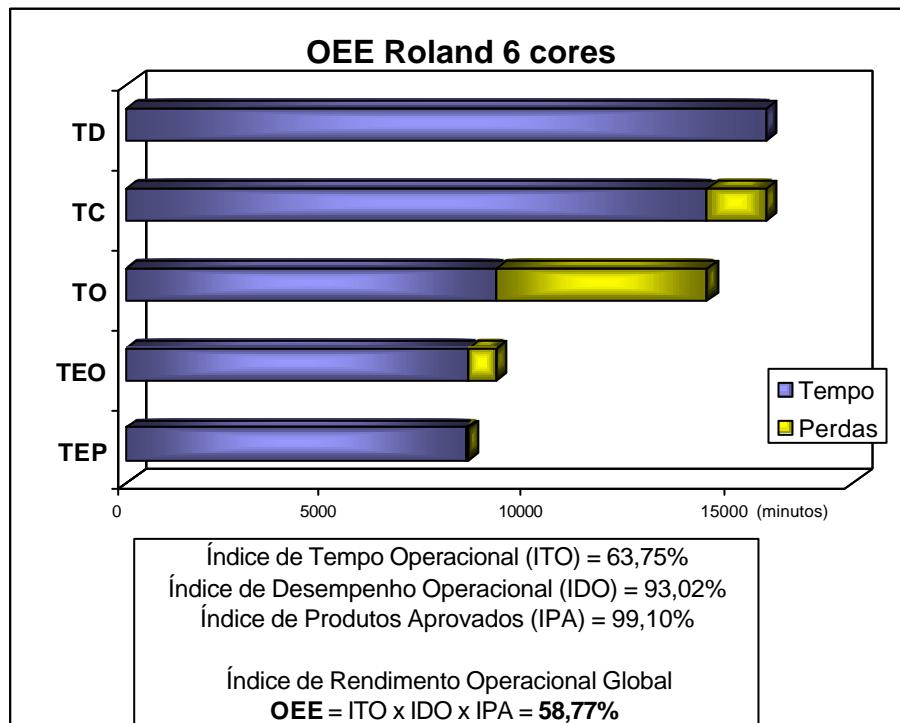


Gráfico 12: OEE Roland 6 cores atual

- Miehle 4 cores

Tempo Calendário (TD): 16 h/dia x 11 dias x 60 min/h = 10.560 min.

Tempo de limpeza / lubrificação: 165 min.

Tempo de parada por falta de material: 25 min.

Tempo de parada para manutenção: 300 min.

Tempo para refeição: 675 min.

Tempo gasto com testes: 15 min.

Tempo de parada para acerto: 3.730 min.

Tempo de parada para lavagem: 1.260 min.

Tempo de parada para aprovação: 40 min.

Tempo gasto para padrão de cor: 50 min.

Ciclo Padrão: 1/84 min./folha

Quantidade Produzida: 327.651 folhas

Defeituosos = 2.515 folhas

$$TC = TD - \text{paradas planejadas}$$

$$TC = 10.560 - (165 + 25 + 300 + 675 + 15) = 9.380 \text{ min.}$$

$$TO = TC - \text{perdas por paradas}$$

$$TO = 9.380 - (3.730 + 1.260 + 40 + 50) = 4.300 \text{ min.}$$

$$ITO = TO / TC$$

$$ITO = 4.300 / 9.380 = 0,4584 \Leftarrow \mathbf{45,84 \%}$$

$$IDO = (\text{Ciclo Padrão} \times \text{Quantidade Produzida}) / TO$$

$$IDO = [(1/84) \times 327.651] / 4.300 = 0,9071 \Leftarrow \mathbf{90,71 \%}$$

$$IPA = (\text{Quantidade Produzida} - \text{Defeituosos}) / \text{Quantidade Produzida}$$

$$IPA = (327.651 - 2.515) / 327.651 = 0,9923 \Leftarrow \mathbf{99,23 \%}$$

$$OEE = ITO \times IDO \times IPA$$

$$\text{OEE} = 0,4584 \times 0,9071 \times 0,9923 = 0,4126 \Leftarrow \mathbf{41,26\%}$$

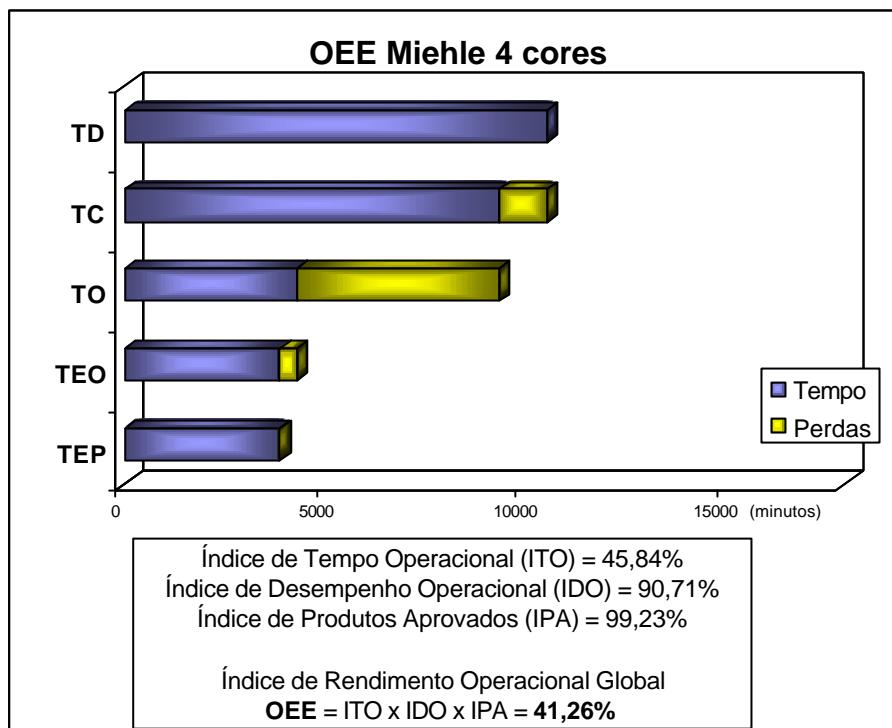


Gráfico 13: OEE Miehle 4 cores atual

➤ Rekord 2 cores

Tempo Calendário (TD): 12 h/dia x 11 dias x 60 min/h = 7.920 min.

Tempo de limpeza / lubrificação: 250 min.

Tempo de parada para manutenção: 80 min.

Tempo para refeição: 810 min.

Tempo de parada por falta de operador: 140 min.

Tempo de parada para acerto: 1.105 min.

Tempo de parada para lavagem: 490 min.

Ciclo Padrão: 1/101 min./folha

Quantidade Produzida: 477.360 folhas

Defeituosos = 420 folhas

$$TC = TD - \text{paradas planejadas}$$

$$TC = 7.920 - (250 + 80 + 810 + 140) = 6.640 \text{ min.}$$

$$TO = TC - \text{perdas por paradas}$$

$$TO = 6.640 - (1.105 + 490) = 5.045 \text{ min.}$$

$$ITO = TO / TC$$

$$ITO = 5.045 / 6.640 = 0,7598 \Leftarrow 75,98\%$$

$$IDO = (\text{Ciclo Padrão} \times \text{Quantidade Produzida}) / TO$$

$$IDO = [(1/101) \times 477.360] / 5.045 = 0,9368 \Leftarrow 93,68\%$$

$$IPA = (\text{Quantidade Produzida} - \text{Defeituosos}) / \text{Quantidade Produzida}$$

$$IPA = (477.360 - 420) / 477.360 = 0,9991 \Leftarrow 99,91\%$$

$$OEE = ITO \times IDO \times IPA$$

$$OEE = 0,7598 \times 0,9368 \times 0,9991 = 0,7111 \Leftarrow 71,11\%$$

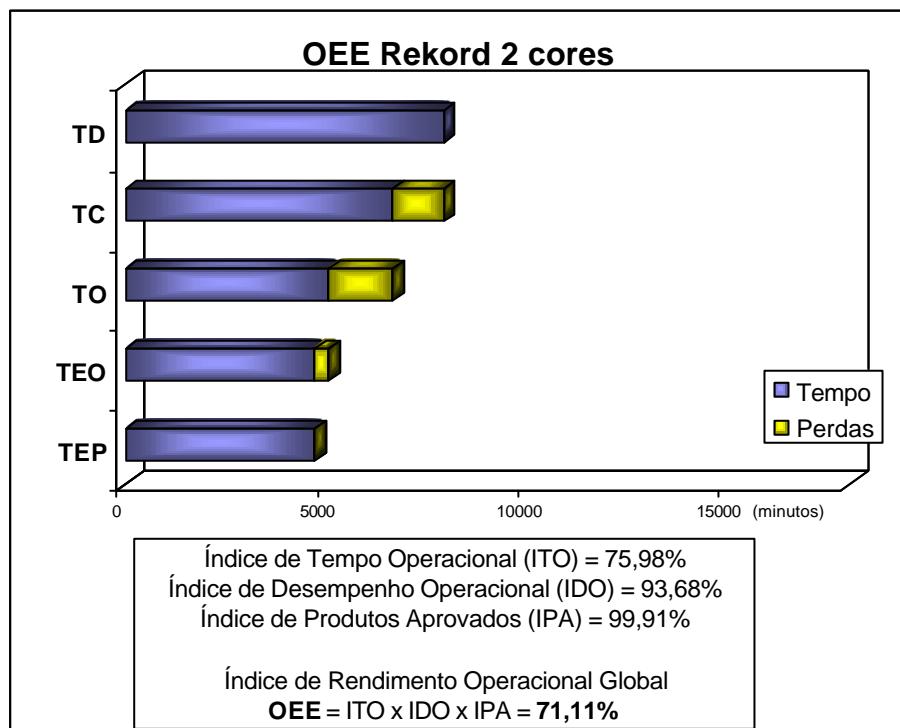


Gráfico 14: OEE Rekord 2 cores atual

➤ Rekord Ultra

Tempo Calendário (TD): 12 h/dia x 11 dias x 60 min/h = 7.920 min.

Tempo de limpeza / lubrificação: 305 min.

Tempo de parada por falta de material: 60 min.

Tempo de parada para manutenção: 105 min.

Tempo para refeição: 825 min.

Tempo gasto com testes: 200 min.

Tempo de parada por falta de serviço: 60 min.

Tempo de parada para acerto: 850 min.

Tempo de parada para lavagem: 170 min.

Ciclo Padrão: 1/47 min./folha

Quantidade Produzida: 213.898 folhas

Defeituosos = 333 folhas

$$TC = TD - \text{paradas planejadas}$$

$$TC = 7.920 - (305 + 60 + 105 + 825 + 200 + 60) = 6.365 \text{ min.}$$

$$TO = TC - \text{perdas por paradas}$$

$$TO = 6.365 - (850 + 170) = 5.345 \text{ min.}$$

$$ITO = TO / TC$$

$$ITO = 5.345 / 6.365 = 0,8397 \Leftarrow 83,97\%$$

$$IDO = (\text{Ciclo Padrão} \times \text{Quantidade Produzida}) / TO$$

$$IDO = [(1/47) \times 213.898] / 5.345 = 0,8515 \Leftarrow 85,15\%$$

$$IPA = (\text{Quantidade Produzida} - \text{Defeituosos}) / \text{Quantidade Produzida}$$

$$IPA = (213.898 - 333) / 213.898 = 0,9984 \Leftarrow 99,84\%$$

$$OEE = ITO \times IDO \times IPA$$

$$OEE = 0,8397 \times 0,8515 \times 0,9984 = 0,7139 \Leftarrow 71,39\%$$

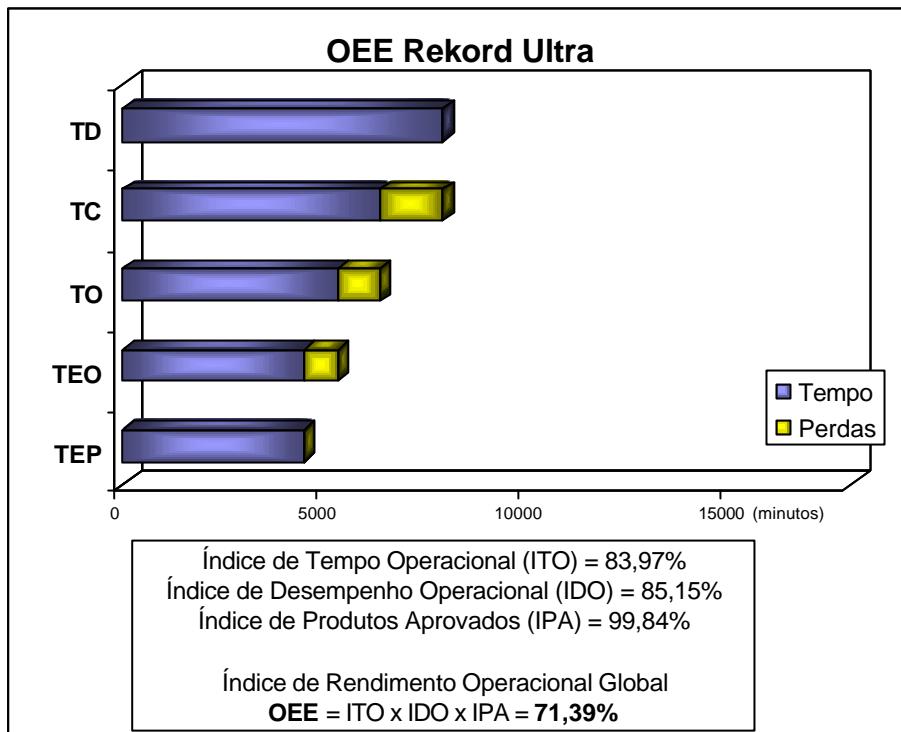


Gráfico 15: OEE Rekord Ultra atual

Para facilitar a visualização de todos estes índices foi montada a Tabela 3, que inclui também a capacidade, verificada anteriormente, que representa a quantidade de folhas possíveis de serem impressas por minuto (não considerando as perdas) e a produtividade, que mostra a quantidade real de folhas impressas por minuto (incluindo as perdas). Esta produtividade pode ser calculada dividindo o número de folhas boas produzidas pelo Tempo Calendário.

| | Roland 700 | Roland 6 cores | Miehle 4 cores | Rekord 2 cores | Rekord Ultra |
|-----------------------------|------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| ITO [%] | 52,14 | 63,75 | 45,84 | 75,98 | 83,97 |
| IDO [%] | 91,59 | 93,02 | 90,71 | 93,68 | 85,15 |
| IPA [%] | 98,78 | 99,10 | 99,23 | 99,91 | 99,84 |
| OEE [%] | 47,17 | 58,77 | 41,26 | 71,11 | 71,39 |
| Capacidade [folhas/min.] | 136 | 95 | 84 | 101 | 47 |
| Produtividade [folhas/min.] | 58,0 | 50,7 | 30,8 | 60,2 | 27,0 |

Tabela 3: Resumo OEE

5.5 Análise do OEE

Observando os Índices Operacionais Globais das máquinas, pode-se notar que as máquinas Rekord 2 cores e Rekord Ultra apresentam índices relativamente bons. Porém o que mais chamou a atenção foi o baixo Índice de Tempo Operacional ou disponibilidade das máquinas Roland 700, Roland 6 cores e Miehle 4 cores.

Isto se deve, principalmente, ao elevado tempo gasto nas operações de lavagem e acerto. Para a máquina Roland 700, por exemplo, pôde-se verificar que do total do tempo de Perdas por Paradas, 68 % correspondiam ao ajuste e 24 % à lavagem.

Como já dito anteriormente, o OEE não serve para comparar uma máquina com outra, e sim para analisar os pontos fracos de cada uma (disponibilidade, eficiência ou qualidade) e fazer um acompanhamento das alterações ao longo do tempo. Ele pode ser muito útil para se descobrir oportunidades para melhorias em uma determinada máquina, e documentando tais melhorias que reduzem desperdícios, pode-se aplicar os mesmos passos em equipamentos similares. Estas melhorias devem ser transferidas para os equipamentos existentes e para novas máquinas que estejam sendo projetadas e construídas.

Dessa forma, a seguir serão detalhadas as operações de *set-up* da máquina Roland 700, analisadas possibilidades de melhorias, reduzindo-se o tempo gasto e verificada a adequação de tais melhorias para as outras máquinas.

Capítulo 6 – ANÁLISE DAS OPERAÇÕES DE *SET-UP*

6.1 Análise do *Set-up* Atual

6.1.1 Metodologia

Como visto anteriormente um dos principais problemas se localiza durante o processo de *set-up*. Para se fazer uma análise mais abrangente possível, optou-se por verificar as atividades feitas durante um *set-up* de um pedido que tivesse que realizar todas as operações possíveis (*set-up* completo). Este procedimento foi adotado porque em alguns *set-ups* consegue-se aproveitar uma chapa de um pedido para outro ou a posição de alguma cor na máquina, por exemplo, o que diminui o número de operações e reduz um pouco o tempo total.

Para fazer este levantamento de dados foi feita uma reunião com o encarregado do setor de impressão, que inicialmente descreveu como são feitas e quais as principais operações de *set-up*. A partir daí decidiu-se acompanhar o *set-up* de três pedidos, em dias diferentes, sendo dois nos quais seriam realizadas todas operações rotineiras de *set-up* e um outro que não necessariamente completo.

Este número pequeno de três *set-ups* como amostra foi adotado porque a finalidade deste estudo não é obter uma precisão de tempos e sim fazer uma análise mais qualitativa do processo como um todo. Dessa forma, foi adotado este número de amostras para que não fosse analisado como padrão um *set-up* que incluísse algum tipo de problema (ex. quebra de algum equipamento durante o processo de *set-up*) ou tivesse sido realizado em algum dia não corriqueiro (ex. num dia em houve falta de algum ajudante).

Foi necessária a presença de três pessoas para anotar e cronometrar todas as operações de cada um dos ajudantes assim como do impressor, durante os três *set-ups* e produções. Houve um revezamento por parte das pessoas que estavam coletando as informações, sendo que em cada *set-up* cada pessoa acompanhou o

trabalho de um funcionário diferente. Além do *set-up* propriamente dito, foi preciso acompanhar também as produções porque algumas operações de *set-up* são realizadas durante o período de produção do pedido anterior ou posterior.

Após registrar todas estas informações, pode-se verificar quais são realmente todas as operações, a duração de cada uma (feita através da média entre as medições), a seqüência delas e quem as realiza.

6.1.2 *Set-up* interno X *Set-up* externo

Primeiramente será feita uma listagem de todas as atividades realizadas durante o processo de *set-up* e produção (Tabela 4), separando o que atualmente é realizado como *set-up* interno, que deve ser realizado com o equipamento parado, do *set-up* externo, que pode ser feito com o equipamento em uso, ou seja, durante a produção do pedido anterior, posterior ou durante o próprio pedido, de acordo com SHINGO (1985).

A Figura 13 apresenta um croqui da impressora Roland 700 para mostrar posicionamento de seus componentes.

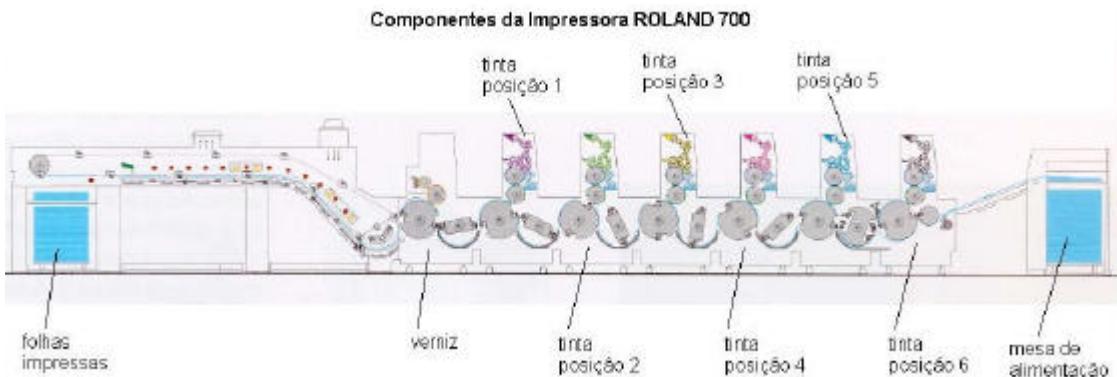


Figura 13: Componentes da impressora Roland 700

Classificação das atividades de set-up

| | Atividades | Set-up | |
|----|---|---------|---------|
| | | interno | externo |
| 1 | acionamento para lavagem das blanquetas (borrachas) | x | |
| 2 | acionar máquina | x | |
| 3 | acionar troca de chapas | x | |
| 4 | aguardando aprovação | x | |
| 5 | ajuste de cor | x | |
| 6 | ajuste de registro | x | |
| 7 | ajuste para padrão de cor - máximo | x | |
| 8 | ajuste para padrão de cor - mínimo | x | |
| 9 | alimentar cartão na mesa de preparação | | x |
| 10 | arrumar pallet do pedido anterior | | x |
| 11 | buscar cartão para próximo pedido | | x |
| 12 | buscar chapas para próximo pedido | | x |
| 13 | buscar padrão de cor para próximo pedido | | x |
| 14 | buscar tinta para próximo pedido | | x |
| 15 | cadastra pedido na máquina (pedido, quantidade, ordem de cores, etc.) | x | |
| 16 | colocar querosene - posição 1 | x | |
| 17 | colocar querosene - posição 2 | x | |
| 18 | colocar querosene - posição 3 | x | |
| 19 | colocar querosene - posição 4 | x | |
| 20 | colocar querosene - posição 5 | x | |
| 21 | colocar querosene - posição 6 | x | |
| 22 | colocar tinta nova - posição 1 | x | |
| 23 | colocar tinta nova - posição 2 | x | |
| 24 | colocar tinta nova - posição 3 | x | |
| 25 | colocar tinta nova - posição 4 | x | |
| 26 | colocar tinta nova - posição 5 | x | |
| 27 | colocar tinta nova - posição 6 | x | |
| 28 | cortar malas do tamanho adequado para próximo pedido | | x |
| 29 | devolver documentos do pedido anterior | | x |
| 30 | lavar chapas | | x |
| 31 | limpar resto de tinta com pano - posição 1 | x | |
| 32 | limpar resto de tinta com pano - posição 2 | x | |
| 33 | limpar resto de tinta com pano - posição 3 | x | |
| 34 | limpar resto de tinta com pano - posição 4 | x | |
| 35 | limpar resto de tinta com pano - posição 5 | x | |
| 36 | limpar resto de tinta com pano - posição 6 | x | |
| 37 | passar papel para descarregar cor | x | |
| 38 | posicionamento de chapa - posição 1 | x | |
| 39 | posicionamento de chapa - posição 2 | x | |
| 40 | posicionamento de chapa - posição 3 | x | |
| 41 | posicionamento de chapa - posição 4 | x | |
| 42 | posicionamento de chapa - posição 5 | x | |
| 43 | posicionamento de chapa - posição 6 | x | |
| 44 | posicionar malas para teste | | x |
| 45 | posicionar pallet para produção nova | | x |
| 46 | preparar mistura - posição 1 | x | |
| 47 | preparar mistura - posição 2 | x | |
| 48 | produção padrão de cor - máximo | x | |
| 49 | produção padrão de cor - mínimo | x | |
| 50 | retirar pallet com produção nova | | x |
| 51 | tirar tinta - posição 1 | x | |
| 52 | tirar tinta - posição 2 | x | |
| 53 | tirar tinta - posição 3 | x | |
| 54 | tirar tinta - posição 4 | x | |
| 55 | tirar tinta - posição 5 | x | |
| 56 | tirar tinta - posição 6 | x | |
| 57 | troca de chapa - posição 1 | x | |
| 58 | troca de chapa - posição 2 | x | |
| 59 | troca de chapa - posição 3 | x | |
| 60 | troca de chapa - posição 4 | x | |
| 61 | troca de chapa - posição 5 | x | |
| 62 | troca de chapa - posição 6 | x | |
| 63 | trocar borracha do verniz | | x |
| 64 | verificar cartões impressos e pequenos ajustes | | x |

Tabela 4: Classificação das atividades (set-up interno X set-up externo)

6.1.3 Gráfico de atividades

Segundo BARNES (1977), Gráfico de Atividade é um registro de sub-divisões do processo em função do tempo, fornecendo detalhes quanto ao aproveitamento do tempo. Ele tem como objetivo de estudo homem(s), máquina(s) e homem(s) e máquina(s).

Os Gráficos de Atividades são muito úteis, pois permitem a distinção entre tempo produtivo e tempo improdutivo, a sincronização de movimentos e balanceamento do trabalho.

A Figura 14 mostra os tipos de Gráficos de Atividades.

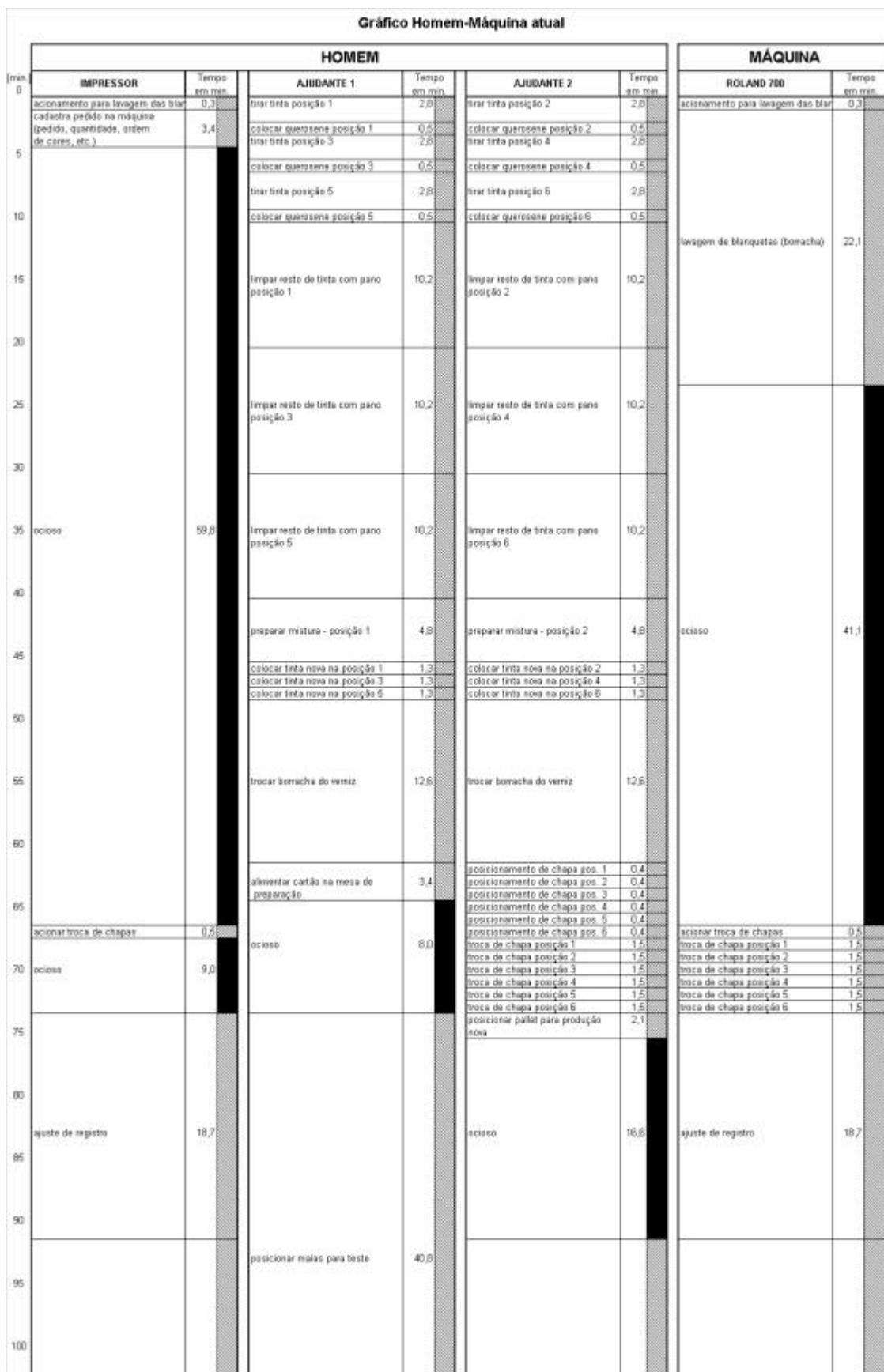


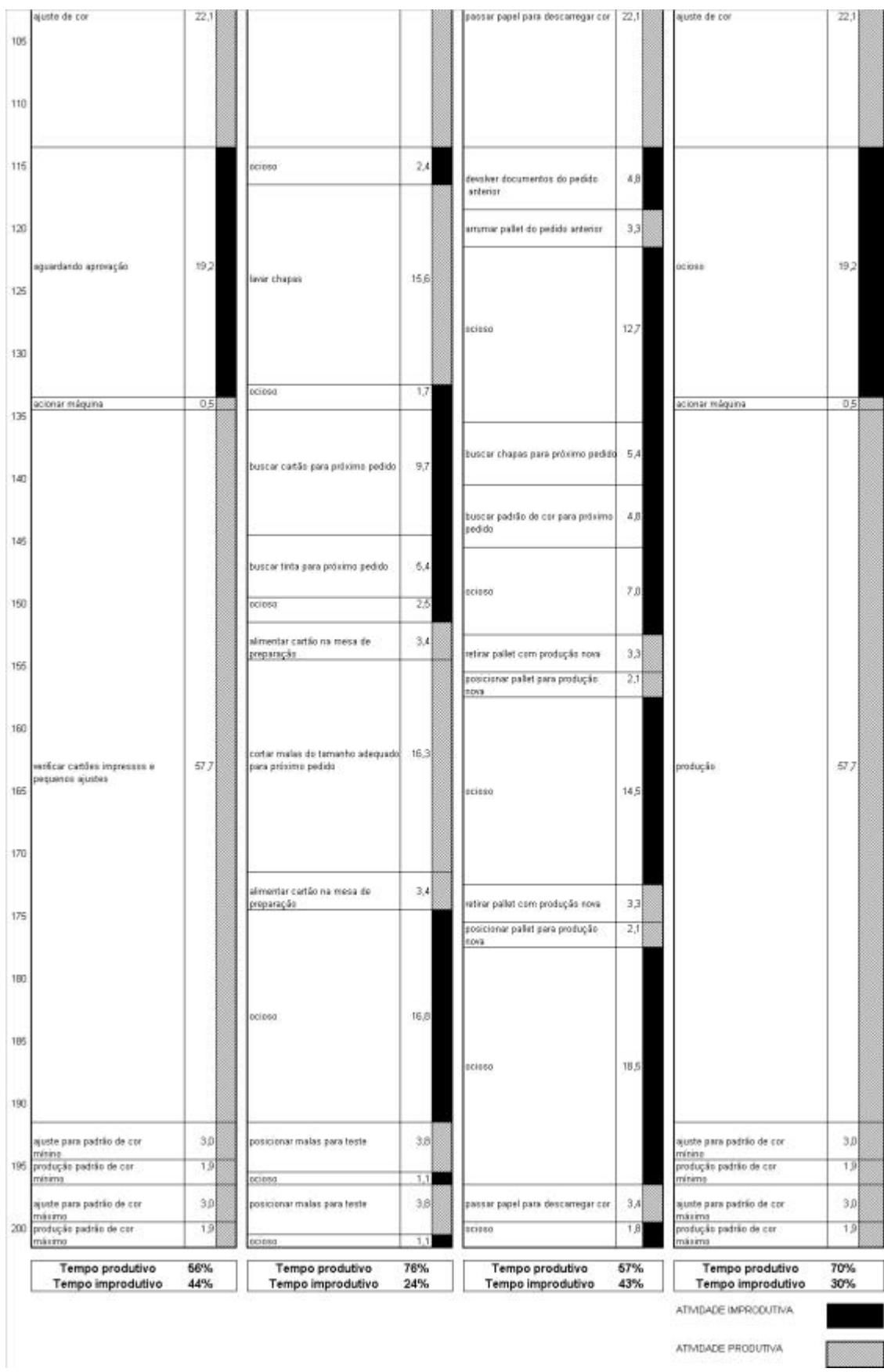
Figura 14: Tipos de Gráficos de Atividades
(fonte: FRANCISCHINI, 2003)

O Gráfico de Atividade Múltipla tem como característica considerar duas ou mais seqüências simultâneas de atividades numa mesma escala de tempo e inclui atividades independentes, onde quem (homem ou máquina) executa a ação detém o controle do tempo, atividades dependentes, onde existe a necessidade de disponibilidade simultânea de tempo de quem participa da ação e espera, que é a ociosidade ou atividade não definida.

De acordo com BARNES (1977) o Gráfico Homem-Máquina é um caso particular do Gráfico de Atividades Múltiplas que registra o trabalho conjunto de operador(es) e máquina(s). Ele tem como objetivo a minimização do tempo improdutivo ou maximização da taxa de utilização da capacidade, reduzindo paradas dos equipamentos, ociosidade da mão-de-obra, etc.

O Gráfico 16 é o Gráfico Homem-Máquina, entre três colaboradores, que são um impressor e dois ajudantes e a impressora Roland 700. Este gráfico representa como é atualmente a divisão de tarefas durante o *set-up* e a produção.





Com os dados do gráfico pode-se verificar a porcentagem de tempo produtivo e improdutivo para cada um dos integrantes. O que chama bastante a atenção é a quantidade de tempo improdutivo do impressor durante a lavagem das máquinas.

6.2 Propostas de Melhoria

Segundo SHINGO (1996), tempo de *set-up* é definido como o tempo entre a última boa produção de um produto e a primeira boa produção de um próximo produto. Uma boa metodologia de *set-up* permite a diversificação da produção para atender a demanda e a possibilidade de fabricação de pequenos lotes. Dessa forma, quanto maior for o tempo de *set-up*, menor é o tempo disponível para produção e por isso deve-se sempre buscar uma melhoria que consiga reduzir este tempo de parada ao máximo.

De maneira geral pode-se classificar em seis fatores as possibilidades de melhorias no processo de *set-up*:

- Priorização;
- Padronização;
- Eliminação;
- Mecanização;
- Operações em paralelo;
- Transformação de *Set-up* Interno em *Set-up* Externo.

Verificando a Tabela 3 com todas as operações realizadas durante um *set-up*, pôde-se encontrar operações consideradas como de *set-up* interno, mas que poderiam ser realizadas anteriormente, com a máquina em funcionamento.

Estas atividades são as de número 46 (preparar da mistura - posições 1) e 47 (preparar da mistura - posições 2). Estas operações são realizadas quando necessita-se de uma cor que não foi adquirida do fornecedor de tintas, por não ser utilizada em

muitos pedidos. Essa quantidade de cores que necessitam serem preparadas muito dificilmente passa de duas por pedido, mas estão sempre presentes principalmente nos pedidos com 4, 5 e 6 cores.

Estas atividades são muito simples, porém requerem muito cuidado na sua realização. Elas se resumem basicamente a seguir fórmulas pré-determinadas, que ditam os códigos das cores a serem misturadas em suas devidas proporções.

Atualmente elas são realizadas pelos ajudantes numa área ao lado da máquina após a limpeza total dos rolos e cilindros, quando “percebem” que a tinta ainda não está pronta.

Como melhoria propõe-se transformar esta atividade como integrante das de *set-up* externo, já que pode ser realizada sem problema nenhum durante um período de ociosidade do ajudante 2, existente na produção anterior, quando este já tiver posicionado o pallet para os próximos cartões a serem impressos e estiver aguardando para posicionar o próximo.

Esta proposta reduziria o tempo de *set-up* em cerca de 5 minutos e não teria nenhuma restrição nem por parte dos empregados nem prejudicaria a qualidade do produto.

Outro ponto que chamou a atenção no Gráfico Homem-Máquina apresentado no Gráfico 16 é o tamanho do período de ociosidade do impressor, no momento em que os dois ajudantes estão limpando a máquina.

Atualmente, todas as tarefas de tirar a tinta, colocar querosene, tirar o excesso de tinta com um pano e colocar tinta nova nas seis posições existentes são realizadas apenas pelos dois ajudantes.

Como segunda proposta de melhoria adotar-se-ia a técnica de Operações em Paralelo, segundo a qual seriam divididas as tarefas de tirar a tinta, colocar

querosene, tirar o excesso de tinta com um pano entre os três funcionários. E a tarefa das deposições de tintas nas seis posições ficariam por conta apenas do impressor.

Tal proposta poderia reduzir cerca de 17 minutos o tempo total de *set-up*.

O Gráfico 17 ilustra a seguir, as novas disposições das operações de *set-up* adotando-se as duas propostas de melhoria.

Gráfico Homem-Máquina melhoria

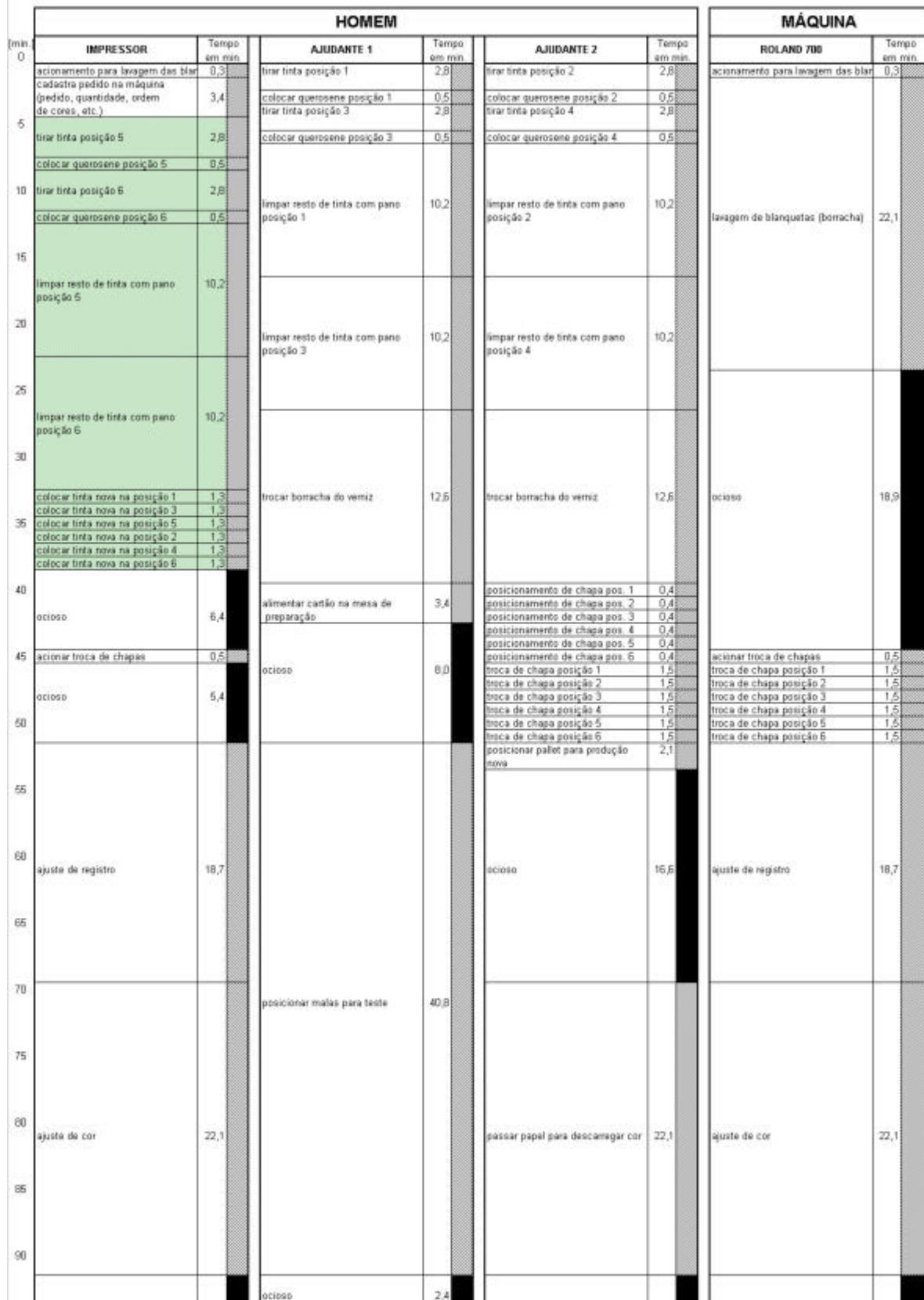




Gráfico 17: Gráfico Homem-Máquina com as propostas de melhoria

6.3 Quantificação da Melhoria

Já é possível notar o quanto estas melhorias impactam na redução do tempo do *set-up* completo, descrito anteriormente, que engloba todas as operações possíveis. Haveria uma redução de 4,8 minutos transformando a operação de preparar a tinta de *set-up* interno para *set-up* externo, outra de 13,5 minutos fazendo operações em paralelo, quando o impressor passa a dividir as tarefas de limpeza dos rolos com os ajudantes e a última de 3,9 minutos fazendo as operações de deposição de tinta ficarem todas por conta do impressor.

O problema agora passa a ser calcular o quanto estas melhorias irão refletir nos outros tipos de *set-up*, que não são completos.

Lembrando-se de quando foi calculado o OEE, mais especificamente o ITO (Índice de Tempo Operacional), foi utilizado o Boletim de Produção que entre outras informações continha o tempo de ajuste, lavagem, aprovação e padrão de cor, que foram classificadas como perdas por paradas.

Dessa forma, durante o período de amostra considerado (2 semanas), pode-se verificar que nem todos os pedidos implicaram na operação de lavagem. Isto porque, alguns pedidos puderam utilizar as mesmas cores, nas mesmas posições do pedido anterior. Isso ajuda muito para calcular o novo tempo de *set-up*, porque consegue-se verificar quais pedidos poderão ser beneficiados com a proposta de operações em paralelo. Assim os 13,5 minutos serão retirados somente dos pedidos que tiveram a operação de lavagem.

E esta melhoria é a mesma tanto para a limpeza de 6, 5 ou 4 cores, pois com o impressor auxiliando na limpeza dos rolos, sempre se reduzirá em cerca de 13,5 minutos o tempo destas operações, conforme a Figura 15.

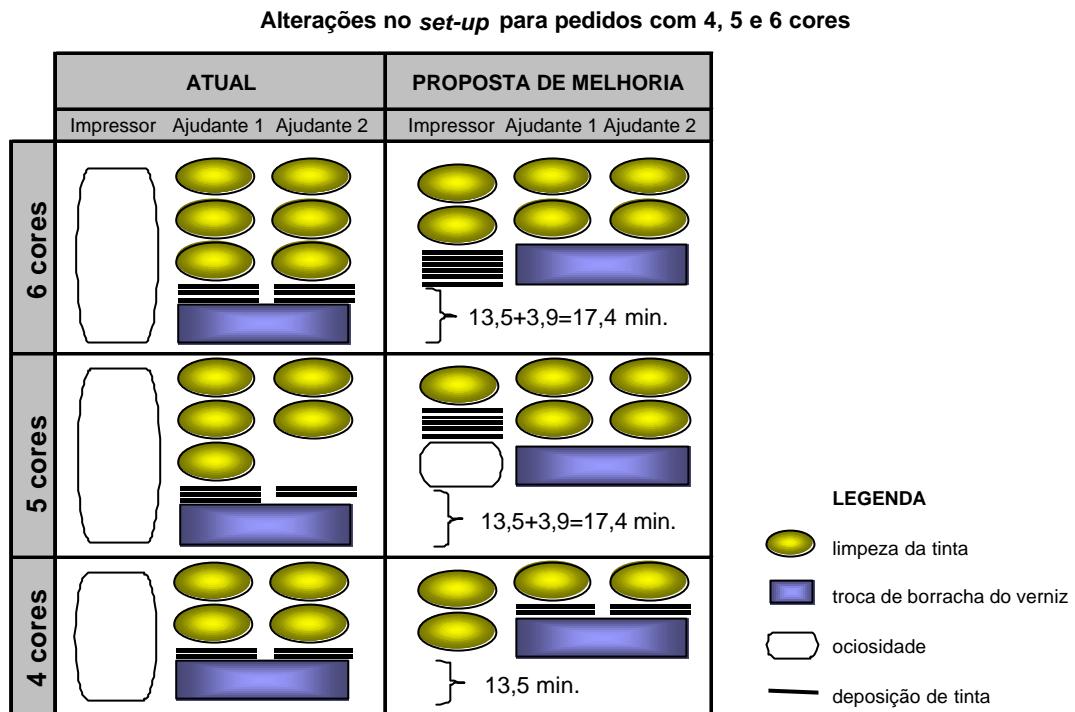


Figura 15: Alterações no *set-up* para pedidos com 4, 5 e 6 cores

Estas melhorias serão possíveis porque certa parte das tarefas dos ajudantes passaria a ser feita pelo impressor que anteriormente permanecia ocioso neste período. Deve-se lembrar que a operação de troca de borracha de verniz (representado como um retângulo na Figura 15) deve ser realizada pelos dois ajudantes ao mesmo tempo.

A melhoria em que a deposição de todas as tintas ficaria a cargo somente do impressor, melhoraria em 3,9 minutos os *set-ups* com 5 e 6 cores. Já para o caso de 4 cores (ou menos) esta melhoria não poderá ser aplicada, pois o tempo ocioso do impressor seria menor, não podendo incluir mais estas operações. Isto também pode ser percebido verificando a Figura 15.

Já a melhoria de preparação de tinta passando de *set-up* interno para externo, minimizaria o tempo em 4,8 minutos para qualquer tipo de *set-up*. Já que praticamente todos os pedidos necessitam de misturas, que podem ser feitas durante a produção do pedido anterior.

6.3.1 Cálculo do OEE com as melhorias

Analizando estas propostas de melhorias, pode-se alterar alguns dados da amostra coletada, reduzindo os tempos conforme proposto no item anterior e calcular um novo OEE.

➤ Roland 700

Tempo Calendário (TD): (24 h/dia x 11 dias x 60 min/h) – 1.580 min = 14.260 min.

Tempo de limpeza / lubrificação: 515 min.

Tempo de parada por falta de material: 30 min.

Tempo de parada para manutenção: 125 min.

Tempo para refeição: 610 min.

Tempo gasto com testes: 200 min.

Tempo de parada por falta de serviço: 30 min.

Tempo de parada para acerto: 3.799 min.

Tempo de parada para lavagem: 979 min.

Tempo de parada para aprovação: 205 min.

Tempo gasto para padrão de cor: 295 min.

Ciclo Padrão: 1/136 min./folha

Quantidade Produzida: 930.730 folhas

Defeituosos = 11.385 folhas

$$TC = TD - \text{paradas planejadas}$$

$$TC = 14.260 - (515 + 30 + 125 + 610 + 200 + 30) = 12.750 \text{ min.}$$

$$TO = TC - \text{perdas por paradas}$$

$$TO = 12.750 - (3.799 + 979 + 205 + 295) = 7.472 \text{ min.}$$

$$ITO = TO / TC$$

$$ITO = 7.472 / 12.750 = 0,5214 \Leftarrow \mathbf{58,60\%}$$

$$IDO = (\text{Ciclo Padrão} \times \text{Quantidade Produzida}) / TO$$

$$IDO = [(1/136) \times 930.730] / 7.472 = 0,9159 \Leftarrow \mathbf{91,59\%}$$

$$\text{IPA} = (\text{Quantidade Produzida} - \text{Defeituosos}) / \text{Quantidade Produzida}$$

$$\text{IPA} = (930.730 - 11.385) / 930.730 = 0,9877 \Leftarrow \mathbf{98,78\%}$$

$$\text{OEE} = \text{ITO} \times \text{IDO} \times \text{IPA}$$

$$\text{OEE} = 0,5860 \times 0,9159 \times 0,9877 = 0,5302 \Leftarrow \mathbf{53,02\%}$$

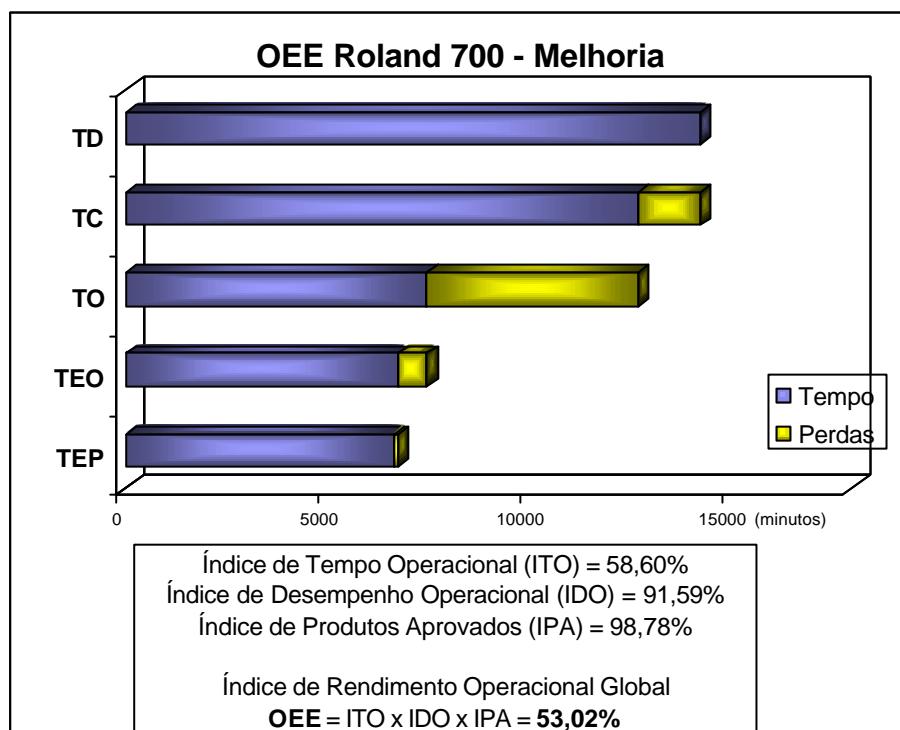


Gráfico 18: OEE Roland 700 com melhoria

6.3.2 Adaptação da melhoria às outras máquinas

Agora é necessário verificar o quanto estas melhorias iriam influenciar nas outras máquinas, principalmente na Roland 6 cores e na Miehle 4 cores, que entre as quatro restantes, são aquelas que apresentam menores índices de ITO (conforme Tabela 3), devido aos longos tempos desperdiçados com operações de *set-up*.

A máquina Rekord 2 cores, apesar do nome, é utilizada para imprimir praticamente uma única cor e aplicar verniz na grande maioria dos pedidos, o que minimiza em grande parte os problemas de *set-up*. Já a Rekord Ultra é utilizada somente para

aplicação de verniz, fazendo com que as melhorias propostas não se adequem ao seu funcionamento.

Analizando as máquinas Roland 6 cores e Miehle 4 cores, verifica-se que as atividades de *set-up* são praticamente as mesmas, a principal diferença é que nestas a limpeza dos cilindros é feita de maneira manual, e não automaticamente como na Roland 700, o que aumenta muito o tempo de *set-up*.

Nestas máquinas os ajudantes limpam com panos os cilindros internos de cada cor um a um, enquanto que a Roland 700 possui um mecanismo de auto-limpeza, que pode estar em funcionamento enquanto os ajudantes se ocupam com outra atividades.

Outra diferença está nos ajustes de cor e registro, que nestas máquinas são feitas de maneira manual, contra acionamento eletrônico da Roland 700, mas que pouco pode-se fazer para diminuir a duração destas operações.

Dessa forma, as mesmas melhorias obtidas na impressora Roland 700 serão simuladas para estas duas outras máquinas, embora acredita-se que esta redução de tempo poderia ser ainda maior caso estas máquinas fossem estudadas com maior cuidado, devido a operação a mais (limpeza dos cilindros) que os ajudantes devem realizar e que é de longa duração. Assim, com o impressor auxiliando nestas e em outras operações poderia-se otimizar ainda mais estas melhorias.

Para o cálculo do OEE para estas duas máquinas foram usados os mesmos critérios empregados para a Roland 700 descritos anteriormente, com algumas adaptações explicadas a seguir.

Para a máquina Roland 6 cores o desconto de 13,5 minutos devido ao auxílio do impressor na limpeza, não poderá ser aplicada para pedidos com uma ou duas cores, e a redução de 3,9 minutos referente a deposição das tintas por parte do impressor também não poderá ser utilizada para pedidos de quatro ou menos cores.

Já para a impressora Miehle 4 cores tanto a redução de 13,5 minutos como a de 3,9 minutos só não poderão ser aplicadas para pedidos que possuam apenas uma cor de impressão.

A adição destas restrições é devida somente ao fato de que, durante as produções de determinados pedidos, o tempo ocioso do impressor seja insuficiente para que ele desempenhe outras funções anteriormente atribuídas aos ajudantes.

Dessa forma pode-se calcular o novo OEE para estas duas máquinas, e verificar o quanto este índice poderia aumentar com as melhorias propostas.

➤ Roland 6 cores

Tempo Calendário (TD): (24 h/dia x 11 dias x 60 min/h) – 1.361 min = 14.479 min.

Tempo de limpeza / lubrificação: 460 min.

Tempo de parada para manutenção: 115 min.

Tempo para refeição: 840 min.

Tempo de parada por falta de serviço: 25 min.

Tempo de parada para acerto: 2.927 min.

Tempo de parada para lavagem: 807 min.

Tempo de parada para aprovação: 85 min.

Tempo gasto para padrão de cor: 40 min.

Ciclo Padrão: 1/95 min./folha

Quantidade Produzida: 811.245 folhas

Defeituosos = 7.275 folhas

$$TC = TD - \text{paradas planejadas}$$

$$TC = 14.479 - (460 + 115 + 840 + 25) = 13.039 \text{ min.}$$

$$TO = TC - \text{perdas por paradas}$$

$$TO = 13.039 - (2.927 + 807 + 85 + 40) = 9.180 \text{ min.}$$

$$ITO = TO / TC$$

$$ITO = 9.180 / 13.039 = 0,7040 \Leftarrow \mathbf{70,40\%}$$

$$\text{IDO} = (\text{Ciclo Padrão} \times \text{Quantidade Produzida}) / \text{TO}$$

$$\text{IDO} = [(1/95) \times 811.245] / 9.180 = 0,9302 \Leftarrow \mathbf{93,02\%}$$

$$\text{IPA} = (\text{Quantidade Produzida} - \text{Defeituosos}) / \text{Quantidade Produzida}$$

$$\text{IPA} = (811.245 - 7.275) / 811.245 = 0,9910 \Leftarrow \mathbf{99,10\%}$$

$$\text{OEE} = \text{ITO} \times \text{IDO} \times \text{IPA}$$

$$\text{OEE} = 0,7040 \times 0,9302 \times 0,9910 = 0,6490 \Leftarrow \mathbf{64,90\%}$$

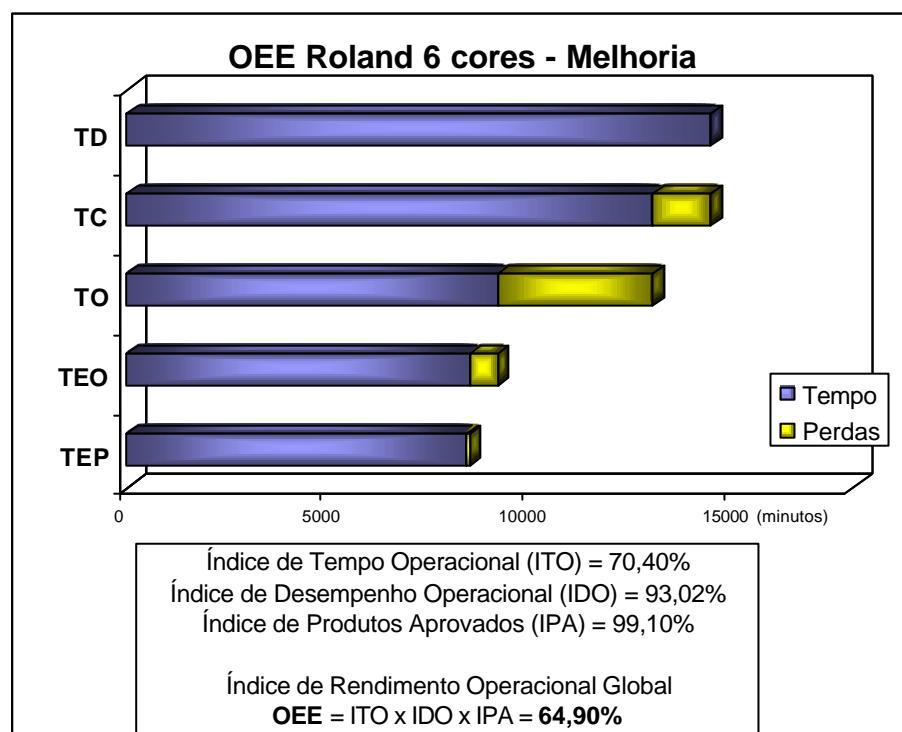


Gráfico 19: OEE Roland 6 cores com melhoria

➤ Miehle 4 cores

Tempo Calendário (TD): $(16 \text{ h/dia} \times 11 \text{ dias} \times 60 \text{ min/h}) - 870 \text{ min} = 9.690 \text{ min.}$

Tempo de limpeza / lubrificação: 165 min.

Tempo de parada por falta de material: 25 min.

Tempo de parada para manutenção: 300 min.

Tempo para refeição: 675 min.

Tempo gasto com testes: 15 min.

Tempo de parada para acerto: 3.510 min.

Tempo de parada para lavagem: 610 min.

Tempo de parada para aprovação: 40 min.

Tempo gasto para padrão de cor: 50 min.

Ciclo Padrão: 1/84 min./folha

Quantidade Produzida: 327.651 folhas

Defeituosos = 2.515 folhas

$$TC = TD - \text{paradas planejadas}$$

$$TC = 9.690 - (165 + 25 + 300 + 675 + 15) = 8.510 \text{ min.}$$

$$TO = TC - \text{perdas por paradas}$$

$$TO = 8.510 - (3.510 + 610 + 40 + 50) = 4.300 \text{ min.}$$

$$ITO = TO / TC$$

$$ITO = 4.300 / 8.510 = 0,5053 \Leftarrow \mathbf{50,53\%}$$

$$IDO = (\text{Ciclo Padrão} \times \text{Quantidade Produzida}) / TO$$

$$IDO = [(1/84) \times 327.651] / 4.300 = 0,9071 \Leftarrow \mathbf{90,71\%}$$

$$IPA = (\text{Quantidade Produzida} - \text{Defeituosos}) / \text{Quantidade Produzida}$$

$$IPA = (327.651 - 2.515) / 327.651 = 0,9923 \Leftarrow \mathbf{99,23\%}$$

$$OEE = ITO \times IDO \times IPA$$

$$OEE = 0,5053 \times 0,9071 \times 0,9923 = 0,4548 \Leftarrow \mathbf{45,48\%}$$

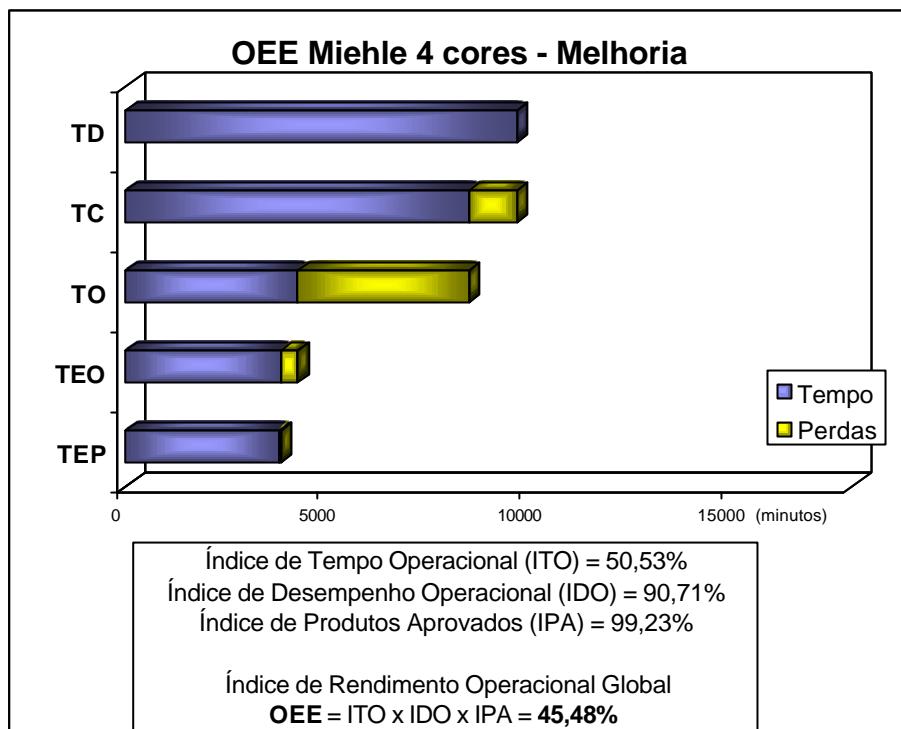


Gráfico 20: OEE Miehle 4 cores com melhoria

Para facilitar a visualização destes novos índices e poder comparar com os atuais, foi montada a Tabela 5, que inclui também a nova produtividade adquirida com as melhorias propostas.

| | Roland 700 atual | Roland 700 melhoria | Roland 6 cores atual | Roland 6 cores melhoria | Miehle 4 cores atual | Miehle 4 cores melhoria |
|-----------------------------|------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| ITO [%] | 52,14 | 58,60 | 63,75 | 70,40 | 45,84 | 50,53 |
| IDO [%] | 91,59 | 91,59 | 93,02 | 93,02 | 90,71 | 90,71 |
| IPA [%] | 98,78 | 98,78 | 99,10 | 99,10 | 99,23 | 99,23 |
| OEE [%] | 47,17 | 53,01 | 58,77 | 64,90 | 41,26 | 45,48 |
| Capacidade [folhas/min.] | 136 | 136 | 95 | 95 | 84 | 84 |
| Produtividade [folhas/min.] | 58,0 | 64,5 | 50,7 | 55,5 | 30,8 | 33,5 |

Tabela 5: Resumo OEE com melhorias

Verificando o novo OEE, simulado com as melhorias propostas, pode-se notar um crescimento de cerca de 6% neste índice para a máquina Roland 700, o que pela produtividade representa aproximadamente 7 folhas a mais impressas por minuto.

Para a impressora Roland 6 cores o índice também aumentou aproximadamente 6%, representando 5 folhas por minuto. E por último, a Miehle 4 cores teve o OEE acrescido de 4%, o que representa uma produtividade maior em cerca de 3 folhas por minuto.

Vale a pena lembrar novamente que as melhorias propostas foram estudadas para a impressora Roland 700 e puderam ser aplicadas às outras duas máquinas conforme simulado. Porém, poderiam ser feitas análises mais específicas para as duas outras impressoras para se obter maiores melhorias, mas optou-se por não fazer para que este trabalho não se tornasse muito repetitivo.

6.4 Outras Oportunidades de Melhorias

Analizando os novos índices de OEE obtidos, mesmo após as melhorias propostas, ainda tem-se a impressão de que estão baixos. Como já foi dito anteriormente, estes índices não servem para comparar uma máquina com outra e muito menos equipamentos de indústrias diferentes, onde este índice pode chegar perto dos 90%.

Com o objetivo de elevar um pouco mais o OEE das máquinas de impressão, este trabalho irá delinear outras duas melhorias possíveis, mas que serão analisadas de uma maneira genérica, podendo o seu detalhamento e sua forma de encaminhamento serem aprofundados em estudos futuros específicos.

6.4.1 Melhoria na programação dos pedidos

A primeira seria uma melhoria na programação dos pedidos. Atualmente a programação é feita somente para alguns poucos dias à frente. A proposta seria, fazer uma programação para um período mais longo, que possibilite agrupar um número maior de pedidos parecidos, para que o tempo total gasto com *set-ups* seja menor.

Um exemplo desse fato ocorreu durante o período de amostra estudado, onde dois pedidos parecidos e que tinham a mesma data de entrega (29 de julho) foram

produzidos separadamente. O primeiro deles foi produzido dia 26 de julho e requereu uma hora e cinqüenta minutos para a realização do *set-up* necessário. O segundo pedido foi produzido dia 28 de julho, requerendo aproximadamente o mesmo tempo para a realização das tarefas de *set-up*. O motivo desta separação foi o surgimento de um pedido com prazo de entrega menor, mas com uma melhor programação, isso provavelmente poderia ser evitado.

Ambos os pedidos são de seis cores, sendo que apenas uma cor é diferente entre eles. Sendo assim, se estes pedidos fossem feitos agrupados, não importando se fossem produzidos dia 26 ou 28, teria-se o primeiro *set-up* durando os mesmos 110 minutos, porém o segundo duraria aproximadamente apenas 86, já que algumas operações de *set-up* não precisariam serem feitas devido à semelhança dos pedidos. A Figura 16 mostra uma parte do Gráfico 17, identificando quais atividades poderiam ser eliminadas do Gráfico Homem-Máquina correspondente caso os dois pedidos em questão fossem programados e executados na seqüência.

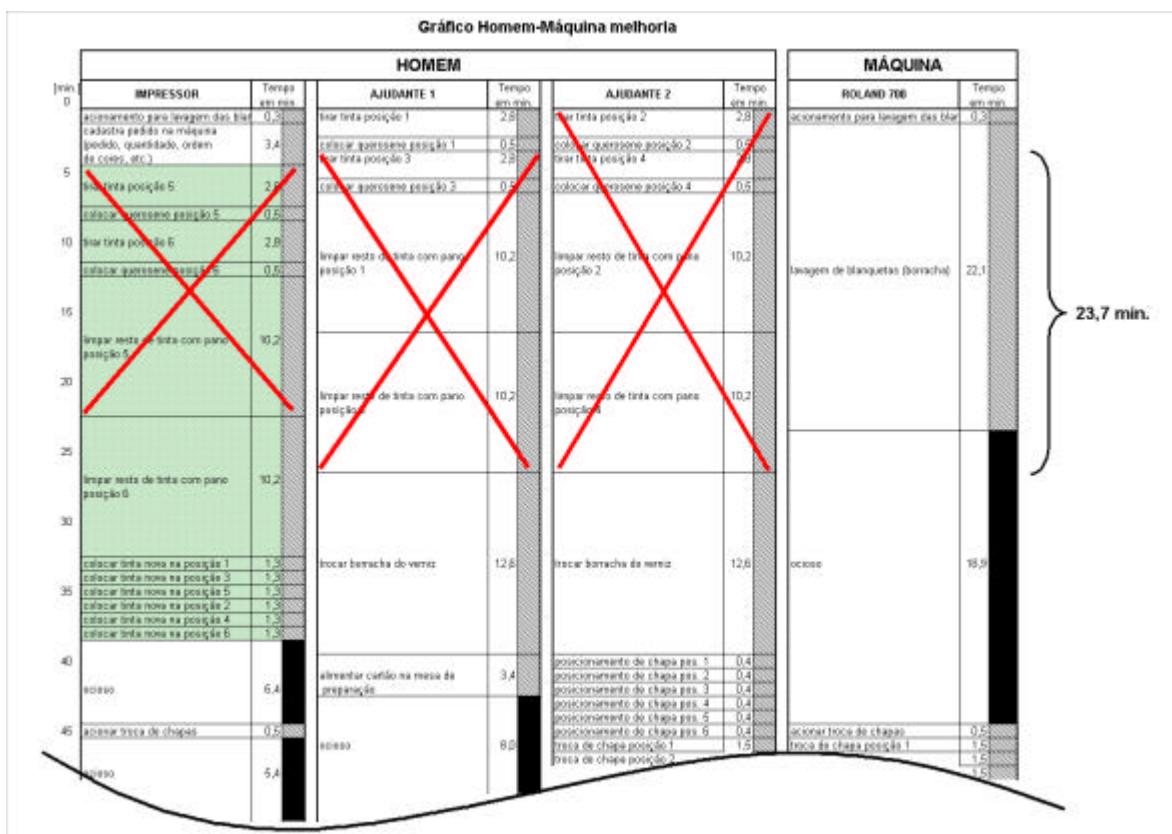


Figura 16: Atividades que poderiam ser eliminadas com a melhoria na programação

Dessa maneira, trate-se de uma recomendação simples, mas sua implementação operacional é de significativa complexidade. Ela envolve muitos fatores, tais como prazo de entrega, tamanho do pedido, número e tipo de cores, política de estoque, auxílio dos vendedores na determinação do prazo de entrega, custo de eventual retardamento da entrega, entre outros. Assim, se bem estudada, uma melhoria na programação iria trazer alguns benefícios para a empresa, já que nas duas semanas de produção tomadas como amostra foram identificados 7 casos semelhantes a esse.

Ainda em relação a programação, poderia ser feito um estudo comparando-se as impressoras entre si. A Tabela 6 mostra como os pedidos podem ser distribuídos pelas diversas impressoras, podendo, às vezes, passar por mais de uma máquina.

Distribuição dos pedidos nas impressoras

| Máquina Pedido | Utilizando apenas 1 máquina | | | | | Utilizando 2 máquinas | | | |
|-------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--|------------------------------|--|------------------------------|
| | Roland 700 | Roland 6 Cores | Miehle 4 cores | Rekord 2 cores | Rekord Ultra | Miehle 4 cores + Rekord 2 cores | Miehle 4 cores + Ultra | Rekord 2 cores + Rekord 2 cores | Rekord 2 cores + Ultra |
| 6 cores + verniz | X | X | | | | | | | |
| 5 cores + verniz | X | X | | | | X | | | |
| 4 cores + verniz | X | X | | | | X | X | | |
| 3 cores + verniz | X | X | X | | | | | X | |
| 2 cores + verniz | X | X | X | | | | | X | X |
| 1 cor + verniz | X | X | X | X | X | | | | |
| verniz | X | X | X | X | X | | | | |

Tabela 6: Distribuição dos pedidos nas impressoras

Como exemplo, temos que pedidos de embalagens com 6 cores além do verniz, podem ser produzidos tanto na impressora Roland 700, como na Roland 6 cores.

De acordo com a Tabela 6 e tendo conhecimento do tamanho dos pedidos, poderia-se fazer um estudo para avaliar em qual máquina seria mais vantajoso produzir cada pedido, levando em consideração o tempo de *set-up* e velocidade de produção de cada máquina.

6.4.2 Melhoria no tempo de aprovação

Uma outra sugestão de melhoria foi encontrada nos Gráfico Homem-Máquina atual (Gráfico 16), que apresenta um tempo muito grande gasto com a aprovação. Esta aprovação só é necessária para pedidos novos, quando o encarregado do setor (na maioria dos casos), o gerente da qualidade, os vendedores ou os próprios clientes aprovam o acerto, liberando a produção do pedido. Atualmente o impressor só chama pelo telefone a pessoa que irá aprovar o serviço, após terminar totalmente o acerto. Esta pessoa encarregada de aprovar o serviço tem um horário pré determinado aproximado para a aprovação, mas nem sempre o respeita. Dessa forma, o tempo que se leva entre a chegada desta pessoa e a aprovação é, atualmente, de cerca de 20 minutos, devido ao fato desta pessoa estar anteriormente ocupada com outra tarefa.

Como proposta, sugere-se que o impressor faça o contato com esta pessoa cerca de quinze minutos antes de se terminar o acerto, para que esta pessoa possa se programar para estar presente junto à máquina logo que o acerto for concluído, podendo até auxiliar o impressor no acerto final e minimizar o tempo em que a máquina fica parada.

Atualmente são realizadas cerca de quatro aprovações por semana, e se fosse possível reduzir este tempo de vinte para cinco minutos, em um mês seriam economizadas quatro horas.

O que precisa ser analisado é a possibilidade do impressor não conseguir finalizar o acerto no tempo pretendido, devido a algum imprevisto, deixando a pessoa que irá realizar a aprovação aguardando, causando um certo constrangimento, principalmente se esta pessoa for algum cliente.

Dessa forma, devem ser feitas reuniões, para expor o real problema, analisar as opiniões de cada uma das pessoas envolvidas e transmitir que somente com o comprometimento de todos os envolvidos no processo de *set-up*, acerto e aprovação poderá se chegar a um consenso que minimize este período no qual a máquina fica parada e improdutiva justamente no setor que é o gargalo da empresa.

Capítulo 7 – CONCLUSÃO

7.1 Confronto entre Previsão de Vendas e Capacidade

Com todos estes dados pode-se comparar a produtividade total (de todas as impressoras) atual com a produtividade total que poderia ser alcançada com as melhorias propostas, confrontando-as com a previsão de vendas estimada no início deste trabalho.

Esta produtividade total corresponde à capacidade efetivamente disponível para o trabalho de todas máquinas juntas, levando em consideração os problemas de natureza inevitáveis e os evitáveis, ou seja, é o quanto a fábrica consegue produzir nas condições atuais.

Como a previsão de vendas foi feita de forma anual, esta capacidade efetiva também deverá ser relativa ao mesmo período de tempo, para que se possa fazer uma comparação. Assim, para se calcular a capacidade efetiva anual, basta multiplicar a produtividade anteriormente calculada com o número total de minutos trabalhados durante um ano.

Isto será feito para cada máquina separadamente, somando-se todas no final. Isso porque as máquinas são operadas em números diferentes de turnos de trabalho e alguns pedidos precisam passar em mais de uma máquina para serem realizados.

Este último fator está principalmente relacionado com a impressora Rekord Ultra, que em cerca de 95% das ordens de produção que processa, é utilizada somente para passar verniz nas folhas de pedidos já impressos por outras máquinas. Dessa forma as produções desta máquina não podem ser contabilizadas na capacidade de impressão, pois serão contabilizadas como saídas de outras impressoras. Desta forma, somente cerca de 5% das folhas produzidas por esta máquina serão contabilizadas.

O mesmo ocorre com a impressora Rekord 2 cores, porém em proporções diferentes. Nela, em média, cerca de 25% da produção passa anteriormente por outra máquina e esta parcela não será considerada no cálculo da produtividade efetiva total.

Para as outras impressoras toda a produção será considerada, conforme mostra a Tabelas 7 e 8.

Capacidade Efetiva Atual

| Máquina | turnos | horas/turno | horas/dia | minutos/ano | produtividade [folha/min] | % útil | capacidade efetiva [folhas] |
|----------------------------|--------|-------------|-----------|-------------|---------------------------|--------|-----------------------------|
| Roland 700 | 2 | 12 | 24 | 397.440 | 58,0 | 100 | 23.051.520 |
| Roland 6 cores | 2 | 12 | 24 | 397.440 | 50,7 | 100 | 20.150.208 |
| Miehle 4 cores | 2 | 8 | 16 | 264.960 | 30,8 | 100 | 8.160.768 |
| Rekord 2 cores | 1 | 12 | 12 | 198.720 | 60,2 | 75 | 8.972.208 |
| Rekord Ultra | 1 | 12 | 12 | 198.720 | 27,0 | 5 | 268.272 |
| Capacidade Efetiva Total = | | | | | | | 60.602.976 |

Tabela 7: Capacidade efetiva atual

Capacidade Efetiva com Melhorias

| Máquina | turnos | horas/turno | horas/dia | minutos/ano | produtividade [folha/min] | % útil | capacidade efetiva [folhas] |
|----------------------------|--------|-------------|-----------|-------------|---------------------------|--------|-----------------------------|
| Roland 700 | 2 | 12 | 24 | 397.440 | 64,5 | 100 | 25.634.880 |
| Roland 6 cores | 2 | 12 | 24 | 397.440 | 55,5 | 100 | 22.057.920 |
| Miehle 4 cores | 2 | 8 | 16 | 264.960 | 33,5 | 100 | 8.876.160 |
| Rekord 2 cores | 1 | 12 | 12 | 198.720 | 60,2 | 75 | 8.972.208 |
| Rekord Ultra | 1 | 12 | 12 | 198.720 | 27,0 | 5 | 268.272 |
| Capacidade Efetiva Total = | | | | | | | 65.809.440 |

Tabela 8: Capacidade efetiva com melhorias

Uma outra capacidade calculada foi a Capacidade Efetiva com aumento no número de horas trabalhadas. Obteve-se este aumento alterando a quantidade de horas trabalhadas por dia da máquina Miehle 4 cores de 16 para 24 e nas impressoras Rekord 2 cores e Ultra de 12 para 16 horas; e aumentando o número de dias trabalhados por mês, que atualmente é em média 23, passando para 25 dias.

Essas alterações foram feitas levando em consideração a previsão de vendas estratificada, de forma que continuasse sendo possível produzir a quantidade necessária prevista para cada família de produtos. Dessa forma, não adiantaria aumentar ainda mais o número de horas trabalhadas por dia nas máquinas Rekord 2 cores e Ultra, já que tornariam-se ociosas.

Na Tabela 9 está apresentada uma proposta de duração e quantidade de turnos por máquinas, porém esta é apenas uma simulação, que poderá ser alterada analisando-se a possibilidade da contratação de novos funcionários e/ou aumentando-se o número de horas-extras. Este é um assunto a ser discutido em uma outra oportunidade, já que no momento o que realmente interessa é apenas o número de horas trabalhadas para que se possa fazer o cálculo da capacidade.

Capacidade Efetiva com Aumento de Horas Trabalhadas

| Máquina | turnos | horas/turno | horas/dia | minutos/ano | produtividade [folha/min] | % útil | capacidade efetiva [folhas] |
|----------------------------|--------|-------------|-----------|-------------|------------------------------|--------|--------------------------------|
| Roland 700 | 2 | 12 | 24 | 432.000 | 64,5 | 100 | 27.864.000 |
| Roland 6 cores | 2 | 12 | 24 | 432.000 | 55,5 | 100 | 23.976.000 |
| Miehle 4 cores | 2 | 12 | 24 | 432.000 | 33,5 | 100 | 14.472.000 |
| Rekord 2 cores | 2 | 8 | 16 | 288.000 | 60,2 | 75 | 13.003.200 |
| Rekord Ultra | 2 | 8 | 16 | 288.000 | 27,0 | 5 | 388.800 |
| Capacidade Efetiva Total = | | | | | | | 79.704.000 |

Tabela 9: Capacidade efetiva com aumento de horas trabalhadas

O Gráfico 21 apresenta um confronto entre a previsão de vendas realizada no início deste trabalho e as capacidades efetivas recém calculadas.

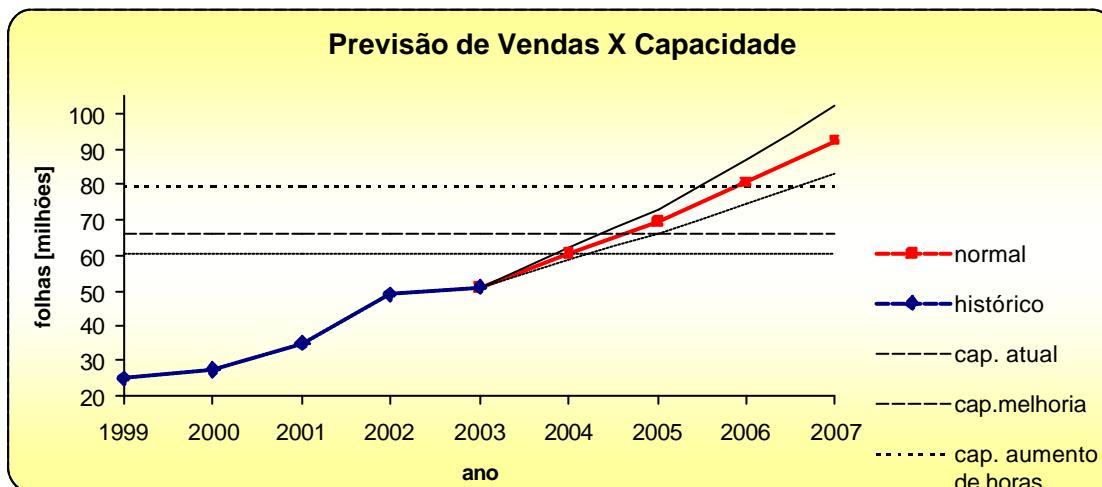


Gráfico 21: Previsão de vendas X Capacidade

Pode-se notar com a previsão de vendas que a demanda será crescente e a capacidade atual irá suportá-la somente até aproximadamente o início de 2005. Então, fica evidente a necessidade de aquisição ou troca de equipamentos (impressoras). As melhorias delineadas pelo presente estudo podem contribuir para adiar tal saturação

em cerca de seis meses e aumentando-se o número de horas trabalhadas, tal fato poderia ser postergado por aproximadamente dois anos, ou seja, até final de 2006.

Porém, de qualquer forma, é imperativo que se realizem o mais breve possível, estudos para determinar o tipo de impressora a ser adquirida, ou a substituição de alguma já existente por outra mais moderna, já que tais decisões envolvem investimentos altíssimos para a empresa, sendo que uma impressora Roland 700 nova pode chegar a custar até cerca de 8 milhões de reais e a tomada de uma decisão equivocada pode vir a comprometer seriamente a capacidade de crescimento e o futuro da empresa.

7.2 Conclusões Finais

O trabalho realizado conseguiu reunir informações suficientes para se fazer uma boa análise da situação atual da empresa, colocando no papel o que anteriormente não passava de intuições dos funcionários mais experientes.

Apesar da falta de bibliografia específica sobre aplicação do indicador *Overall Equipment Effectiveness* em indústrias gráficas, foi empregado um modelo de cálculo que apresentou resultados significativos para a análise da atual situação do setor de impressão. E uma vez implantado, poderá ser utilizado como ferramenta para um futuro acompanhamento das evoluções a serem desenvolvidas pela empresa, nos diversos setores.

Com esta ferramenta pôde-se localizar o foco principal dos problemas, analisá-lo mais detalhadamente e propor alternativas de solução para minimizar o tempo gasto com as operações de *set-up*. Embora o presente trabalho tenha se limitado à medição e análise das perdas causadas por tais paradas e delineamento de possíveis ações para sua minimização, gerou dados e informações que a gerência da empresa não detinha, possibilitando uma visualização mais realista das condições em que a fábrica vem operando, que antes eram simplesmente desconhecidas pela mesma. Urge agora, dar

continuidade ao trabalho iniciado procurando colocar estas propostas em prática para se verificar sua real eficácia.

O estudo possibilitou também confrontar a previsão de vendas projetadas contra a capacidade efetiva atual e a estimada futura com as melhorias. Este estudo de projeção do cenário futuro e de avaliação da capacidade futura que pode ser potencialmente utilizada dos equipamentos atualmente existentes foi extremamente oportuno, porque mostrou que a empresa, principalmente no setor de impressão, está muito próxima do ponto de saturação e que medidas urgentes devem ser planejadas e tomadas para contornar tal situação.

Ao final deste trabalho, pode-se considerar que foram elaboradas análises e propostas de melhorias pertinentes que contribuirão para direcionar os esforços da empresa no desafio de continuar crescendo de forma competitiva.

Os conceitos debatidos e os resultados obtidos poderão facilitar o desenvolvimento de trabalhos ou estudos complementares que se mostrem necessários para o detalhamento, implementação e operacionalização das proposições aqui formuladas.

BIBLIOGRAFIA

1. BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos:** projeto e medida do trabalho. 6. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda.,1977.
2. CARVALHO, M. M.; LAURINDO, F. B. **Estratégias para Competitividade.** 1.ed. São Paulo: Editora Futura, 2003
3. CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção MRP II / ERP** Conceitos, Uso e Implantação. 3.ed. São Paulo: Editora Atlas S. A.,2000.
4. DOWNING, D.; CLARK, J. **Estatística Aplicada.** São Paulo: Saraiva, 1999.
5. FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. **Troca Rápida de Ferramentas:** Proposta Metodológica e Estudo de Caso. v.10, n.2, p.163-181. Porto Alegre: Gestão & Produção, 2003.
6. FRANCISCHINI, P. G. **Estudo de Tempos e Métodos.** Notas de aula, 2003.
7. FRANCISCHINI, P. G. **Troca Rápida de Ferramenta SMED.** Notas de aula, 2003.
8. HARTMANN, E. H. **Successfully installing TPM in a non-Japanese Plant:** Total Productive Maintenance. Pittsburgh: TPM Press Inc., 1992.
9. KOTLER, P. **Administração de marketing:** análise, planejamento, implementação e controle. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 1998.
10. MINTZBERG, H.; QUINN, J. B.; **O Processo da Estratégia.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

11. MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** 1. Ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.
12. NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM Total Productive Maintenance.** Cambridge: Productivity Press, 1988.
13. PORTER, M. E. **Competição On Competition:** estratégias competitivas essenciais. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.
14. QUADROS, S.; **A Indústria de Embalagem em 2003 e Perspectivas para 2004.** São Paulo: Intituto Brasileiro de Economia IBRE/FGV, 2004.
15. RAMA, L. C. **Aplicações do OEE - Overall Equipment Effectiveness em uma indústria automobilística.** 1996. 130p. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.
16. SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing:** The SMED Sytem. Cambridge: Productivity Press, 1985.
17. SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero:** O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas. Porto Alegre: Bookman, 1996.
18. SLACK, N. et al. **Administração da Produção.** 1.ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 1997
19. ZACCARELLI, S. B. **Programação e Controle da Produção.** 5.ed. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1979.
20. **Segmento de Embalagens.** São Paulo: DECON/ABIGRAF; 2004.

21. **Associação Brasileira da Indústria Gráfica (ABIGRAF).** Disponível em <<http://www.abrigraf.org.br>>. Acesso em: 20 ago. 2004.
22. **Associação Brasileira de Embalagem (ABRE).** Disponível em <<http://www.abre.org.br>> . Acesso em: 20 ago. 2004.