

**MÁRCIO ROGÉRIO KOTH**

**PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO MESTRE DE  
PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE MÓVEIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências, Curso de Engenharia Pós –Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia – Programação Matemática, Setores de Tecnologia e de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof.Dr. Celso Carnieri

**CURITIBA**

**2005**

A meu pai Eloy (in memóriun) e a todos os meus familiares, sem os quais, este trabalho não teria se realizado.

## Agradecimentos

A Grobe Móveis pela cooperação.

Ao Professor Celso Carnieri pela orientação.

A Alyne pelo companheirismo e grande ajuda.

Ao amigos e colegas, em especial ao Luiz Carlos Scheitt, Jorge Grobe e Richard, cuja ajuda foi fundamental.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>p.vi</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>p.vii</b>
<b>LISTAS DE QUADROS.....</b>	<b>p.viii</b>
RESUMO .....	p.ix
ABSTRACT .....	p.x
1 INTRODUÇÃO .....	p.1
1.1 OBJETIVO DO TRABALHO .....	p.1
1.2 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO .....	p.2
1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	p.2
1.4 JUSTIFICATIVA .....	p.3
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	p.3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	p.4
2.1 A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE MÓVEIS.....	p.4
2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	p.7
2.2.1 Classificação dos sistemas de produção.....	p.8
2.3 PROCESSOS DE PRODUÇÃO .....	p.8
2.3.1 Serraria .....	p.8
2.3.2 Secagem Estufa Própria .....	p.9
2.3.3 Secagem Pátio .....	p.10
2.3.4 Transporte para Terceirizadores .....	p.10
2.3.5 Kamban de Tábuas Secas .....	p.11
2.3.6 Destopadeiras .....	p.12
2.3.7 Plainas .....	p.13
2.3.8 Processo de transporte e armazenagem Kamban de peças-mãe .....	p.13
2.3.9 Produção de Palitos .....	p.14
2.3.10 Usinagem .....	p.14
2.3.11 Furação .....	p.15
2.3.12 Lixamento .....	p.15
2.3.13 Sub-processo Inspeção de Qualidade .....	p.16
2.3.14 Transporte e Armazenamento Kamban Montagem e Kamban Pintura .....	p.17
2.3.15 Montagem .....	p.17
2.3.16 Montagem de Gabaritos (1) .....	p.18
2.3.17 Pintura de Tingidor .....	p.18
2.3.18 Pintura do Fundo/Selador .....	p.19
2.3.19 Cura do Fundo/Selador .....	p.19
2.3.20 Lixamento de Fundo/Selador .....	p.20
2.3.21 Montagem de Gabaritos (2) .....	p.21
2.3.22 Pintura do Acabamento .....	p.21
2.3.23 Transporte e Cura do Acabamento .....	p.21
2.3.24 Inspeção de Qualidade .....	p.22
2.3.25 Transporte e Armazenamento no Kamban das Embalagens 1,2,3 .....	p.22
2.3.26 Montagem (2) .....	p.23
2.3.27 Embalagens 1,2,3 .....	p.24
2.3.28 Armazenagem de Volumes .....	p.25
3 METODOLOGIA DA PESQUISA .....	p.26
3.1 PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO – PMP .....	p.26
3.2 A PROGRAMAÇÃO LINEAR APLICADA À INDÚSTRIA DE MÓVEIS .....	p.27

3.3 PLANEJAMENTO DA CAPACIDADE .....	p.28
3.4 TEMPOS CRONOMETRADOS .....	p.29
3.4.1 Determinação do Número de Ciclos a Serem Cronometrados .....	p.29
3.4.2 Avaliação da Velocidade do Operador .....	p.30
3.4.3 Determinação das Tolerâncias .....	p.30
3.4.4 Determinação do Tempo Padrão .....	p.31
3.4.5 Capacidade de Produção .....	p.34
3.5 FORMULAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO PARA A DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE .....	p.34
3.5.1 Função Objetivo .....	p.35
3.5.2 Proporções Entre as Peças .....	p.35
3.5.3 Restrições de Tempo .....	p.38
3.6 PLANEJAMENTO AGREGADO .....	p.40
3.6.1 As Etapas do Planejamento Agregado .....	p.40
3.6.2 Previsão de Demanda .....	p.41
3.6.3 Os Custos envolvidos no Planejamento Agregado.....	p.54
3.6.4 Formulação do Modelo de Programação Linear .....	p.55
4 RESULTADOS E ANÁLISE .....	p.60
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	p.64
5.1 CONCLUSÕES .....	p.64
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	p.64
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	p.65
<b>ANEXOS</b> .....	p.67

## LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1: FATURAMENTO DA IND. BRASILEIRA DE MÓVEIS (1994-2001).....	p.6
FIGURA 2: PRINCIPAIS PAÍSES IMPORTADORES DOS MÓVEIS BRASILEIROS.	p.7
FIGURA 3: HIRARQUIA DAS FUNÇÕES DO PCP.....	p.26
FIGURA 4: ETAPAS PARA A ELABOR. DO PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO....	p.27
FIGURA 5: DEMANDA DO PRODUTO 90911 2º SEMESTRE DE 2001 A 2004.....	p.43
FIGURA 6: DEMANDA DO PRODUTO 90911 MÊS JULHO DE 2001 A 2004.....	p.43
FIGURA 7: DEMANDA DO PRODUTO 90911 MÊS AGOSTO DE 2001 A 2004.....	p.44
FIGURA 8: DEMANDA DO PRODUTO 90911 MÊS SETEMBRO DE 2001 A 2004.	p.44
FIGURA 9: DEMANDA DO PRODUTO 90911 MÊS OUTUBRO DE 2001 A 2004...	p.45
FIGURA 10: DEMANDA DO PRODUTO 90911 MÊS NOVEMBRO DE 2001 A 2001	p.45
FIGURA 11: DEMANDA DO PRODUTO 90911 MÊS DEZEMBRO DE 2001 A 2004.	p.46
FIGURA 12: DEMANDA DO PRODUTO 90912 2º SEMESTRE DE 2001 A 2004.....	p.47
FIGURA 13: DEMANDA DO PRODUTO 90912 MÊS JULHO DE 2001 A 2004.....	p.47
FIGURA 14: DEMANDA DO PRODUTO 90912 MÊS AGOSTO DE 2001 A 2004.....	p.48
FIGURA 15: DEMANDA DO PRODUTO 90912 MÊS SETEMBRO DE 2001 A 2004..	p.48
FIGURA 16: DEMANDA DO PRODUTO 90912 MÊS OUTUBRO DE 2001 A 2004....	p.49
FIGURA 17: DEMANDA DO PRODUTO 90912 MÊS NOVEMBRO DE 2001 A 2004	p.49
FIGURA 18: DEMANDA DO PRODUTO 90912 MÊS DEZEMBRO DE 2001 A 2004.	p.50
FIGURA 19: DEMANDA DO PRODUTO 90915 2º SEMESTRE DE 2001 A 2004.....	p.51
FIGURA 20: DEMANDA DO PRODUTO 90915 MÊS JULHO DE 2001 A 2004.....	p.51
FIGURA 21: DEMANDA DO PRODUTO 90915 MÊS AGOSTO DE 2001 A 2004.....	p.52
FIGURA 22: DEMANDA DO PRODUTO 90915 MÊS SETEMBRO DE 2001 A 2004..	p.52
FIGURA 23: DEMANDA DO PRODUTO 90915 MÊS OUTUBRO DE 2001 A 2004....	p.53
FIGURA 24: DEMANDA DO PRODUTO 90915 NOVEMBRO DE 2001 A 2004.....	p.53
FIGURA 25: DEMANDA DO PRODUTO 90915 MÊS DEZEMBRO DE 2001 A 2004.	p.54

## LISTAS DE TABELAS

TABELA1: DEM. BERÇO LAQ. 90911 2º SEMESTRE DOS ULTIMOS 4 ANOS.....	p.42
TABELA2: DEM. DO TROCADOR. 90912 2º SEMESTRE DOS ULTIMOS 4 ANOS.....	p.46
TABELA3: DEM.CAMA DE BABA . 90915 2º SEMESTRE DOS ULTIMOS 4 ANOS...	p.50
TABELA4: PLANEJ. AGREG. BERÇO LAQ. 90911 PERIOD JULHO A DEZ. DE 2005	p.60
TABELA5: PLANEJ. AGREG. TROCADOR. 90912 PERIOD JULHO A DEZ. DE 2005.	p.61
TABELA6: PLANEJ. AGREG. BERÇO LAQ. 90915 PERIO. JULHO A DEZ. DE 2005..	p.61
TABELA7: PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO PARA 2º SEMESTRE DE 2005.....	p.62
TABELA8: CUSTOS DE PRODUÇÃO DOS PROD.90911,90912 E 90915 2º SEM.2005.	p.62

## LISTAS DE QUADROS

QUADRO 1: PÓLOS MOVELEIROS NO BRASIL.....	p.5
QUADRO 2: EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE MÓVEIS (PRINCIPAIS ESTADOS.....	p.6

## RESUMO

A indústria moveleira brasileira desenvolveu-se bastante, principalmente na década de 1990 com a aquisição de máquinas importadas e com a preocupação em instalar um Planejamento e Controle de Produção (PCP) visando minimizar os custos e aumentar a produção, evitando-se o desperdício de tempo e de materiais. O Plano Mestre de Produção (PMP) informa quais os itens a serem produzidos, em que quantidades e em quais períodos, tendo como variáveis de decisão produzir em horas regulares, em horas extras e o estoque de produtos acabados. Geralmente o período coberto é de poucas semanas, podendo chegar a seis meses ou mesmo um ano. Para a sua elaboração, é necessário que se faça o Planejamento da Capacidade de produção levando-se em conta os tempos padrões de cada máquina e o tempo de produção de cada produto, e o Planejamento Agregado, cujo objetivo principal é emparelhar a produção com a demanda ao menor custo. Para fazer a previsão de demanda dos três produtos considerados (Berço Laqueado Branco Padrão Americano, Trocador e Cama da Babá), o método utilizado foi o da regressão quadrática e o da regressão linear, baseando-se em históricos de vendas dos produtos nos períodos de julho a dezembro nos quatro anos anteriores (de 2001 a 2004). Dentro da hierarquia das funções do PCP, ele ocupa uma posição intermediária (médio prazo) sendo precedido pelo Plano de Produção (longo prazo) que é a estratégia de produção e envolve todos os setores produtivos, e seguido pela Programação da Produção (curto prazo) que são todas as decisões visando cumprir o Plano Mestre de Produção. A empresa estudada utiliza-se de um sistema de custeio que se baseia no esforço de produção para definir para cada componente ou peça de um produto a sua absorção dos custos de produção. Sendo assim, o custo de um produto dá-se pelo agrupamento das peças em componentes e dos componentes em produto. Este método é chamado de UEP (unidade de esforço de produção), e divide-se em Custos de Estrutura e Custos de Processo. Para se chegar aos resultados ótimos aplicou-se o Modelo de Programação Linear, observando-se as variáveis relevantes no processo de produção. Em seguida, os resultados foram obtidos através do *software* LINGO 6.0.

Palavras-chave: planejamento, controle, demanda, custos, capacidade.

## ABSTRACT

The Brazilian furniture industry had a growing development, mainly in the 1990's, with the acquisition of imported machines and with the concern of establishing a Plan of Production Control (PPC) seeking to reduce costs and increase production, but avoiding waste of time and materials. The Master Production Scheduling (MPS) informs which are the items to be produced, in which amounts and periods, and its variables of decision are the production in regular hours, in overtime and the stock of finished products. Usually the covered period is of few weeks, but it can stretch to six months or even one year. This elaboration requires the Planning of Production Capacity, taking into consideration the standard timing of each machine and of the production of each product, and the Aggregate Plan whose main objective is to match the production with the demand at the least cost. To forecast the demand of the three considered products (White Lacquered Crib American Pattern, Changing Table and Nanny's Bed), the method used was of the quadratic and linear regression, based on reports of these products sales during the period of July to December in the four previous years (from 2001 to 2004). Within the hierarchy of the functions of the PPC, it occupies an intermediate position (medium period) being preceded by the Plan of Production (long period) that is the production strategy and involves all productive sections, and followed by the Program of Production (short period) which consists of all decisions seeking to accomplish the Master Production.Scheduling The company under study makes use of costing system that relies on the production effort to define for each component or piece of a product its absorption of production costs. This way, the cost of a product is a result of the grouping of pieces into components and the components into products. This method is called of UEP (unit of production effort), and it is divided in Cost of Structure and Cost of Process. In order to get to the great results, the Model of Linear Programming was applied, and the relevant variables were observed during the production process. Afterwards, the results were obtained through the software LINGO.

Key words: planning, control, demand, costs, capacity.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 OBJETIVO DO TRABALHO

A produção de móveis no Brasil teve um grande avanço, principalmente na década de 1990, passando a ser em grande escala. Para tanto foram necessários investimentos em máquinas e em pessoal qualificado. Além disso, surge a necessidade de criar um Planejamento e Controle de Produção para administrar todo o processo produtivo, minimizando custos, evitando-se tempos ociosos e desperdício de materiais. É crescente a busca por métodos de melhoria da produtividade.

Visando resolver problemas relativos a produção de móveis, optou-se pela elaboração do Plano Mestre de Produção em um período semestral (de julho a dezembro/2005) cujo objetivo é decidir como e quanto produzir no período considerado ao menor custo, emparelhando-se a demanda prevista com base em históricos de vendas nos mesmos períodos em quatro anos anteriores, com a produção. Evita-se assim o estoque de produtos acabados, cujo custo é considerável no processo. Em cada período considera-se ainda as sazonalidades, que são os picos de vendas causados por diversos fatores. Para tanto utilizou-se a Pesquisa Operacional, mais especificamente a Programação Linear para se obter os resultados ótimos.

As etapas para a elaboração do Plano Mestre de Produção são: determinação da capacidade produtiva e Planejamento Agregado. Para determinar a capacidade produtiva é preciso calcular o Tempo Padrão de cada máquina e o tempo que cada peça componente de um determinado móvel leva para a sua produção. Tem-se ainda que considerar a quantidade e os tipos de peças necessárias para a montagem de um produto final, evitando-se assim a produção desconexa. Considera-se assim no modelo matemático a função objetivo (maximizar a produção) e as restrições de tempo e as proporções entre as peças. O objetivo do Planejamento Agregado é produzir conforme a demanda prevista a um menor custo.

Para que os resultados sejam satisfatórios, é fundamental que se tenha a máxima precisão quanto à cronometragem da produção por segundo de cada máquina, os custos de estrutura e de processo associados à cada produto, bem como, as medidas das peças que irão compor um móvel. De acordo com esses dados, o programa fornecerá o mix ótimo das peças que irão compor os produtos de acordo com as demandas, e permitirá ao responsável pela produção estabelecer metas de produtividade por funcionário em determinado tempo.

Segundo MARTINS (2005) a cronometragem é um dos métodos mais empregados na indústria para medir o trabalho. E desde que TAYLOR (1989) iniciou o estudo dos tempos

cronometrados visando medir a eficiência individual, é cada vez maior o interesse por essa metodologia nos dias atuais. Teve início assim a preocupação com a melhoria e aumento da produtividade. Quanto maior for a intervenção humana no processo de produção, maior é a dificuldade de se obter uma cronometragem correta, devido às diferenças individuais.

O custo é dividido em dois componentes: custo de estrutura, isto é, a matéria-prima necessária para compor um produto e custo de processo, que são os meios de produção. Deve-se ainda considerar os custos de produção em horários normais e em horas extras.

## 1.2 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

A aplicação da Pesquisa Operacional na indústria é uma ferramenta que permite as melhores tomadas de decisão em questões relativas às quantidades produzidas, demanda de mercado e quais produtos geram maiores lucros. É, portanto, capaz de fornecer as opções que podem gerar melhores resultados, permitindo desta forma que as empresas possam atingir metas maiores, havendo assim maior crescimento.

Neste estudo, optou-se pela aplicação da programação linear na indústria de móveis por existir a grande necessidade de um Plano Mestre de Produção que seja capaz de fornecer as quantidades e quais os produtos que irão fornecer maior rentabilidade com o menor custo, respeitando-se algumas restrições como mão-de-obra, matéria-prima, carga-máquina, entre outras. É, ainda, capaz de fornecer qual a capacidade de produção da indústria em determinado tempo, possibilitando assim que os prazos de entrega de mercadorias sejam respeitados dentro dos limites exigidos pela demanda.

Considerando-se a grande competitividade do mercado, é imprescindível que as decisões estejam apoiadas em cálculos que permitam as melhores estratégias e que as metas desejadas estejam de acordo com capacidades reais de produção e de venda.

## 1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Devido a grande quantidade de produtos, 230 ao todo, este estudo aplicou-se somente a uma linha infantil com três produtos tipo exportação (Berço Laqueado Branco, Trocador e Cama da Babá). Para um estudo sobre todos os produtos, haveria a necessidade de um maior tempo de trabalho, onde deveria ser feito um estudo minucioso sobre cada componente dos diversos produtos.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

A utilização da Programação Linear nas indústrias tem se alastrado cada vez mais, principalmente com o avanço da informática, permitindo resultados rápidos e precisos na busca de soluções ótimas, com a máxima utilização de recursos ao menor custo.

O trabalho dentro de uma indústria de móveis de médio porte, representa um desafio devido a grande quantidade de informações que devem ser codificadas e quantificadas através de variáveis, que devem ser selecionadas criteriosamente segundo a sua relevância dentro do processo de produção.

Aplicar a Programação Linear na indústria de móveis objetivando construir o Plano Mestre de Produção, representa planejar a produção com base na sua capacidade produtiva, seja ela em horas normais ou em horas extras e no seu estoque, visando atender a demandas futuras a um menor custo de produção. É, portanto, uma ferramenta capaz de fornecer informações relevantes quanto à tomada de decisões concernentes aos problemas da produção.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho está formatado por esta introdução, a qual esclarece os objetivos, a importância e as limitações do mesmo.

A segunda parte, a fundamentação teórica, traz uma abordagem sobre a indústria de móveis no Brasil, dos sistemas de produção e os processos de produção.

A terceira parte, a metodologia da pesquisa, apresenta o Plano Mestre de Produção, a programação linear aplicada à indústria de móveis, o planejamento da capacidade, os tempos cronometrados, o modelo matemático para a determinação da capacidade e o planejamento agregado.

A quarta parte traz os resultados obtidos através do *software* LINGO 6.0 e análises dos mesmos.

Na quinta parte estão a conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE MÓVEIS

Ao longo do tempo, as indústrias de móveis vêm se preocupando em melhorar a sua forma de produção, melhorando assim a qualidade dos seus produtos. Da indústria artesanal até a produção seriada e em grande escala, houve a necessidade de buscar planejamentos estratégicos que mudaram o *layout* (disposição das máquinas dentro da fábrica) e o seqüenciamento da produção, bem como a preocupação com o *design* e aproveitamento de materiais, evitando-se assim o desperdício de matéria-prima e de tempo.

Inicialmente a produção era pouco tecnificada e a mão-de-obra de baixa qualificação, o que acarretava muitos custos de fabricação, gerando produtos com pouca qualidade de acabamento e muito desperdício de materiais. Com a necessidade de aumentar e de melhorar a produção, as empresas estão buscando implantar o sistema do Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP), solucionando problemas de tempos ociosos e agilizando a entrega dos produtos na data prevista. Desta forma pode-se maximizar a produção a um menor custo. Conforme COELHO (2004) a indústria brasileira desenvolveu-se bastante na década de 1990 com a aquisição de máquinas e equipamentos importados, havendo assim um aumento na produtividade e melhorando a qualidade do produto.

Além do PPCP, houve a preocupação com secagem da madeira, afiação de ferramentas de corte de madeira e o gerenciamento visual. O *layout* é organizado de forma a proporcionar menor tempo de transporte de peças de um setor para o outro, permitindo assim maior eficiência no processo.

Segundo os dados fornecidos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES (*apud* DUARTE, 2004), existem atualmente por volta de 13.500 indústrias moveleiras que geram empregos a cerca de 185 mil pessoas.

De acordo com DUARTE (2004) a maior concentração das indústrias é na região centro-sul com 90% da produção nacional e 70% da mão-de-obra empregada no setor. O quadro 1 mostra os principais pólos moveleiros consolidados e potenciais no Brasil.

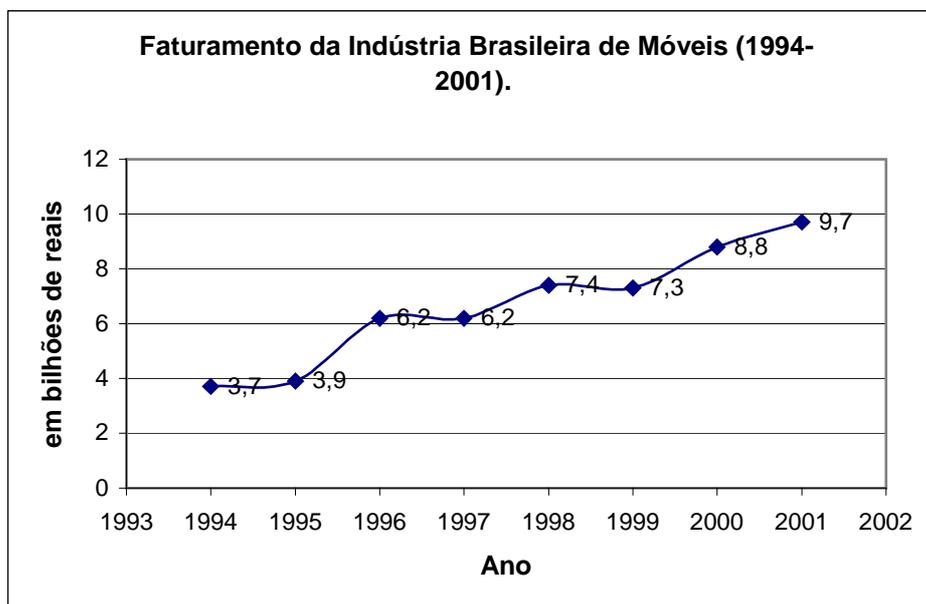
QUADRO 1: Pólos moveleiros no Brasil:

Paraná:	Arapongas Curitiba Londrina Cascavel Francisco Beltrão	Espírito Santo:	Linhares Colatina Vitória
Santa Catarina:	São Bento do Sul Rio Negrinho Coronel Freitas Pinhalzinho S. Lourenço d'Oeste	Minas Gerais:	Ubá Bom Despacho Martinho Campos Uberaba Uberlândia Governador Valadares Vale do Jequitinhonha Carmo do Cajuru
Rio Grande do Sul:	Bento Gonçalves Caxias do Sul Restinga Seca Santa Maria Erechim Lagoa Vermelha Passo Fundo Canela Flores da Cunha Gramado	São Paulo:	Votuporanga Mirassol São Paulo Bálsamo Jaci Neves Paulista
Amazonas:	Manaus	Rio de Janeiro:	Nova Iguaçu Duque de Caxias
Maranhão:	Imperatriz	Bahia:	Salvador
Ceará:	Fortaleza	Pernambuco:	Recife

Fonte: Movergs (*Apud* DUARTE, 2004).

A indústria estudada, Industrial de Móveis Grobe Ltda., localiza-se na cidade de São Lourenço d'Oeste, Santa Catarina, principal estado moveleiro do Brasil.

Na figura 1 pode-se observar o aumento no faturamento das indústrias brasileiras em decorrência da grande melhoria no processo produtivo.



Fonte: Abimóvel (*apud* DUARTE, 2004)

No que se refere às exportações, segundo a Abimóvel (*apud* GUÉRON, 2004), São Bento do Sul (SC) é o maior centro exportador do país, sendo 40% a sua participação nas exportações nacionais, sendo que 80% da sua produção de móveis residenciais de madeira de Pinus, é destinada ao mercado externo. O estado de Santa Catarina exportou no ano de 2003 o equivalente a 50% do total de móveis exportados, apresentando assim o maior volume de exportação do mercado moveleiro do Brasil. Destaca-se também o pólo moveleiro de Bento Gonçalves (RS), sendo que o estado do Rio Grande do Sul é o segundo maior exportador de móveis do país.

No quadro 2 pode-se observar os valores das exportações brasileiras de móveis, em 2002 e 2003.

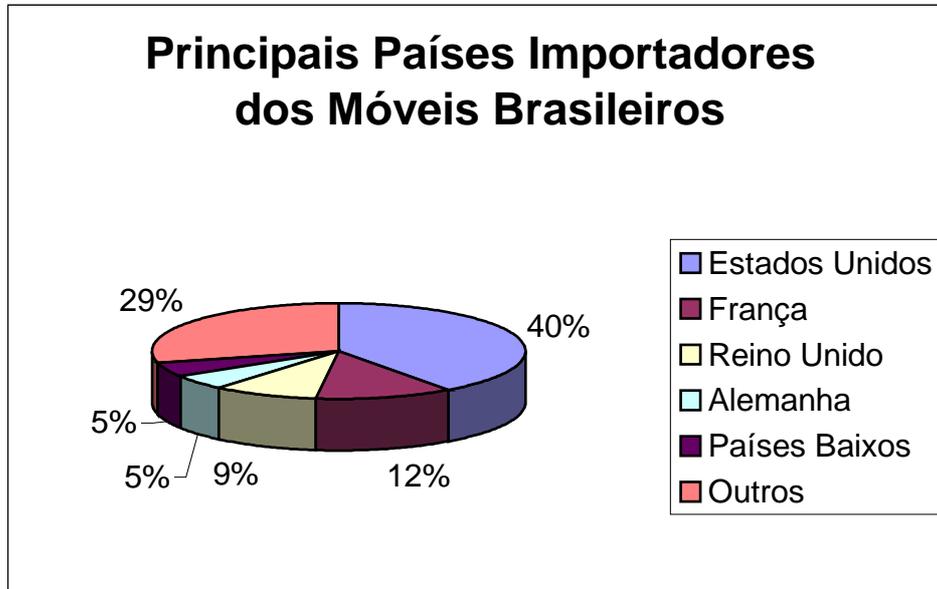
Quadro 2- Exportação Brasileira de Móveis (principais estados).

Estados	2002 (US\$)	2003 (US\$)
Santa Catarina	284.229.755	330.777.373
Rio Grande do Sul	145.811.838	180.678.970
Paraná	43.827.642	60.430.844
São Paulo	25.811.743	39.844.668
Total das Exportações Brasileiras	535.525.034	661.556.905

Fonte: Abimóvel (*apud* GUÉRON, 2004).

Os móveis de madeira correspondem a 70% das exportações, os assentos e cadeiras representam 7% das exportações totais de móveis e destinam-se, principalmente aos EUA.

A figura 2 mostra os principais países importadores dos móveis brasileiros.



Fonte: Abimóvel (*apud* GUÉRON, 2004).

No que se refere à participação do Brasil no mercado mundial de móveis, conforme GUÉRON (2004), o país é o 10º maior produtor, o 10º maior consumidor, o 24º maior exportador e o 35º importador. Embora tenha havido um aumento nas exportações brasileiras de móveis ao longo dos anos, segundo COELHO (2004) a participação a nível mundial é ainda bastante discreta.

## 2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Sistemas de produção são todos os setores envolvidos na produção de bens ou serviços. Para tanto, é necessário o trabalho integrado entre finanças, produção, marketing e recursos humanos. Ao setor de Finanças cabe o papel de administrar os recursos financeiros necessários para viabilizar a produção (compra de materiais, equipamentos, horas extras, controle de custos), tendo como objetivo o lucro. A função da produção, segundo TUBINO (1997), é a de converter insumos em bens ou serviços, sendo que, valores vão sendo adicionados durante o processo de transformação. Ao setor de Marketing cabe a promoção e a venda dos bens e serviços produzidos utilizando-se da estratégia de publicidade e estimativas

de preços. E ao setor de Recursos Humanos cabe o recrutamento, treinamento, motivação, relações trabalhistas, enfim, ocupa-se de todo o pessoal envolvido com a produção.

### 2.2.1 Classificação dos sistemas de produção

Conforme TUBINO (1997) pode-se classificar os sistemas de produção por:

- Grau de padronização dos produtos: podem ser produtos padronizados, ou seja, aqueles produzidos em grande escala, ou produtos sob medida, que são desenvolvidos para um cliente específico.
- Tipo de operações: podem ser processos contínuos, cujos produtos não podem ser identificados individualmente, e processos discretos, que podem ser isolados em lotes ou unidades.
- Natureza do produto: pode ser a manufatura de bens, que é relacionada com bens tangíveis, e prestador de serviço, quando o produto gerado é intangível.

Conforme o sistema utilizado, adota-se uma estratégia para definir o plano de controle de produção, pois o seu sucesso depende da forma como ela é realizada. Considera-se ainda que se o produto for um bem, pode-se ter um melhor plano de controle de produção, o mesmo não acontecendo se o produto for um serviço, pois é mais difícil padronizar a ação de pessoas envolvidas no processo. Os produtos da empresa estudada são padronizados, cujo processo é discreto e a natureza do sistema é a manufatura de bens.

## 2.3 PROCESSOS DE PRODUÇÃO

### 2.3.1 Serraria

Como a empresa estudada não possui reflorestamento próprio, a madeira é comprada de terceiros, e pode ser comprada em toras, madeira serrada (tábuas) verde, madeira serrada (tábuas) seca, madeira plainada, madeira colada, peças de terceirizadores, ou ainda, em chapas. Conforme o tipo ou estado físico da madeira, ela deve passar por determinados processos para ser beneficiada até que possa se tornar uma peça-mãe, que é uma peça que dará origem a várias outras, conforme (anexos 8 e 9).

Se a madeira comprada vier em toras, ela passará por um processo de classificação, que pode ser de 1ª e de 2ª, cuja qualidade depende do afinamento da tora, quantidade de galhos e se a tora é reta ou torta. Após a classificação, as toras serão encaminhadas ao sub-

processo Serraria, que transformará as toras em tábuas. As tábuas serão classificadas em 5 graus de nobreza dadas pelas cores azul “A”, verde “B”, amarela “C”, preta “D”, vermelha “E”, em função da quantidade de nós, nós bons (grandes e pequenos), nós pretos, nós gravatas e madeira azulada.

Uma boa operação de Serraria elimina:

- Problemas de qualidade em relação a nós e demais defeitos, provenientes de má classificação das tábuas.
- Problemas de desperdícios na destopagem provenientes de má classificação.
- Problemas de falha de plainamento nas bordas e faces da tábua provenientes de tábuas desbitoladas.

### 2.3.2 Secagem Estufa Própria

A secagem é o processo que dá condições de “trabalhabilidade” da madeira após o processo de serraria. No processo de secagem é que será feita a principal preparação para que todo o processo produtivo ocorra em conformidade com os requisitos de qualidade. Segundo a Revista da Madeira (2005, nº89), a qualidade da madeira depende da secagem, sendo que os defeitos de secagem causam as tensões na mesma.

Uma boa secagem mantendo o grau de umidade entre 12° e 14° no medidor de umidade:

- Não provoca empenamento nas tábuas proveniente de secagem desparelha e má gradeação, permitindo um bom aproveitamento de peças longas na destopagem.
- Não provoca “trancamento” nas plainas, provenientes de umidade, permitindo velocidade constante.
- Impede que a madeira venha ter problema de empenamento durante a produção provenientes de umidade.
- Impede que as tábuas “mofem” ou deteriorem-se quando ficam empilhadas nos pulmões (*kanban*) provocadas por umidade.
- Fornece ao processo produtivo tábuas retas e com coloração natural do pinus que permite uma aparência agradável ao móvel.
- Impede que os furos e ranhuras “fechem” durante a produção em função do murchamento (término da secagem).

- Permite um aproveitamento bom das lixas e uma condição que não deixará que a pintura “arrepie” o que é provocado por madeira úmida.
- Impede que haja peças com rachaduras que serão reveladas na pintura provocadas por madeira seca em excesso.

A Estufa, preferencialmente, deverá fornecer toda a madeira que a fábrica irá consumir em seu processo produtivo com garantia e responsabilidade total do processo.

Poderá ainda em casos especiais, a empresa comprar madeira seca, ou ainda, terceirizar a secagem, devendo nesse caso ter uma amostragem maior e maior atenção no recebimento e processos que se seguem.

### 2.3.3 Secagem Pátio

As Estufas devem produzir o suficiente para secar toda madeira serrada na serraria, mas em dadas situações, fora do normal, faz-se necessária a secagem externa, neste caso somente tábuas de nobreza “D” e “E” deverão ser secas ao ar livre.

A madeira é gradeada conforme instrução específica nas estufas de lona em posição vertical, deixando um espaço entre uma e outra tábua de forma que a chuva que eventualmente entre na estufa possa escorrer, não penetrando até o centro da tábua e que o vento circule fazendo a secagem.

Por estar exposta ao tempo (umidade e calor), há grande probabilidade de que a madeira venha a apresentar um azulamento provocado por fungos, então quanto menos tempo esta madeira estiver gradeada, menos possibilidade de desenvolver o fungo haverá.

Caso ocorra o azulamento as tábuas perderão sua qualidade, pois além de prejudicar a estética este fungo é o que provoca o apodrecimento da madeira. Sendo assim, deverá haver um monitoramento diário do grau de umidade e um cuidado grande com as previsões do tempo para que as ações preventivas sejam tomadas em caso de previsão de chuva.

### 2.3.4 Transporte para Terceirizadores

Preferencialmente, a secagem no pátio deve ser executada com empresas capacitadas a fazer esta operação. Neste caso, somente a secagem de tábuas com nobrezas “A” e “B” deverão ser terceirizadas pelo fato de que o preço da secagem é fixo e refletirá em uma porcentagem de custo menor e materiais de maior valor agregado.

O transporte até o local de secagem é feita por conta da empresa estudada, enquanto a volta será de responsabilidade do terceirizador.

### 2.3.5 *Kanban* de Tábuas Secas

*Kanban* é um pulmão estratégico, destinado a sincronizar o processo de produção do mix de produção em andamento, permitindo que no momento necessário, cada operação lance mão do material ali estocado para dar andamento ao processo *Just in time*, sendo que as peças serão repostas no pulmão quando forem produzidas. Logo, as operações trabalham no sentido de completar o *kanban* novamente. Conforme PEINADO (1999) o *kanban* não deve ser utilizado apenas como um controle de estoque, embora ele limite o seu nível máximo.

Vindas do processo de secagem, as tábuas secas devem estar dentro de padrões de medida (comprimento, largura e espessura) e dentro de padrões de classificação corretas para a boa realização do trabalho.

As tábuas secas necessitam de um tempo de resfriamento e aclimatação de 24 horas no mínimo, e 30 dias no máximo, onde pelo contato com o ar efetuará uma troca de umidade com o ambiente, deixando o lote todo dentro de um mesmo padrão de secagem, o que fará com que a madeira tenha um comportamento uniforme durante o processo produtivo.

As madeiras vindas das estufas próprias e as vindas de terceirizadores de secagem já são classificadas, mas no caso de serem compradas de fornecedores de madeira seca, deverão passar por uma classificação que obedeça os mesmos critérios praticados na serraria.

O *kanban* de madeira seca deve conter todas as classificações de nobreza em quantidade suficiente para abastecer a fábrica durante 20 dias úteis, usando como base para esse cálculo o Plano Mestre de Produção, garantindo assim que o processo produtivo não pare.

Com uma quantidade grande assim de material é possível que ocorra retirada somente das primeiras pilhas do *kanban*, o que deixará algumas pilhas no processo com mais de 30 dias (período máximo de armazenagem). É necessário então que se faça o giro no *kamban* conforme procedimento específico permitindo a renovação constante do mesmo.

O resultado do *kanban* é a sincronização do processo com garantia da qualidade de matéria-prima, pois, obedecendo aos estoques mínimos e máximos de cada nobreza, as destopadeiras terão a madeira no exato momento que o processo de destopagem necessitar e ainda terá disponível a nobreza exata indicada na “Ficha Técnica” para produção das peças que estão relacionadas na “Ordem de Produção”, garantindo assim que o processo produtivo

não pare. Segundo PEINADO (1999) o sistema *kanban* impede que a linha de produção pare por falta de material.

### 2.3.6 Destopadeiras

Vindas do processo de secagem e passando pela ambientação do *kanban*, as tábuas devem estar no ponto para serem agora trabalhadas. As tábuas secas devem estar dentro de padrões de medida (comprimento, largura e espessura) e dentro de padrões de classificação corretas para boa realização do trabalho. A primeira operação que qualquer peça passa é a destopagem.

A empresa estudada trabalha em seu processo produtivo com a filosofia de “peça-mãe”, o que fará com que os estoques sejam mais baixos e os tempos de máquinas mais otimizados. A peça-mãe é uma peça dentro de um padrão de medida e qualidade bem como é uma etapa operacional que permitirá originar-se a partir dela várias outras peças onde só será definida a peça final com a primeira operação após a peça-mãe. Os benefícios desta filosofia são estoques menores e menos variados que agilizarão a produção e disponibilizarão material suficiente para os processos seguintes, bem como reduzirão tempo de regulagem das máquinas que as produzem.

Conforme os requisitos de qualidade da peça-mãe, quantidade de nós, comprimento, tipo de nó, medula e outros requisitos, existe na ficha técnica a orientação de qual nobreza da madeira será utilizada para produção da peça-mãe.

A destopagem é o processo que define o tamanho final das peças-mãe e esse processo é fundamental pelo fato de ser o início do beneficiamento da madeira. Tem então, além da responsabilidade de cortar no tamanho e esquadro perfeitos, também posicionar os defeitos em locais que serão removidos durante o plainamento, recorte e usinagem e em locais que não afetarão a furação.

O resultado da destopagem é a transformação de tábuas de menor nobreza em peças-mãe em condições de serem transformadas em peças de primeira qualidade durante os processos seguintes e ainda um baixo nível de perda de processo. As peças devem receber uma marca de qual lado deve ir para a régua da plaina para a eliminação dos defeitos.

### 2.3.7 Plainas

Vindas as peças em conformidade com os requisitos de qualidade do processo de destopagem, a plaina fará o trabalho da eliminação de defeitos e padronização das medidas de largura e espessura.

O processo de plainamento dá condições para que a qualidade de furações, usinagens e lixamentos sejam feitas de forma perfeita, eliminando a probabilidade dos seguintes problemas:

- Bordas e ranhuras descentradas proveniente de espessura mais fina ou mais grossa.
- Furações descentradas provenientes de espessura mais fina ou mais grossa.
- Repetição de lixamentos provenientes de espessuras mais finas ou larguras menores que o padrão.
- Consumo excessivo de lixas (por quebra) em função de espessuras ou larguras maiores que o padrão.
- Problemas de qualidade relativos a defeitos não eliminados no plainamento (nós, medulas, azulados que estiverem fora da tolerância).
- Problemas de desenho na usinagem por motivo de maior ou menor comprimento ou ainda larguras menores que o padrão.

As saídas do processo de plainamento são portanto, peças-mãe em medidas de comprimento, largura e espessura e esquadro exatos (conforme tolerância) e com o máximo de defeitos eliminados possível.

### 2.3.8 Processo de transporte e armazenagem *Kanban* de peças-mãe

O *kanban* de peças-mãe tem uma função especial além de fazer a sincronização da produção, que é a aclimatização das peças e acomodação das fibras após o processo de plainamento, pois o processo de plainamento e destopagem são traumáticos, podendo, se trabalhados logo em seguida, originar trincas e rachaduras na peça. Sendo assim, entre o plainamento e outras operações seguintes, é necessário 24 horas de acomodação.

O processo de transporte e armazenagem ainda cuida das condições de armazenagem e critérios de transporte descritas em procedimento específico. Dentre eles, critérios quanto a ações relativas a goteiras, prazos máximos e mínimos de armazenagem, cuidados para não

machucar as peças no transporte, bem como no transporte e localização das peças-mãe em seus respectivos endereços, agilizando o processo de rastreamento e localização de materiais.

### 2.3.9 Produção de Palitos

Vindo das plainas após a reciclagem de peças que tenham apresentado problemas de qualidade, o processo de produção de palitos (madeira roliça) deve exigir uma pré-seleção dos mesmos. Poderão ser usados para produção de palitos longos ou deverão ser cortados menores em função de problemas de qualidade. Deve ainda exigir que palitos sem condição de uso ou plainados com desencontro de cabeçotes nem cheguem até seu local de trabalho.

O processo de produção de palitos tem três papéis fundamentais no processo produtivo: o primeiro é proporcionar uma limpeza dos materiais condenados a desclassificação; o segundo é redução do desperdício, pois, uma vez que existem palitos de várias medidas, pode-se aproveitar qualquer pedaço, apesar de ainda assim a perda ser muito grande; o terceiro é proporcionar beleza ao produto. O processo de produção de palitos é tão importante quanto a usinagem e a furação, pois também são fundamentais as medidas perfeitas de forma que não ocasionem problemas de frestas ou rachaduras na montagem dos produtos.

Além das medidas, o acabamento (lixamento) deve ser feito com perfeição, pois pode ocorrer a ondulação no palito em função do veio duro e veio mole que é característico do pinus, a principal matéria-prima. Podem aparecer também na pintura, rachaduras que devem ser selecionadas antes do lixamento, pois depois de lixadas, nem o lixamento e nem a montagem poderão identificá-las, e quando isso acontecer o palito que deveria proporcionar beleza, acaba dando uma imagem péssima ao produto final, sobretudo depois de pintado.

### 2.3.10 Usinagem

Vindo das plainas e após um descanso no *kanban* de peças-mãe, a usinagem tem o papel de retirar as imperfeições das peças, localizando os defeitos em locais da peça que serão removidos pela fresagem e ainda de tornar o móvel esteticamente agradável pelas suas formas.

A usinagem é o processo que define as formas dos produtos. É onde a peça começa a ter um modelo, um desenho, uma forma, que, uma vez realizada conforme o projeto, irá deixar os produtos diferenciados.

Nesta célula também são feitas as espigas que junto com a furação, são fundamentais para uma boa montagem, e também algumas ranhuras onde serão encaixadas outras peças elaboradas com chapas de Aglomerado e MDF, neste caso a atenção é tão importante quanto a atenção na furação.

Normalmente os processos de usinagem são feitos antes de furações, sendo assim a usinagem deve preocupar-se também em não deixar defeitos em locais que serão furados porque poderá prejudicar o furo ou deixá-lo frágil.

O resultado de uma usinagem satisfatória é a condição para uma furação não comprometida, uma montagem perfeita permitida pela exatidão das ranhuras e espigas com os padrões da ficha técnica, e ainda uma modelagem perfeita conforme padrões de projeto.

### 2.3.11 Furação

A furação deve receber as peças dentro de critérios pré-orientados para que a furação não seja feita em locais que comprometerão a resistência da montagem ou a qualidade visual do produto.

O processo de furação é definitivamente o mais criterioso e um dos mais importantes para uma boa execução da montagem.

O principal papel da furação no processo produtivo é permitir encaixes firmes, centralizados, no esquadro perfeito, bem acabados nas bordas, alinhados conforme ficha técnica e ainda permitir uma boa distribuição da cola no processo de junção às cavilhas ou espigas (conexão entre peças no sistema macho-fêmea).

Sendo assim, a furação deve ser feita de forma que não fique apertada demais para que a peça que será conectada não apresente rachaduras e nem frouxa demais permitindo que durante o processo restante ocorra a desmontagem ou abertura dos encaixes.

O resultado da furação é a execução com bom acabamento nas bordas, localização de furos conforme padronizado pelo projeto na ficha técnica, profundidade e diâmetros dentro dos padrões do projeto.

### 2.3.12 Lixamento

Vindas da usinagem ou da furação, as peças passam pelo lixamento que é o último processo antes da montagem ou da pintura. Esse processo é definitivamente o mais importante para a qualidade do processo produtivo, por ser o acabamento das lixas a base para a pintura.

E após o processo de lixamento, o manuseio torna-se extremamente criterioso por qualquer batida ou atrito, por mais leve que seja, prejudicará a qualidade final.

Não somente para a qualidade, mas também para os custos, este processo é igualmente importante pois é nas lixas que reside o maior grau de gasto de material de uso e consumo, uma vez que as lixas são um material extremamente caro. A falta de cuidado na questão do total aproveitamento de lixas pode gerar um gasto muito além do que o orçamento permite, gerando altos prejuízos para o processo.

Como se não bastassem os gastos com lixas, o maior prejuízo se dá pela falta de qualidade no lixamento ou no manuseio posterior, pois uma vez montadas ou pintadas as peças, o processo de retrabalho gerará custos astronômicos de perda e de quebra de peças e gastos dobrados com materiais utilizados no retrabalho.

### 2.3.13 Sub-processo Inspeção de Qualidade

Cada processo tem sua inspeção de requisitos de entradas e requisitos de saída com o objetivo de garantir a qualidade do produto passo a passo na produção, mas desde o lixamento para frente o cuidado deve ser dobrado. Por esse motivo, além das inspeções anteriores, a empresa estudada tem um posto operativo que tem especificamente essa missão, isto é, filtrar ainda mais os problemas de acabamento principalmente os ocorridos após o lixamento, que normalmente são peças batidas e com defeitos de lixamento.

Outro papel importante desse processo é selecionar conforme instrução específica, as peças que serão usadas para produtos laqueados e produtos tingidos.

Não são todas as peças que passam por este processo, somente as que vão diretamente para a pintura, que não serão montadas e que necessitam de um acabamento final mais elaborado ou uma seleção do que será utilizado em produtos laqueados ou tingidos. Neste caso, peças que tiverem problemas deverão voltar para serem retrabalhadas.

Para deixar clara a importância desse processo, relataremos as duas alternativas que restam após a pintura de uma peça defeituosa:

1 – Lixar novamente a peça pintada – neste caso pode-se recuperar a madeira que compõe a peça, mas o custo de tinta, que é a matéria-prima mais cara que a indústria possui, se perderá. Além disto, a lixa que se utiliza para lixar tinta gastará mais rápido, pois, além de diminuir a vida útil, é usada duas vezes na mesma peça.

2 – Passar para frente até o cliente – este caso é definitivamente o que de mais terrível pode acontecer, pois terá todo um custo de transporte até o cliente, armazenagem, transporte até o

consumidor, transporte de volta do produto (consumidor devolve), transporte de volta até a fábrica. Nesse processo de devolução, a mercadoria fica inválida e as vezes não se pode usar nada do que volta. Mas o pior é o descontentamento do consumidor.

A saída do processo de inspeção é, portanto, peças em 100% de condições de receber pintura, evitando passar para frente materiais fora dos requisitos descritos na instrução de trabalho.

#### 2.3.14 Transporte e Armazenagem *Kanban* Montagem e *Kanban* Pintura

Os *kanbans* de peças para montagem e para pintura têm o papel de fazer a sincronização da produção. Ao contrário de outros *kanbans* anteriores, o *kanban* da montagem e mais ainda o de peças para a pintura devem girar as peças com o menor espaço de tempo possível, pois o contato com a umidade normal do ar faz com que os “pelinhos” (micro ferpas) do lixamento arrepiem.

O processo de transporte e armazenagem ainda cuida das condições de armazenagem e critérios de transporte descritas em procedimento específico. Dentre estes critérios destacamos os relativos a ações pertinentes a goteiras, prazos máximos e mínimos de armazenagem, cuidados para não machucar as peças no transporte bem como localização das peças lixadas em seus respectivos endereços, agilizando o processo de rastreamento e localização de materiais. A organização e cumprimento do papel de cada cor de pista é também controlado pelo responsável por este processo.

A saída deste processo deve apresentar disponibilidade das peças quando a montagem necessitar no local exato onde a peça deve estar, bem como garantir a integridade das peças tal qual saiam do processo de lixamento e inspeção.

#### 2.3.15 Montagem

Vindas as peças de operações que definem padrões fundamentais de qualidade (lixamento e inspeção) a montagem deve, além de preocupar-se com a integridade da qualidade que sai destas operações, preocupar-se também com os problemas de medidas dos encaixes, furações exatas, ranhuras e espigas com medidas dentro do padrão.

A montagem tem por característica o uso de “pressão” pelo fato de ter que “vestir” nem muito apertado nem muito frouxo as ranhuras e furos com espigas e cavilhas. É neste momento que se o furo estiver mais aberto que o padrão ou a espiga mais fina que a peça,

depois de montada, irá abrir ou desencaixar com facilidade. Se o caso for contrário, espiga mais grossa ou furo menor que o padrão, ocorrerão problemas de rachadura, então a atenção nesse momento é redobrada.

Também é característico da montagem o manuseio intensivo e rápido de peças que devem ser juntadas para formar um componente montado. Nesse caso é fundamental a atenção com o manuseio para não bater as peças, não derrubar para evitar danificar o acabamento e não prensar sem ter certeza do encaixe para evitar rachaduras e danos permanentes.

#### 2.3.16 Montagem de Gabaritos (1)

Vindas as peças do processo de inspeção de qualidade, o processo de montagem de gabaritos deve manter a integridade da qualidade tal qual saiu daquele processo.

É característico do processo de montagem de gabaritos o manuseio excessivo e o contato das peças com os gabaritos de metal. Em boa parte é preciso “cravar” as peças em pontas de metal, e isso, se não for utilizado um critério muito rigoroso e não houver um alto grau de conscientização, irá gerar um grande problema de qualidade por peças batidas e rachaduras.

#### 2.3.17 Pintura de Tingidor

Recebendo as peças do processo de montagem e do processo de montagem de gabaritos, este processo é responsável por dar a coloração nas peças, principalmente nas peças nas quais é preciso realçar os veios da madeira, o que tem uma apreciação importante ao cliente que compra este modelo de produto.

Uma última inspeccionada visual ainda é dada no momento em que a peça é colocada na esteira de pintura para garantir a qualidade, principalmente nas peças que vêm da montagem de gabaritos, para ver problemas de batidas que têm alta probabilidade de acontecer, e nas peças que vêm da montagem é fundamental analisar esquadro, abertura da emenda, escorridos e manchas de cola que prejudicarão o tingimento.

O tingimento é um processo delicado, onde se deve cuidar para que já na primeira demão seja dada a cobertura conforme padrão comparativo que deve ser constantemente comparada as peças que estão sendo produzidas. Caso seja necessário um retoque, nas partes que o tingidor pegar duas vezes, teremos o dobro do tom da cor o que deixará a peça

manchada, prejudicando muito a qualidade. Em locais que o tingidor não pegou ou a cobertura não for suficiente, a peça ficará com manchas mais claras. Estes problemas podem ser mais evidentes em umas peças do que em outras em função do tingidor que está sendo aplicado, em peças que eventualmente foram passadas selador ou que foram manchadas com cola, se pode perceber manchas fortes, pois o tingidor não será absorvido pela madeira. Em caso de madeiras com muitos veios duros poderemos perceber uma menor absorção também.

A saída do processo de tingimento deve ter uma atenção especial, pois logo em seguida, no ritmo da máquina vem o processo de aplicação de fundo que poderá não ter condições de analisar a peça como todo o critério necessário em função da velocidade do trabalho. Logo, o resultado deve ser peças sem batidas, tonalidade idêntica ao padrão, sem manchas claras ou escuras e com perfeição de montagem.

#### 2.3.18 Pintura do fundo/selador

A pintura do fundo ocorre segundos após a pintura do tingidor. Entre esse meio não há manuseio, daí a importância de manter os olhos bem abertos para a qualidade do tingimento. Uma vez passado o selador fica muito difícil corrigir problemas de tingimento. Muitas vezes é necessário desmontar as peças e lixar novamente ocasionando perdas irremediáveis no processo.

O selador tem por objetivo fechar os poros da madeira para que quando a peça for envernizada o brilho fique por cima e não penetre na madeira, que por estar seca funciona como uma esponja.

Nas partes planas da peça é interessante dizer que não há necessidade de “carregar” muito o selador, mas nas partes torneadas, topos e usinados, aonde a continuidade do veio da madeira é contada, então o efeito esponja tende a aparecer. Por isso a necessidade de carregar mais, tomando um cuidado para que a pintura não escorra.

A saída do processo de aplicação do fundo são peças com boa cobertura de fundo que permitem um envernizamento perfeito.

#### 2.3.19 Cura do fundo/selador

O fundo ou selador necessita de um tempo para a secagem conforme indicação do fornecedor. Vindas da esteira de aplicação de fundo, estas peças devem ser colocadas nos

cavaletes de secagem com uma distância entre uma e outra peça para que não se grudem e permitir a circulação do ar, e só serão tiradas dali quando forem receber o lixamento.

Caso o fundo não esteja bem “curado”, poderá haver problemas de “enrugamento” da pintura e empastamento da lixa, e isto irá gerar um alto custo, pois não só as lixas, que são umas das principais despesas da empresa, serão inutilizadas, mas as peças serão desmontadas com o risco de quebra de peças e lixadas todas novamente.

As saídas deste processo são peças não grudadas e bem secas, de forma a permitirem uma ótima condição de lixamento.

### 2.3.20 Lixamento de fundo/selador

As peças vindas do processo de cura devem estar bem secas, com boa cobertura de selador e não escorridas, o que se acontecer tomará um alto tempo do processo de lixamento. Se as peças não tiverem “cura” total, as lixas serão inutilizadas.

Este processo é fundamental para o envernizamento, e tem a função de completar o trabalho de acabamento que o lixamento faz anteriormente, antes da montagem e inspeção. Na ocasião do lixamento, ocorre que micro-ferpas se deitam e quando o selador é aplicado, estas se levantam deixando uma textura áspera na peça. O lixamento no fundo quebrará estas micro-ferpas e deixará uma textura muito lisa, que com a aplicação do verniz, dará um brilho e textura muito boa no produto acabado.

Deve-se tomar cuidado neste processo para que não aconteçam “branqueamentos” nos cantos mais vivos, em peças que são tingidas, mas não pode-se sacrificar a textura. Em função disso, os responsáveis pelo lixamento deverão achar o ponto de equilíbrio exato para que o lixamento dê perfeitas condições de brilho e textura na peça.

Este processo tem como característica principal a grande dependência da mão humana. Não há máquina que faça este trabalho tão bem como a mão humana pode fazer. Deve-se então cuidar ao manusear as peças, pois há aí uma enorme possibilidade de estragar todo o trabalho feito em decorrência de batidas, retirar e colocar as peças nos gabaritos. A saída do processo de lixamento são peças não branqueadas, não machucadas, com textura lisa e firme nos gabaritos.

### 2.3.21 Montagem de Gabaritos (2)

Este processo é anexo ao lixamento de fundo, pois somente algumas peças são pintadas em gabaritos e quando este for o caso, uma pessoa do grupo de lixamento de fundo irá para o início do processo retirar peças dos gabaritos vistoriando-as e passando-as aos lixadores. Outras duas pessoas irão para o fim do processo e receberão as peças dos lixadores, vistoriando-as e recolocando-as nos gabaritos.

Para este processo serão observados os mesmos critérios do processo montagem de gabaritos (1).

### 2.3.22 Pintura do Acabamento

Este é o último processo de transformação pelo qual as peças passarão, e tem como característica ser um processo de extremo critério, pois qualquer descuido poderá gerar um enorme custo para o processo pelo fato de que todos os outros processos anteriores chegaram até aqui com perfeição.

O processo de pintura do acabamento não deve desconcentrar-se da missão de dar cobertura parelha, sem falhas por absorção ou falta de tinta, sem escorridos e sem casca de laranja. Estas devem ser as únicas preocupações do pintor, uma vez que todos os problemas já foram filtrados até ali.

A saída deste processo é dar o acabamento final em perfeita conformidade com o padrão definido pelo projeto que por sua vez é o que o cliente estará esperando.

Deve-se ainda, conforme a Revista da Madeira (2004, nº84), ter os devidos cuidados para não haver contato direto da tinta com a pele do pintor, pois que pode causar alergias ou queimaduras. Além disso, tratando-se de um produto que emite vapores à temperatura ambiente, pode causar doenças respiratórias e lesões pulmonares.

### 2.3.23 Transporte e Cura do Acabamento

Após a pintura do acabamento, é necessário que as peças sejam transportadas com muito cuidado até o local onde ocorrerá a cura do acabamento. As peças, a partir do momento em que são pintadas, não deverão ser empilhadas, tocadas ou encostadas antes da cura, nem que seja de leve, pelo fato de que a peça “registrará” este fato em sua superfície.

Existem três momentos para a cura em tempos que variam conforme especificação do fornecedor da tinta. Para que isso seja válido, o processo de mistura deverá estar bem controlado:

A – Formação de película – uma vez formada a película de secagem, a peça poderá, se necessário, sair para um ambiente que não seja totalmente isento de pó.

B – Permissão do toque – após um certo tempo, a peça poderá ser tocada e manuseada mas jamais empilhada.

C – Cura completa – após o tempo definido pelo fornecedor, a peça estará pronta para o empilhamento e embalagem de manuseio dos processos “montagem dos gabaritos 1 e 2”. Algumas peças ainda serão enroladas em papel, plástico ou manta para manterem a integridade da qualidade até a embalagem.

#### 2.3.24 Inspeção de Qualidade

Algumas peças com maior necessidade de controle de qualidade ou que tenham maior probabilidade de defeitos (normalmente as que são pintadas em gabaritos) ainda receberão uma inspeção e aprovação para embalagem de acordo com critérios pré-definidos.

Após o processo de cura, essas peças serão retiradas dos gabaritos observando os mesmos critérios de manuseio dos processos “montagem de gabaritos 1 e 2”, algumas peças ainda serão enroladas em papel, plástico ou manta para manterem a integridade da qualidade até a embalagem.

Este processo será o filtro maior que evitará que peças com defeitos de acabamento sejam enviadas ao cliente. É importante frisar bem que as embalagens terão que seguir um ritmo forçado de produção e por isso não terão condições de analisar a qualidade muito profundamente, daí a necessidade deste processo de inspeção acontecer com eficiência.

#### 2.3.25 Transporte e Armazenamento no *Kanban* das Embalagens 1, 2, 3

Tendo sido selecionadas, as peças devem seguir até o *kanban* das embalagens, onde serão armazenadas de forma a atenderem os padrões de manuseio, acondicionamento, empilhamento e rotatividade.

No momento do transporte, as peças estarão soltas e extremamente lisas em função da pintura. Desta forma, um imenso cuidado deve ser tomado no transporte e acondicionamento

para que as peças pintadas não venham a cair, neste caso destruindo todo um trabalho passo a passo feito no processo todo.

Durante o tempo que estiverem sendo armazenadas, as peças deverão receber uma atenção especial. Nos momentos em que as peças forem retiradas e colocadas no *kanban*, deve-se cuidar para que não sejam batidas, riscadas e derrubadas.

### 2.3.26 Montagem (2)

Em algumas peças existe um processo de montagem, que juntará peças vindas do “processo de produção de chapas” e do “processo de produção de madeira maciça”.

Vindas as peças de operações que definem padrões fundamentais de qualidade (lixamento e inspeções), a montagem deve, além de preocupar-se com a integridade da qualidade que sai destas operações, preocupar-se também com os problemas de medidas dos encaixes, furações exatas, ranhuras e espigas com medidas dentro do padrão.

A montagem tem por característica o uso de “pressão” pelo fato de ter que “vestir” nem muito apertado nem muito frouxo as ranhuras e furos com espigas e cavilhas. É neste momento que se o furo estiver mais aberto que o padrão ou a espiga mais fina, a peça, depois de montada, irá abrir ou desencaixar com facilidade. Se o caso for contrário, espiga mais grossa ou furo menor que o padrão, ocorrerão problemas de rachaduras. Então a atenção neste processo é redobrada.

Também é característico da montagem, o manuseio intensivo e rápido de peças que devem ser juntadas para formar um componente montado. Neste caso é fundamental a atenção com o manuseio para não bater as peças, não derrubar para evitar danificar o acabamento e não prensar sem ter certeza do encaixe para evitar rachaduras e danos permanentes na peça.

A grande importância da montagem 2 é dada pelo fato de que é a última operação antes da embalagem e a inspeção na esteira de embalagem é muito difícil, pois a esteira estará correndo no ritmo de produção.

Para deixar clara a importância deste processo, relataremos abaixo as duas alternativas que restam após a montagem de uma peça defeituosa ou a não identificação imediata de um problema de montagem antes de secar a cola.

Desmontar a peça montada- neste caso, utiliza-se a força que na grande maioria das vezes quebrará os componentes o que ocorre a perda do material e mais todo o trabalho feito na peça até o momento. Tanto pior se a peça tiver sido montada e pintada, soma-se o prejuízo de

desmontagem com os de retrabalho em peças pintadas (consumo de lixas, perda de tinta, mão-de-obra, etc.).

Passar para frente até o cliente- este caso é definitivamente o que de mais terrível pode acontecer, pois terá todo um custo de transporte até o cliente, armazenagem, transporte até o consumidor, transporte de volta ao cliente (consumidor devolve), transporte de volta até a fábrica. Nesse processo de devolução a mercadoria fica inválida e as vezes não se pode usar nada do que volta. Mas ainda pior é o descontentamento do consumidor.

Devem ser cuidados os problemas com cola escorrida ou manchas de cola que deixarão uma má imagem quando o produto estiver na casa do consumidor.

### 2.3.27 Embalagem 1, 2, 3

Vindas as peças dos processos “Montagem (2)”, “Inspeção (2)” e “Armazenamento no *kanban* de embalagens”, devem ter sido anteriormente avaliadas em relação à sua qualidade, se está ou não em conformidade com os requisitos de clientes definidos no projeto dos produtos.

Esta condição não elimina a responsabilidade do processo de embalagem de observar com muito critério qual a qualidade que estará enviando ao cliente, pois este é o último processo pelo qual se tem domínio sobre a satisfação do cliente.

O cliente quando opta por comprar um produto, espera que ele atenda no mínimo os requisitos de segurança, limpeza e beleza.

O processo de embalagem tem como principais pontos de cuidado, além da qualidade de acabamento, a qualidade de disposição das peças dentro das embalagens, proteção contra atrito no transporte, a ordem de colocação das peças, a localização das peças no volume, a quantidade e os tipos de peças que estão indo, colocação dos pacotes de acessórios. Devem ser constantemente checados conforme procedimento específico. Caso ocorra qualquer falha nestes requisitos, haverá problemas com armazenagem, com montagem ou danificação das peças durante o transporte.

A saída do processo de embalagem, deve então, ter uma qualidade perfeitamente condizente com o que está projetado para cada produto, sem falhas de segurança, sem ocorrência de falta ou troca de peças e pacote de acessórios, sem poeira ou sujeira acumulada, com identificação do volume, sinalização do pacote de acessórios e colagem perfeita das fitas gomadas conforme padrão.

### 2.3.28 Armazenagem de Volumes

Vindos os volumes devidamente embalados, sinalizados com o barbante dos acessórios, colagem perfeita da fita gomada e identificados com as devidas etiquetas de cada processo de embalagem, o processo de embalagem deverá obedecer rigorosamente os endereços, rotatividade, quantidades e forma de empilhamento para que se garanta a integridade do volume até o carregamento.

Durante o período que o volume fica no *kanban*, poderá estar constantemente sendo danificado em função da movimentação indevida, podendo haver tombamento de pilhas ou danificação dos volumes por não obediência aos limites máximos de empilhamento ou até por erros no projeto relativos a acondicionamento das peças dentro da embalagem. O processo de armazenamento deverá observar constantemente a integridade física das embalagens e seus requisitos de qualidade e acionar necessidades de substituição das caixas se for o caso.

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

#### 3.1 PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO - PMP

O Plano Mestre de Produção determina em um determinado período de tempo, a quantidade e quais produtos serão produzidos a um menor custo possível. Para tanto ele considera a demanda, o estoque e a capacidade de produção da empresa. Conforme SILVER (1979), ele utiliza o planejamento agregado e, para a sua implementação efetiva, exige a desagregação do planejamento em produtos individuais. O período utilizado neste trabalho, conforme visto anteriormente, é de seis meses (de julho a dezembro de 2005).

De acordo com CORRÊA (2001) para que a empresa obtenha sucesso o plano mestre de produção deve ser bem gerenciado. A partir dele pode-se consolidar um Planejamento e Controle de Produção (PCP), administrar os estoques, administrar a capacidade da empresa, obter o cálculo das necessidades de materiais (MRP), bem como ter uma poderosa ferramenta para remodelar o seu *layout* para o melhor seqüenciamento das operações. Segundo TUBINO (1997, p.103) “com base no plano-mestre de produção e nos registros de controle de estoques, a programação da produção está encarregada de definir quanto e quando comprar, fabricar ou montar cada item necessário à composição dos produtos acabados propostos pelo plano.”

Pode-se observar na figura 23 a hierarquia das funções do Planejamento e Controle de Produção.

FIGURA 3: Hierarquia das funções do PCP.



FIGURA 4: Etapas para a elaboração do Plano Mestre de Produção.



### 3.2 A PROGRAMAÇÃO LINEAR APLICADA À INDÚSTRIA DE MÓVEIS

A Pesquisa Operacional, desenvolvida no final da década de 1940, teve como objetivo inicial resolver problemas relacionados com a logística das tropas aliadas na guerra. Para SCHEITT (2003, p.31) “o termo Pesquisa Operacional foi usado para descrever um método nascido de grupos interdisciplinares de pesquisadores que pretendiam resolver problemas estratégicos e táticos da administração militar.” Com o desenvolvimento do computador, a sua utilização passou a se espalhar pelas organizações industriais, atuando como ferramenta decisiva no máximo aproveitamento de recursos e auxiliando a gerência na tomada das mais diversas decisões. Na indústria de móveis pode ajudar a resolver muitos problemas de logística e de otimização da produção.

Para EHRLICH (1976, p.9) “Pesquisa Operacional é uma colcha de retalhos, constituída de diversas técnicas quantitativas aplicadas às áreas de administração, produção, planejamento e organização.” Para se resolver os múltiplos problemas em uma organização, pode-se utilizar as várias técnicas conhecidas, sendo que, não existe uma regra que indique qual a melhor.

Segundo MOREIRA (2004), a Programação Linear é um modelo matemático desenvolvido para resolver determinados tipos de problemas onde as relações entre as variáveis relevantes possam ser expressas por equações e inequações lineares. Daí a sua grande importância para a tomada de decisão. Conforme MACULAN (1980) uma tomada de decisão considera as restrições e está ligada a um certo objetivo. Deve-se ter um cuidado especial na coleta, organização e seleção das variáveis envolvidas no problema, seguindo-se

criteriosamente cada passo até a formulação matemática com a devida função objetivo. No presente trabalho foram utilizados modelos matemáticos de Programação Linear para a determinação da capacidade de produção e para o planejamento agregado.

Segundo PUCCINI (1972) a programação linear visa solucionar problemas de distribuição de recursos limitados objetivando, por exemplo, maximização de lucros ou minimização de custos. Conforme KOLMAN (1988, p.301) “como ferramenta essencial para a ciência da administração e a pesquisa operacional, resultou em uma grande economia de dinheiro.”

### 3.3 PLANEJAMENTO DA CAPACIDADE

A primeira etapa para a elaboração do Plano Mestre de Produção é o Planejamento da Capacidade, cujo objetivo principal é determinar qual é a quantidade de produtos que podem ser fabricados em determinado período de tempo. Segundo MOREIRA (2004) conceitua-se capacidade de uma unidade produtiva como a quantidade máxima de produtos ou serviços que essa unidade pode produzir num dado intervalo de tempo. A capacidade depende de diversos fatores, entre os quais o porte das instalações, a composição dos produtos e/ou serviços, o projeto do processo, fatores operacionais como as diferenças nas capacidades dos equipamentos, e fatores humanos, particularmente a experiência, a habilidade e a motivação dos funcionários.

Determinar a capacidade produtiva possibilita atender a demanda futura, minimizando o tempo de produção, e, automaticamente, maximizando os lucros. Conforme DAVIS (2003, p.262): “O objetivo do planejamento de capacidade é especificar qual nível de capacidade irá satisfazer às demandas de mercado de uma maneira eficiente, em termos de custo.” Para conhecer essa capacidade é preciso “explodir” cada produto em seus componentes, isto é, desmembrá-lo em suas partes, para que sejam medidos os tempos de produção de cada peça até a montagem e embalagem do produto final. Deve-se, ainda, considerar o tempo de *set-up* (tempo de regulagem das máquinas) e o fator de tolerância (tempo de fadiga e atendimento às necessidades pessoais do operador). No tempo de *set-up* considera-se ainda o *try-out*, que é o tempo de produção das primeiras peças. Neste estudo, o *set-up* considerado foi de 1800 segundos.

A capacidade de produção depende diretamente do *layout* da indústria, que é a disposição das máquinas dentro da indústria, onde equipamentos e funções similares são agrupados em uma seção de máquinas, otimizando sua localização relativa e minimizando os

custos de manuseio de materiais. Conforme DAVIS (2003, p.265): “Um leiaute de produto (também chamado de leiaute de fluxo) é aquele no qual processos de trabalho ou de equipamento estão dispostos de acordo com etapas progressivas pelas quais o produto é feito.”

### 3.4 TEMPOS CRONOMETRADOS

O objetivo dos tempos cronometrados é de medir o trabalho, ou seja, determinar o intervalo de tempo para que seja efetuada uma determinada operação, a que chamamos de tempo padrão. Para se realizar uma determinada tarefa, deve-se levar em consideração uma série de fatores como, por exemplo, a tolerância para atendimento às necessidades pessoais e a tolerância para alívio da fadiga. Quanto maior for a intervenção humana em um processo, mais complexo se torna determinar o tempo padrão.

A importância do estudo dos tempos é que se pode padronizar os programas de produção e os custos padrões, fornecendo dados para o balanceamento de estruturas de produção.

Segundo MOREIRA (2004) a determinação do tempo padrão para se efetuar uma tarefa possui pelo menos duas grandes utilidades:

- I. serve para estudos posteriores que visem determinar o custo industrial associado a um dado produto.
- II. serve para avaliar, pela redução ou não do tempo padrão, se houve melhoria no método de trabalho, quando se faz um estudo de métodos.

#### 3.4.1 Determinação do Número de Ciclos a Serem Cronometrados

Segundo MARTINS (2005) o número de ciclos a serem cronometrados é deduzida da expressão do intervalo de confiança da distribuição por amostragem da média de uma variável distribuída normalmente, resultando a expressão:

$$n = \left( \frac{z.R}{E_r . d_2 . \bar{x}} \right)^2$$

em que:

$n$  = número de ciclos a serem cronometrados

$z$  = coeficiente da distribuição normal padrão para uma probabilidade determinada

$R$  = amplitude da amostra

$d_2$  = coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente

$\bar{x}$  = média da amostra

Para a utilização da expressão, deve-se realizar uma cronometragem prévia, cronometrando-se a operação entre cinco e sete vezes e retirando-se dos resultados obtidos a média  $\bar{x}$  e a amplitude  $R$ . Devem também ser fixados os valores da probabilidade e do erro relativo que são desejados. (Na prática, costumam-se utilizar probabilidades entre 90% e 95%, e erro relativo variando entre 5% e 10%).

Na determinação do número de ciclos a serem cronometrados na empresa estudada, fez-se cinco cronometragens prévias de sessenta segundos cada uma, observando o rendimento de cada máquina de acordo com a sua forma de trabalho, podendo ser metros de perímetro por segundo ou metros de comprimento por segundo, etc., com probabilidade de 95%. Deve-se ainda frisar que os tempos estão na sua forma decimal.

### 3.4.2 Avaliação da Velocidade do Operador

Cabe ao cronometrista avaliar de uma forma subjetiva a velocidade  $V$  do operador atribuindo à velocidade normal de operação um valor 100 (ou 100%).

### 3.4.3 Determinação das Tolerâncias

Segundo MARTINS (2005) a tolerância para atendimento às necessidades pessoais, considera-se suficiente um tempo entre 10 minutos e 25 minutos (5% aproximadamente) por dia de trabalho de 8 horas.

A tolerância para alívio da fadiga adota-se entre 15% e 20% do tempo (fator de tolerâncias entre 1,15 e 1,20) para trabalhos normais realizados em um ambiente normal, para as empresas industriais.

Considerando-se a porcentagem de tempo  $p$  concedida em relação ao tempo diário, determina-se o fator de tolerâncias como sendo:  $FT = 1/(1 - p)$ . Adotou-se a tolerância de 15% , obtendo-se assim  $FT = 1,176$ .

### 3.4.4 Determinação do Tempo Padrão

Segundo MARTINS (2005), uma vez obtidas as  $n$  cronometragens válidas, deve-se:

- calcular a média das  $n$  cronometragens, obtendo-se o tempo cronometrado (TC), ou tempo médio (TM);
- calcular o tempo normal (TN):  $TN = TC \cdot V$ ;
- calcular o tempo padrão (TP):  $TP = TN / FT$ .

Conforme (anexos 1, 2 e 3), pode-se observar a “explosão” de peças de cada produto, com os seus respectivos *designs*. A matriz dos tempos é formada pelo cruzamento peça X máquina, sendo que os mesmos estão na forma decimal e em segundos. Para as peças que não passam por processo, acrescenta-se o seu respectivo custo de estrutura. Assim, a cada processo (máquina) a peça vai absorvendo custos de processo e tempo.

A seguir pode-se observar a descrição de cada máquina com o seu tempo padrão por segundo com a sua forma de trabalho, sendo que o tempo está na forma decimal. Por conveniência, descrevemos passo a passo a determinação do tempo padrão apenas da máquina Coladeira de Borda.

- CB-3 Coladeira de Borda: TP (Tempo Padrão) = 0,417 metros de comprimento/segundo.

Considerando-se que após as 5 cronometragens prévias, obteve-se o Tempo Cronometrado (TC) de 0,4904 metros de comprimento por segundo.

Como foi atribuído 100% a velocidade do operador, pois há muito pouca intervenção humana no processo, obteve-se o tempo normal (TN) =  $0,4904 \cdot 100/100 = 0,4904$  m-c/seg.

De acordo com os resultados obtidos, foi calculado o tempo padrão:  
(TP) =  $0,4904 / 1,176 = 0,417$  m-c/seg, (metros de comprimento por segundo)

- CO-1 Copiadora: TP = 0,5 m-p/seg, (metros de perímetro por segundo).

- CO-2 Arredondador de chapa: TP = 0,5 m-p/seg, (metros de perímetro por segundo).

- D-10 Destopadeira: TP = 0,117 m-c/seg, (metros de comprimento por segundo).

- EMB-2 Embalagem: TP = 0,083 m-c/seg.

- ESQ-1 Esquadrejadeira: TP = 0,033 m-e/seg, (metros de espessura por segundo).
- FB-1 Furadeira de Gaveta: TP = 0,250 ccl/seg, (ciclos por segundo).
- FIN-1 Finger: TP = 0,56 m-e/seg.
- FO-1 Furadeira Oscilante: TP = 0,05 ccl/seg.
- FU-9 Furadeira: TP = 0,25 ccl/seg.
- FUP-1 Furadeira de Pé: TP = 0,117 ccl/seg.
- HIL-3 Emborrachadora de Hiller: TP = 0,5 m-p/seg.
- IQ-1 Inspeção de Qualidade: TP = 0,083 unid/seg, (unidades por segundo).
- IQ-3 Inspeção de Qualidade (Exportação): TP = 0,083 unid/seg.
- IQ-4 Inspeção de Qualidade (Laqueado): TP = 0,083 unid/seg.
- LB-2 Lixadeira Fresadora de Borda: TP = 0,25 m<sup>2</sup>-f/seg, (metros quadrados de face por segundo).
- LBL-1 Lixadeira de Banda Larga: TP = 0,25 m<sup>2</sup>-f/seg.
- LBL-2 Lixadeira de Banda Larga: TP = 0,25 m<sup>2</sup>-f/seg.
- LC-1 Lixadeira de Cinta: TP = 0,067 unid/seg.
- LC-4 Lixadeira de Cinta: TP = 0,067 unid/seg.
- LC-5 Lixadeira de Pneu: TP = 0,067 unid/seg.
- LP-1 Lixadeira de Pé: TP = 0,067 unid/seg.

- LPO-1 Lixadeira de Pintura Orbital: TP = 0,167 m<sup>2</sup>-f/seg.
- LX-1 Lixadeira de Palito: TP = 0,133 m-c/seg.
- ME-1 Mesa de Lixamento: TP = unid/seg.
- ME-8 Mesa de Massamento: TP = 0,05 unid/seg.
- MIST Mistura: TP = 0,011 litros/seg.
- P-3 Plaina (Weinig Pequena): TP = 0,417 m-c/seg.
- PI-1 Cabine de Pintura (Tingidor): TP = 0,067 m-c/seg.
- PI-2 Cabine de Pintura (Selador/Fundo): TP = 0,067 m-c/seg.
- PI-3 Cabine de Pintura (Verniz/Laca): TP = 0,067 m-c/seg.
- PI-5 Pintura – Expulsatrice (Falcione): TP = 0,417 m-c/seg.
- PI-6 Cabine de Pintura: TP = 0,067 m-c/seg.
- PIB-1 Pintura de Bordas: TP = 0,067 m-c/seg.
- PL-1 Lixadeira de Pontear: TP = 0,067 unid/seg.
- PM-1 Prensa de Montagem: TP = 0,033 unid/seg.
- PM-2 Prensa de Montagem: TP = 0,033 unid/seg.
- PRF-1 Prensa de Alta Freqüência: TP = 0,017 m<sup>2</sup>-f/seg.
- RE-1 Respigadeira (Harwar): TP = 0,133 ccl/seg.

- RF-1 Respigadeira e Furadeira:  $TP = 0,133 \text{ ccl/seg.}$
- RO-1 Rolo Pintura:  $TP = 0,2 \text{ m}^2\text{-f/seg.}$
- S-3 Seccionadora (Gabiane):  $TP = 0,063 \text{ m}^2\text{-b/seg.}$  (metros quadrados de borda por segundo).
- T-1 Tupia:  $TP = 0,333 \text{ m-c/seg.}$
- TP-1 Torno de Pé:  $TP = 0,042 \text{ m-c/seg.}$

### 3.4.5 Capacidade de Produção

A matriz dos tempos determinará as restrições de tempo com as limitações de 8 horas diárias (28.800 segundos), descontando-se o fator de tolerância ( $FT=1,176$ ) e o tempo de *set-up* (1.800 segundos), podendo ou não adicionar-se 2 horas extras.

Após a construção da matriz dos tempos, é necessário ainda que se faça as devidas proporções entre as peças que compõem cada móvel, evitando assim a produção desconexa. Desta feita, pode-se “amarrar” as peças para cada unidade final do produto.

A função objetivo tem como finalidade maximizar a produção de acordo com as restrições anteriores. Utilizando-se portanto, o modelo matemático da Programação Linear, é possível determinar a produção máxima no período desejado.

Conforme o *layout* (anexo 4), pode-se observar em cada máquina a sua devida saturação e a sua carga máquina no período semestral para todos os produtos considerados neste trabalho. Pode-se ter assim um parecer sobre a utilização dos recursos da fábrica, possibilitando a tomada de decisões quanto a investimentos futuros ou um gerenciamento eficiente visando melhorar a produção.

## 3.5 FORMULAÇÃO DE MODELO MATEMÁTICO PARA A DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE

O modelo visa portanto, determinar quanto a indústria produz de cada produto em um determinado período, considerando-se o tempo disponível e a capacidade de cada máquina. O volume final ( $V_f$ ) representa o produto com todos os seus componentes ( $x, \dots$ ), ou seja,  $x$

seguido pelo código da peça, em uma embalagem. Optou-se por representar os componentes com os respectivos códigos utilizados pela indústria precedidos por x (ou y quando se trata de peças iguais) para que se tenha nos resultados as quantidades associadas diretamente a cada peça, podendo-se determinar as ordens de produção para cada posto operativo.

O modelo aqui especificado corresponde ao produto Trocador, onde podemos separá-lo em três partes: função objetivo, proporções entre as peças e restrições de tempo. Nas planilhas de custos de cada um dos produtos considerados nos (anexos 5, 6 e 7), podemos observar as especificações de cada peça, com os devidos códigos e nomes, com o seu custo unitário, com a quantidade, com as suas dimensões e seus custos .

### 3.5.1 Função Objetivo

Sendo:

Vf = Volume final de um determinado produto, ou seja, é o produto acabado cujas peças são embaladas formando um volume.

$$\max = Vf \quad (01)$$

- (01) Visa determinar o máximo que se pode produzir de acordo com as limitações dos tempos de cada máquina e as proporções entre as peças de cada produto.

### 3.5.2 Proporções Entre as Peças

$$vf = v8405/14; \quad (02)$$

$$v8405 = x80065 + x8157031 + x8157032 + x8157330 + x8157430 + x8157630 + x8157730 + x8157930 + x8158030 + x8158130 + x8922600; \quad (03)$$

$$x80065 = 2 * x8157031; \quad (04)$$

$$x8157031 = x8157032;$$

$$x8157031 = x8157430;$$

$$x8157031 = x8157630;$$

$$x8157031 = x8157730;$$

$$x8157031 = x8157930;$$

$$x8157031 = x8158030;$$

x8157031=x8922600;  
x8157032=x8157430;  
x8157032=x8157630;  
x8157032=x8157730;  
x8157032=x8157930;  
x8157032=x8158030;  
x8157032=x8922600;  
x8157430=x8157630;  
x8157430=x8157730;  
x8157430=x8157930;  
x8157430=x8158030;  
x8157430=x8922600;  
x8157630=x8157730;  
x8157630=x8157930;  
x8157630=x8158030;  
x8157630=x8922600;  
x8157730=x8157930;  
x8157730=x8158030;  
x8157730=x8922600;  
x8157930=x8158030;  
x8157930=x8922600;  
x8158030=x8922600;  
x80065=x8157330;  
x8157330=x8158130;  
x8157031=x8157007;  
x8157032=x8157008;  
x8157430=x81574;  
x8157730=x81577;  
x8158130=x81581;  
x8157007=(x8157030+x8157207+x8157208+x8157107)/4;  
x8157030=x8157207;  
x8157030=x8157208;  
x8157030=x8157107;  
x8157207=x8157208;

$x_{8157207} = x_{8157107}$ ;  
 $x_{8157208} = x_{8157107}$ ;  
 $x_{8157008} = (x_{8157030} + x_{8157207} + x_{8157208} + x_{8157108})/4$ ;  
 $x_{8157030} = x_{8157207}$ ;  
 $x_{8157030} = x_{8157208}$ ;  
 $x_{8157030} = x_{8157108}$ ;  
 $x_{8157207} = x_{8157208}$ ;  
 $x_{8157208} = x_{8157108}$ ;  
 $x_{8157030} = x_{81575}$ ;  
 $x_{8157207} = x_{81572}$ ;  
 $x_{8157208} = x_{81572}$ ;  
 $x_{8157107} = x_{81571}$ ;  
 $x_{8157030} = x_{81575}$ ;  
 $x_{8157207} = x_{81572}$ ;  
 $x_{8157208} = x_{81572}$ ;  
 $x_{8157108} = x_{81571}$ ;

Onde:

- (02) significa que o volume final do Trocador possui 14 peças. Desta forma, a cada 14 determinadas peças finais prontas, pode-se formar um volume (produto acabado).
- (03) representa o somatório das peças que compõem o volume final do Trocador, sendo que cada peça encontra-se especificada no (anexo 6).
- (04) representa as proporções entre as peças. Por exemplo,  $x_{80065} = 2 * x_{8157031}$  significa que a peça  $x_{80065}$  (lateral gaveta) corresponde a duas peças  $x_{8157031}$  (lateral direita do trocador), ou seja, o produto acabado necessita de duas laterais gaveta e uma lateral direita do trocador. Já a correspondência entre as peças  $x_{8157031} = x_{8157032}$  é de um para um, ou seja, o produto acabado necessita apenas de uma unidade de cada uma das peças anteriores (uma lateral direita do trocador e uma lateral esquerda do trocador). Assim, forma-se a conexão entre as peças produzidas até as peças finais, que irão compor o volume final. As proporções entre as peças seguem todos os níveis de fabricação do móvel, ou seja, desde a matéria-prima até as peças prontas, obedecendo as quantidades necessárias para a composição de cada produto acabado.

### 3.5.3 Restrições de Tempo

As restrições de tempo representam as limitações produtivas de acordo com as capacidades de cada máquina com as suas respectivas unidades de trabalho por segundo.

Máquina: CB-3 Coladeira de Borda (Stefani) – metro de comprimento.

$$0.89 \times 80065 + 7.68 \times 8157330 + 1.92 \times 8157630 + 1.79 \times 8157930 \leq t; \quad (05)$$

Máquina: CO-1 Copiadora (Galmaq) – perímetro.

$$2.64 \times 81571 + 3.72 \times 8157207 + 3.72 \times 8157208 + 2.64 \times 81571 + 3.72 \times 8157207 + 3.72 \times 8157208 \leq t;$$

Máquina: CO-2 Arredondador de Chapa – perímetro.

$$2.64 \times 81571 + 3.72 \times 8157207 + 2.64 \times 81571 + 3.72 \times 8157207 \leq t;$$

Máquina: D-10 Destopadeira – metro de comprimento.

$$6.96 \times 81581 \leq t;$$

Máquina: EMB-2 Embalagem – metro de comprimento.

$$15.66 \times 8405 + 0.01 \times 8922600 \leq t;$$

Máquina: FG-1 Furadeira de Gaveta – ciclo.

$$8 \times 80065 \leq t;$$

Máquina: FO-1 Furadeira Oscilante – ciclo.

$$20 \times 8157207 + 0.01 \times 81572 + 20 \times 8157208 + 0.01 \times 81572 + 20 \times 8157207 + 0.01 \times 81572 + 20 \times 8157208 + 0.01 \times 81572 \leq t;$$

Máquina: FU-9 Furadeira (Morbidelli) – ciclo.

$$16 \times 81575 + 8 \times 81571 + 16 \times 81572 + 16 \times 81572 + 16 \times 81575 + 8 \times 81574 + 16 \times 81572 + 16 \times 81572 + 8 \times 8157330 + 8 \times 81574 + 16 \times 8157630 + 8 \times 81577 \leq t;$$

Máquina: LB-2 Lixadeira Fresadora de Borda – metro de comprimento.

$$4.6909 \times 8157207 + 4.6909 \times 8157208 + 4.6909 \times 8157207 + 4.6909 \times 8157208 \leq t;$$

Máquina: LBL-1 Lixadeira de Banda Larga – metro quadrado de face.

$$0.01 \times 8157007 + 0.2408 \times 8157207 + 0.2408 \times 8157208 + 0.01 \times 8157008 + 0.2408 \times 8157207 + 0.2408 \times 8157208 \leq t;$$

Máquina: LBL-2 Lixadeira de Banda Larga – metro quadrado de face.

$$0.01 \times 8157007 + 0.01 \times 8157008 \leq t;$$

Máquina: LC-1 Lixadeira de Cinta – unidade (peça).

$$15 \times 8157207 + 15 \times 8157208 + 15 \times 8157207 \leq t;$$

Máquina: LX-1 Lixadeira de Palito – metro de comprimento.

$$6.09 \times 81581 \leq t;$$

Máquina: ME-1 Mesa de Lixamento – unidade (peça).

$$30 \times 8157031 + 30 \times 8157032 + 30 \times 8157430 + 30 \times 8157730 + 30 \times 8158130 \leq t;$$

Máquina: PI-3 Cabine de Pintura – metro de comprimento.

$$0.01 \times 8157031 + 0.01 \times 8157032 + 12 \times 8157430 + 11.925 \times 8157730 + 36.54 \times 8158130 \leq t;$$

$$30 \times 8157007 + 30 \times 8157008 \leq t;$$

Máquina: RO-1 Rolo Pintura – metro quadrado de face.

$$0.7604 \times 8157030 + 0.5130 \times 8157107 + 0.5130 \times 8157108 + 4.28 \times 8157430 + 1.0733 \times 8157730 + 0.7604 \times 8157030 \leq t;$$

Máquina: S-3 Seccionadora (Gabiane) – metro quadrado de borda.

$$0.09 \times 80065 + 0.0974 \times 81575 + 0.2251 \times 81571 + 0.3397 \times 81572 + 0.3397 \times 81572 + 0.0974 \times 81575 + 0.2251 \times 81571 + 0.3397 \times 81572 + 0.3397 \times 81572 + 0.1896 \times 8157330 + 0.1896 \times 81574 + 0.1896 \times 8157630 + 0.1884 \times 81577 + 0.1763 \times 8157930 + 0.0299 \times 8158030 \leq t;$$

Máquina: T-1 Tupia – metro de comprimento.

$$1.11 \times 80065 + 2.3874 \times 81577 + 2.2342 \times 8157930 \leq t;$$

$$t = 506232;$$

(06)

Onde:

- (05) Cada restrição corresponde à todas as peças que passam em cada máquina, cujos coeficientes representam o tempo de processo, ou seja, o tempo gasto pela peça na respectiva máquina. Os valores foram extraídos da matriz dos tempos.
- (06) É o tempo limite de trabalho, descontando-se o tempo de *set-up* (trinta minutos).

O modelo utilizado possui 150 variáveis, 290 restrições e o tempo computacional entre 3 e 4 segundos.

### 3.6 PLANEJAMENTO AGREGADO

Após o processo de determinação da capacidade de produção, o planejamento agregado aparece como uma etapa visando o ponto de equilíbrio entre a produção e a demanda, ou seja, baseando-se em previsões de demanda faz-se um planejamento de produção podendo variar de seis meses a um ano. Para DAVIS (2003) o Planejamento Agregado consiste no processo de emparelhar produção e demanda, ou seja, satisfazer a esta última, a médio prazo e a um menor custo. O Planejamento Agregado pode ser entendido como o estágio intermediário entre o Planejamento da Capacidade, de longo prazo, que fixa a capacidade produtiva da empresa, e o Planejamento da Produção, rotineiro, que fixa a produção a curto prazo, dentro de limitações impostas pelos estágios anteriores.

Segundo MARTINS (2005) o Planejamento Agregado visa compatibilizar os recursos produtivos da empresa com a demanda agregada, no médio prazo, com um horizonte de 5 a 18 meses, aproximadamente.

#### 3.6.1 As Etapas do Planejamento Agregado

A primeira etapa é a previsão da demanda, que normalmente é feita num período de seis a doze meses, cujo método utilizado, conforme visto anteriormente, é o da regressão linear.

A segunda etapa são as alternativas para influenciar a demanda, isto é, a busca de promover os produtos através de propaganda, promoções e preços diferenciados, desenvolvimento de produtos complementares, entre outros.

A terceira etapa são as decisões que podem influenciar a produção, como a contratação e demissão de empregados, horas extras ou redução da jornada de trabalho, os estoques e a subcontratação.

### 3.6.2 Previsão da Demanda

Baseando-se em históricos de produção de anos anteriores é possível fazer previsões de demanda utilizando-se de métodos estatísticos, visando minimizar erros de previsões.

Para MARTINS (2005) a previsão de vendas é importante para utilizar e planejar adequadamente os recursos da empresa. Como as previsões apresentam erros, é aconselhável ser cuidadoso na escolha do modelo, no acompanhamento de sua validade e na coleta dos dados.

Dentre os métodos estatísticos mais utilizados, optamos pelo Método da Regressão com a Função Quadrática e a Regressão Linear, pois, em geral, apresentaram bons coeficientes de determinação. A equação da parábola é  $\hat{Y} = a + bX + cX^2$  onde  $a$ ,  $b$  e  $c$  são os parâmetros que devem ser determinados,  $Y$  é a variável dependente (demanda prevista) e  $X$  a variável independente (mês). A equação linear é  $\hat{Y} = a + bX$ , onde:

$\hat{Y}$  = variável dependente (demanda prevista);

$a$  = intersecção no eixo  $Y$ ;

$b$  = inclinação;

$X$  = variável dependente (mês).

Para verificar o nível de ajustamento da parábola ou da reta aos dados, utiliza-se o coeficiente de correlação  $r$  ou o coeficiente de determinação  $r^2$ . O coeficiente de determinação, segundo BARBETTA (1998) mede, em porcentagem, a proporção da variabilidade de  $Y$  que pode ser explicada por  $X$ , sendo o seu intervalo de variação entre zero e +1.

O coeficiente de correlação pode ser calculado como:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[\sum x^2 - (\sum x)^2]} \sqrt{[n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Valores mínimos de 0,7 em valor absoluto indicam uma boa correlação.

Pode-se calcular o coeficiente de determinação, conforme BARBETTA (1998) pela seguinte razão:

$$r^2 = \frac{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2}$$

Onde:

- $\hat{Y}$  é a demanda prevista;
- $\bar{Y}$  é a média dos valores reais da demanda;
- $Y$  representa os valores reais da demanda;

Pode-se observar nas Tabelas 1, 2 e 3 com os respectivos gráficos, as demandas de cada um dos produtos considerados no segundo semestre dos anos 2001, 2002, 2003 e 2004. Em cada gráfico de dispersão das demandas de determinado produto mês a mês, é possível prever a demanda para 2005 através da equação quadrática ou linear, dependendo do melhor ajustamento com a curva da demanda.

TABELA 1: DEMANDAS DO BERÇO LAQUEADO BRANCO PADRÃO AMERICANO - 90911 NO 2<sup>o</sup> SEMESTRE DOS ÚLTIMOS QUATRO ANOS.

Ano/Mês	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2001	313	225	351	151	211	134
2002	320	231	360	149	226	139
2003	332	244	359	155	220	130
2004	309	223	350	156	206	137
Média	318,5	230,75	355	152,75	215,75	135

Fonte: Departamento de Vendas da Empresa.

FIGURA 5 – DEMANDA DO PRODUTO 90911

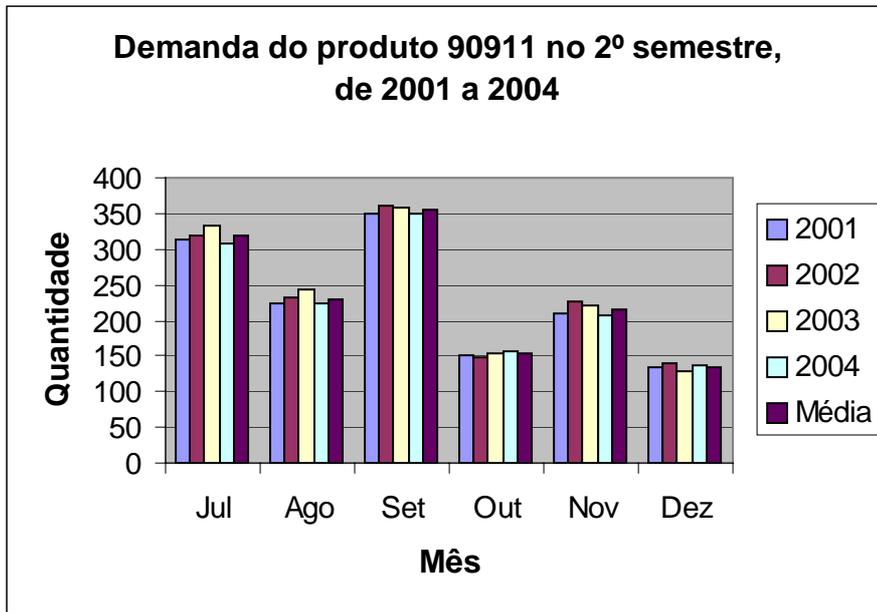
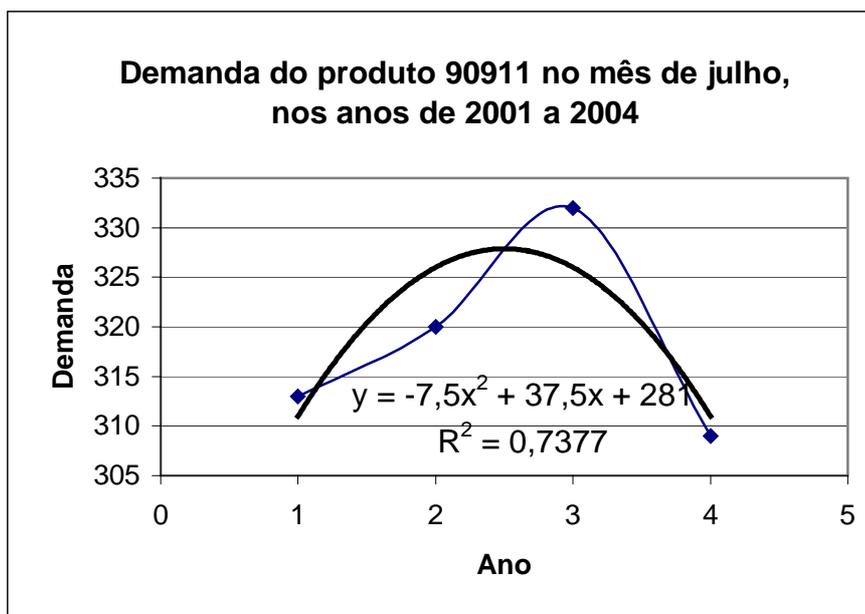
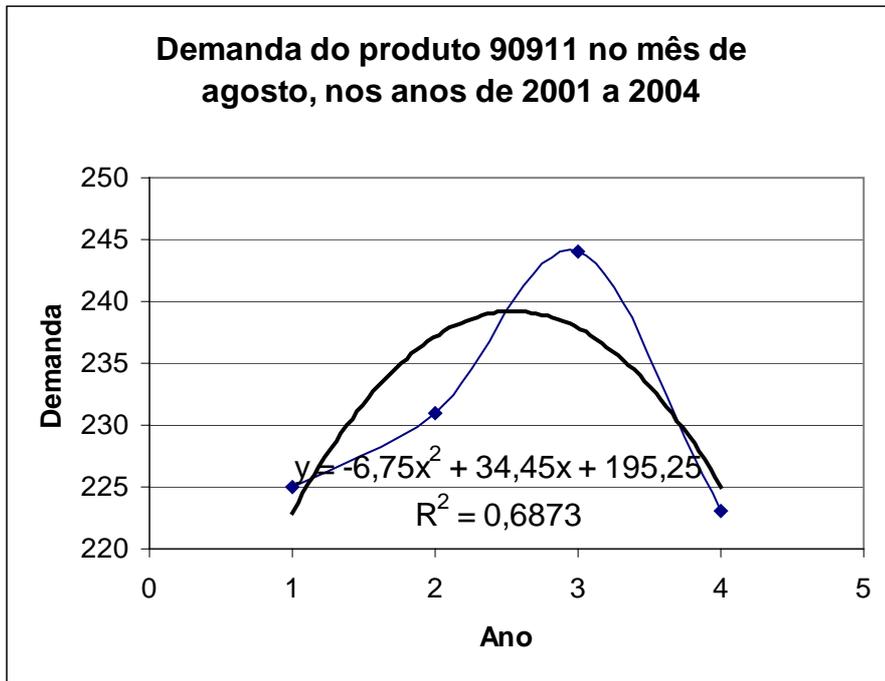


FIGURA 6- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90911



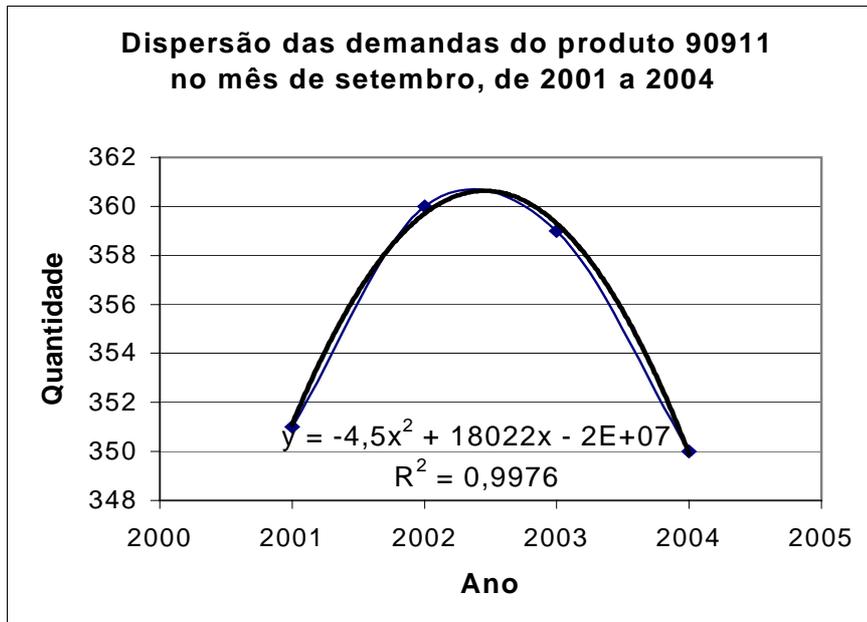
Portanto, a demanda prevista para julho de 2005 é:  $y=281$ , aproximadamente.

FIGURA 7- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90911



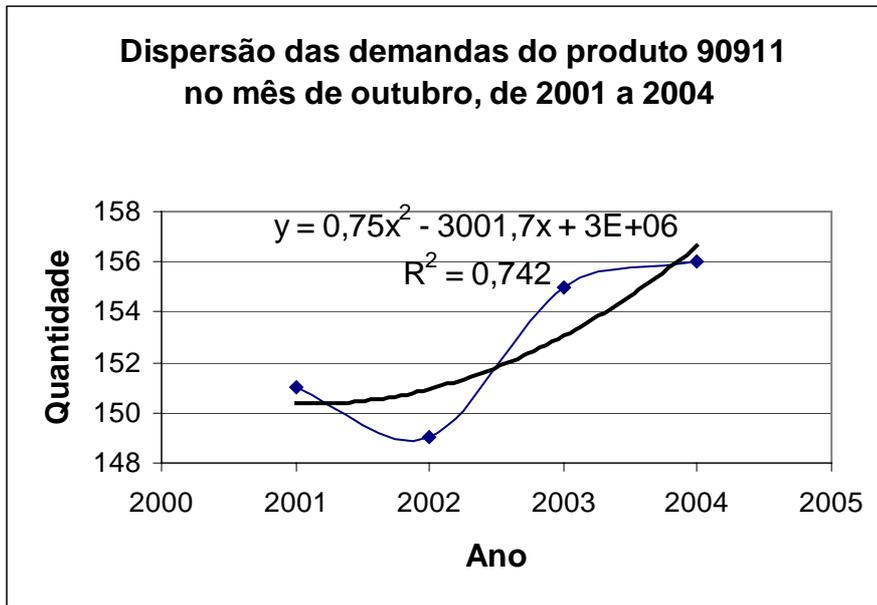
Portanto, a demanda prevista para agosto de 2005 é:  $y=198,75$ , aproximadamente.

FIGURA 8- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90911



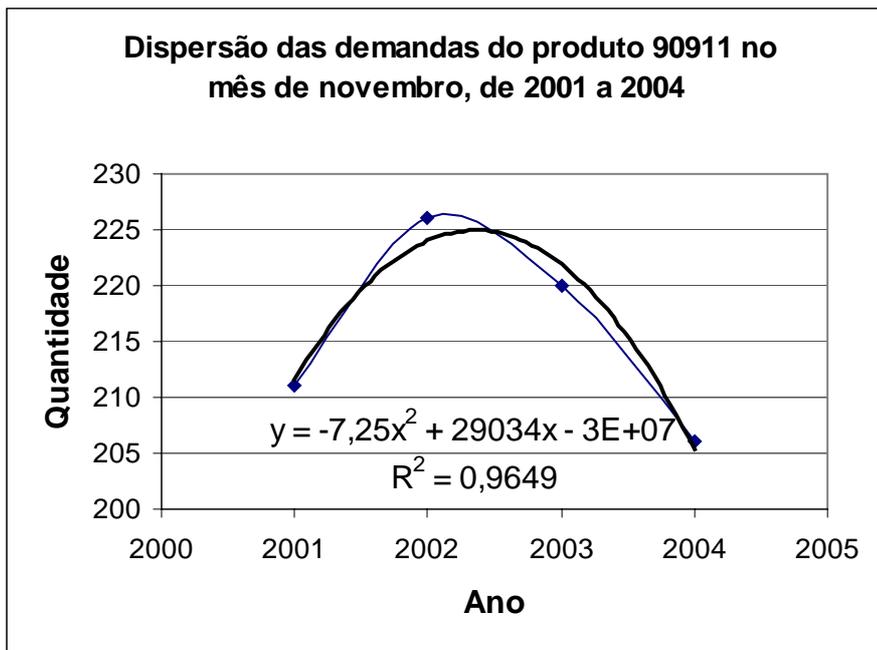
Portanto, a demanda prevista para setembro de 2005 é:  $y=331,5$ , aproximadamente.

FIGURA 9- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90911



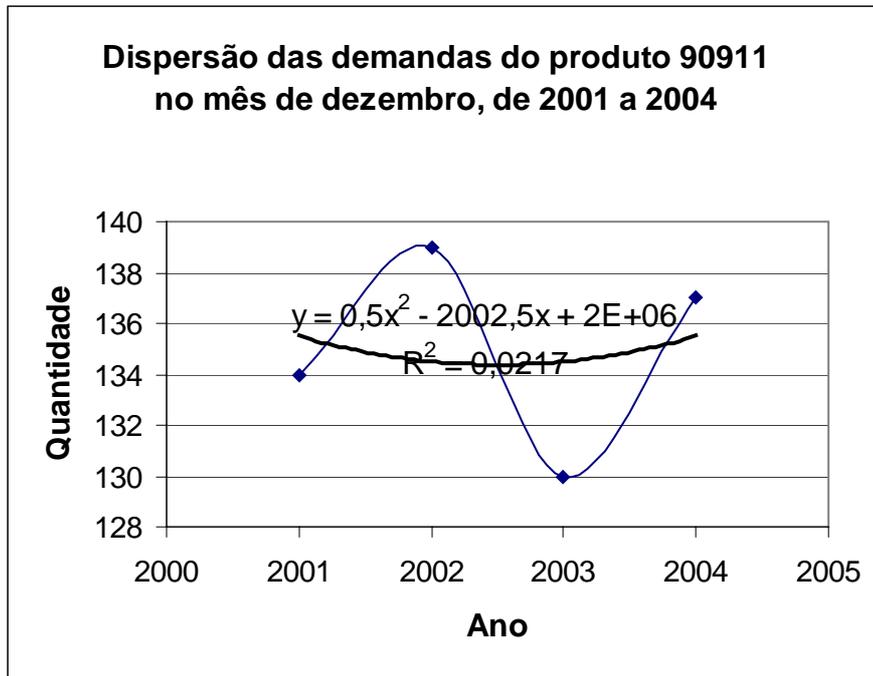
Portanto, a demanda prevista para outubro de 2005 é:  $y=161,75$ , aproximadamente.

FIGURA 10- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90911



Portanto, a demanda prevista para novembro de 2005 é:  $y=174,25$ , aproximadamente.

FIGURA 11- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90911



Portanto, a demanda prevista para dezembro de 2005 é:  $y=137,5$ , aproximadamente.

TABELA 2 – DEMANDAS DO TROCADOR – 90912 NO SEGUNDO SEMESTRE DOS ÚLTIMOS QUATRO ANOS.

Ano/Mês	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2001	51	24	35	22	12	13
2002	55	29	35	27	19	14
2003	50	26	30	21	11	13
2004	51	20	32	20	14	16
Média	51,75	24,75	33	22,5	14	14

Fonte: Departamento de Vendas da Empresa.

FIGURA 12- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90912

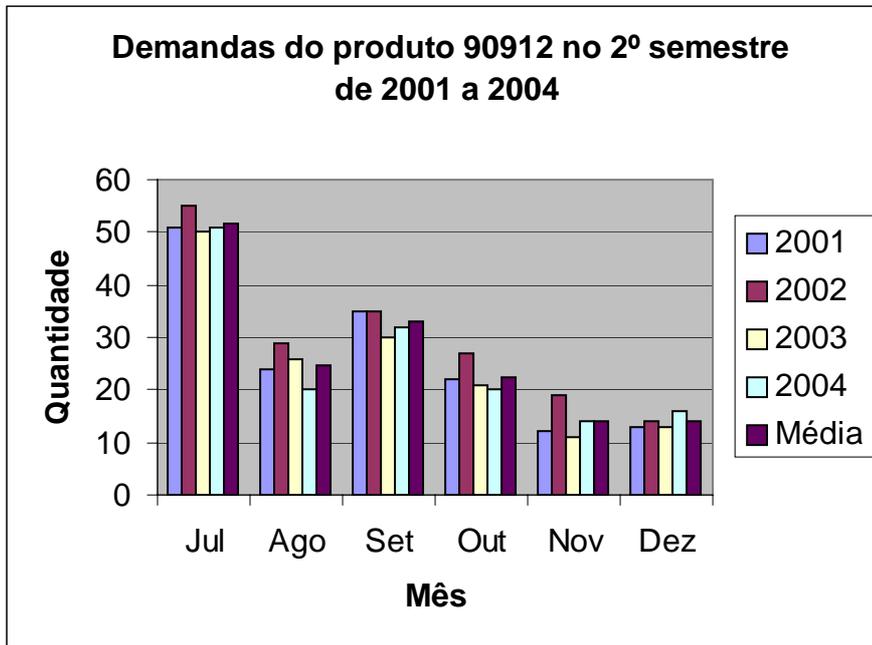
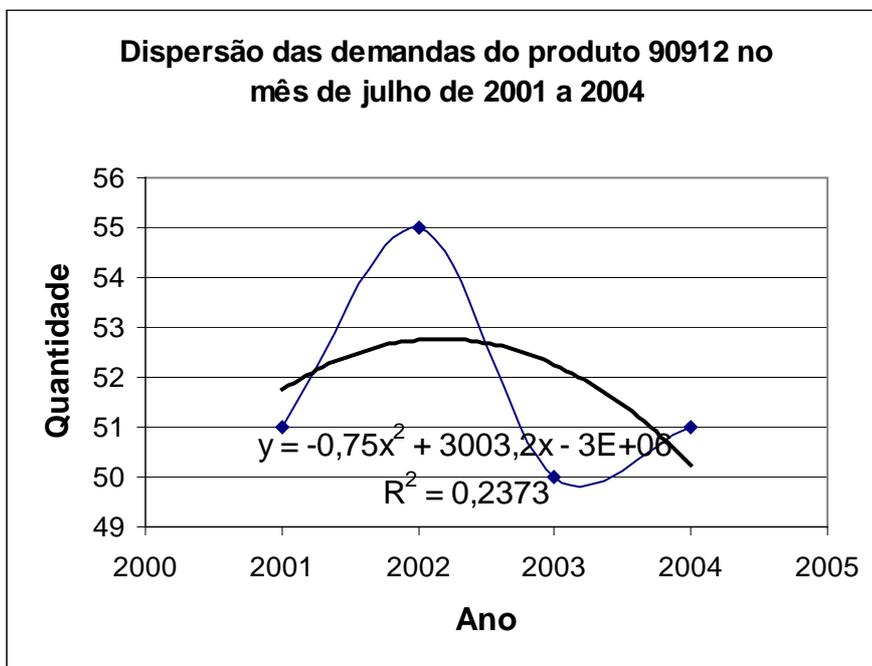
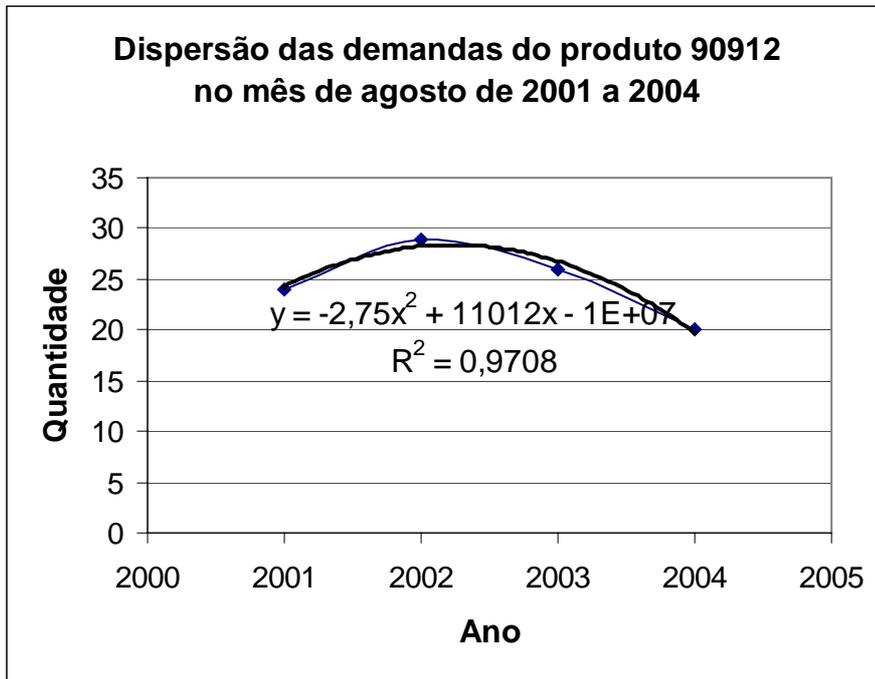


FIGURA 13- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90912



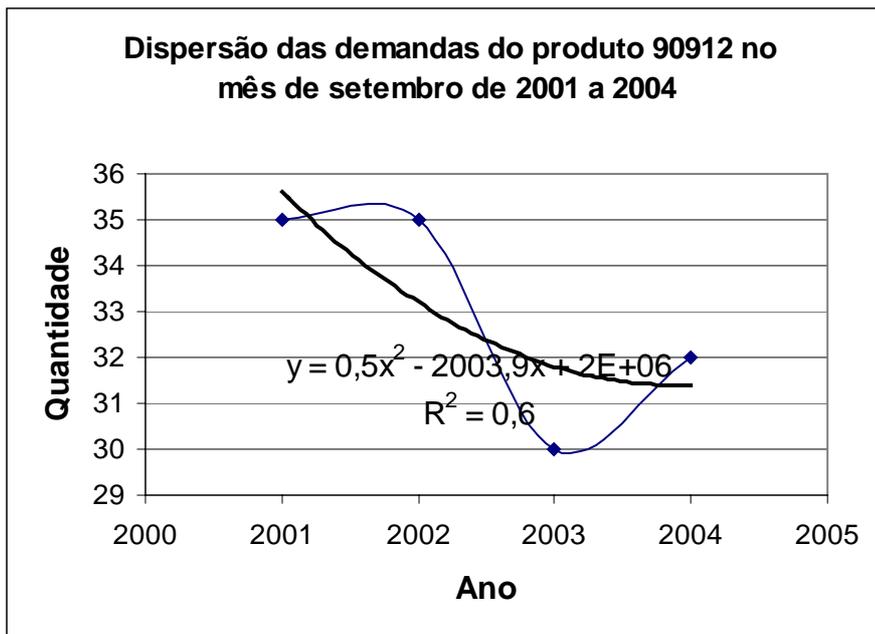
Portanto, a demanda prevista para julho de 2005 é:  $y=46,75$ , aproximadamente.

FIGURA 14- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90912



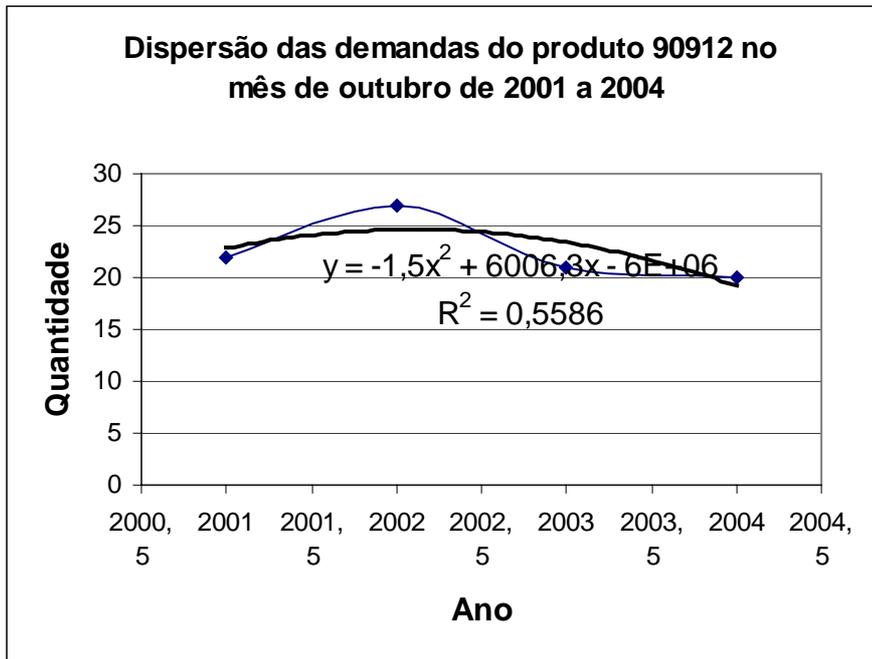
Portanto, a demanda prevista para agosto de 2005 é:  $y=7,25$ , aproximadamente.

FIGURA 15- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90912



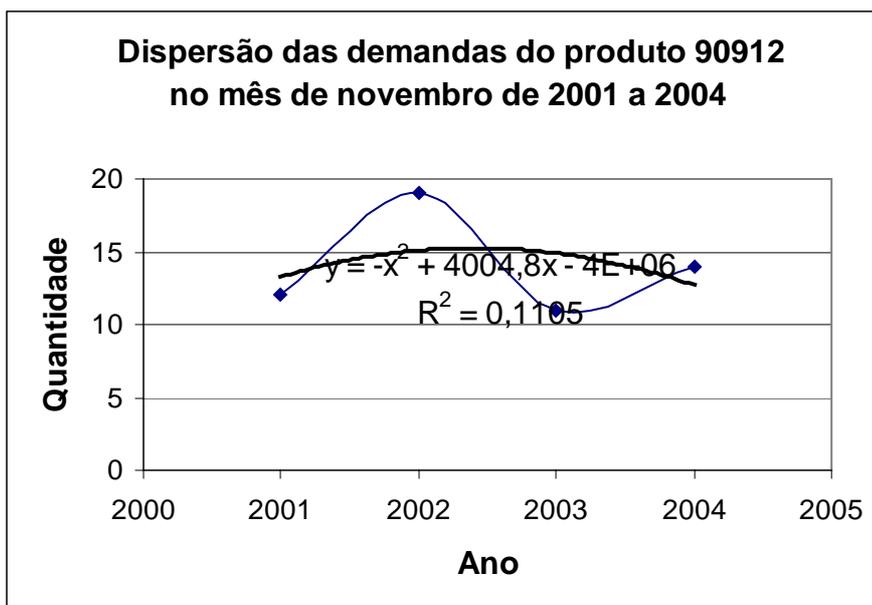
Portanto, a demanda prevista para setembro de 2005 é:  $y=32$ , aproximadamente.

FIGURA 16- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90912



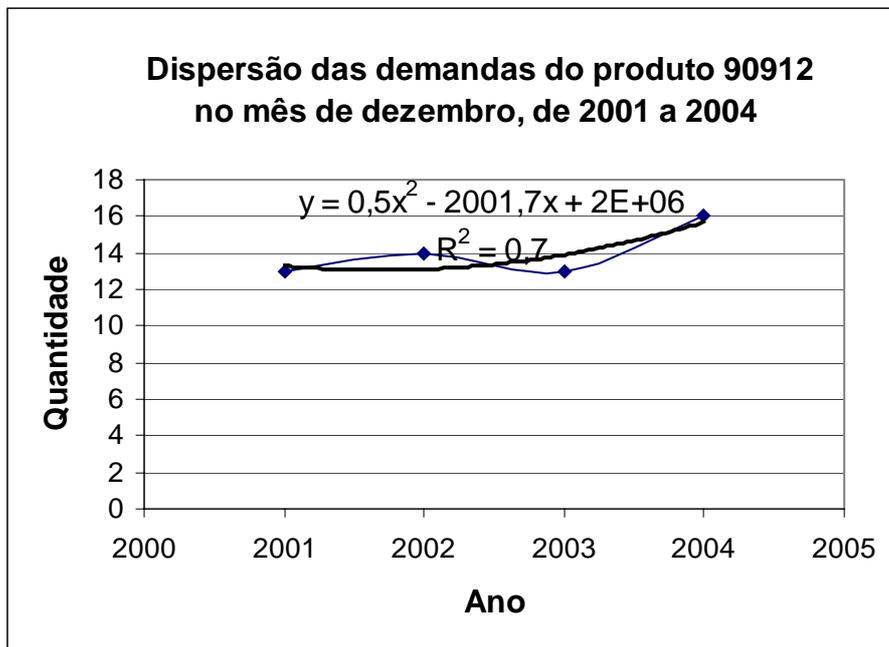
Portanto, a demanda prevista para outubro de 2005 é:  $y=12$ , aproximadamente.

FIGURA 17- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90912



Portanto, a demanda prevista para novembro de 2005 é:  $y=8,5$ , aproximadamente.

FIGURA 18- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90912



Portanto, a demanda prevista para dezembro de 2005 é:  $y=18,5$ , aproximadamente.

TABELA 3: DEMANDAS DE CAMA DE BABÁ – 90915 NO SEGUNDO SEMESTRE DOS ÚLTIMOS QUATRO ANOS.

Ano/Mês	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2001	371	317	395	192	179	138
2002	377	320	390	189	184	139
2003	370	315	397	193	180	136
2004	371	319	392	190	177	138
Média	372,25	317,75	393,5	191	180	137,75

Fonte: Departamento de Vendas da Empresa.

FIGURA 19- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90915

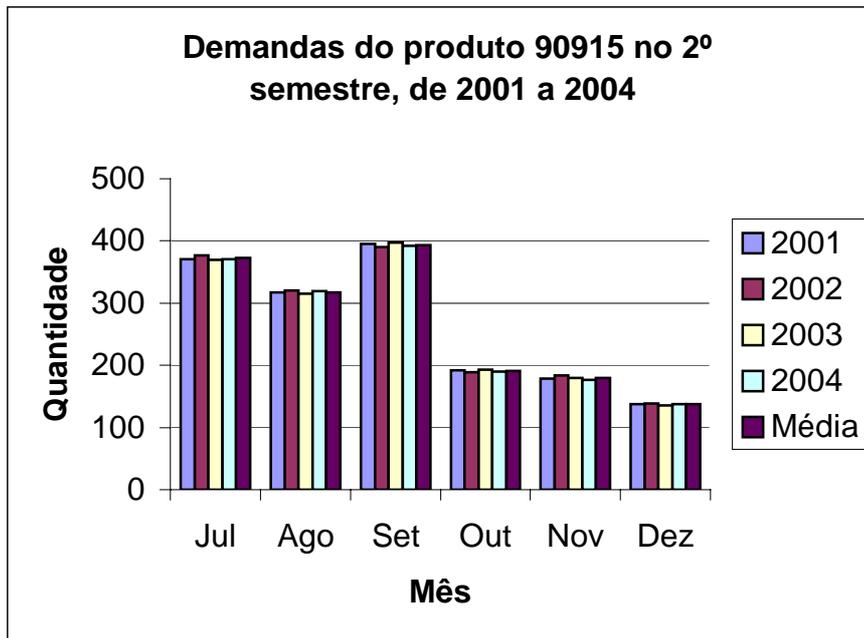
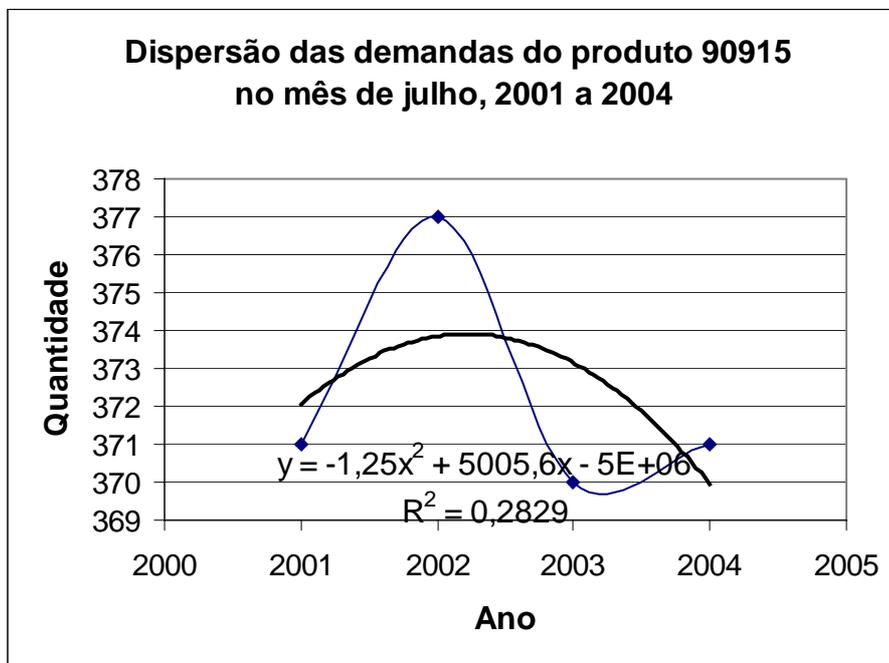
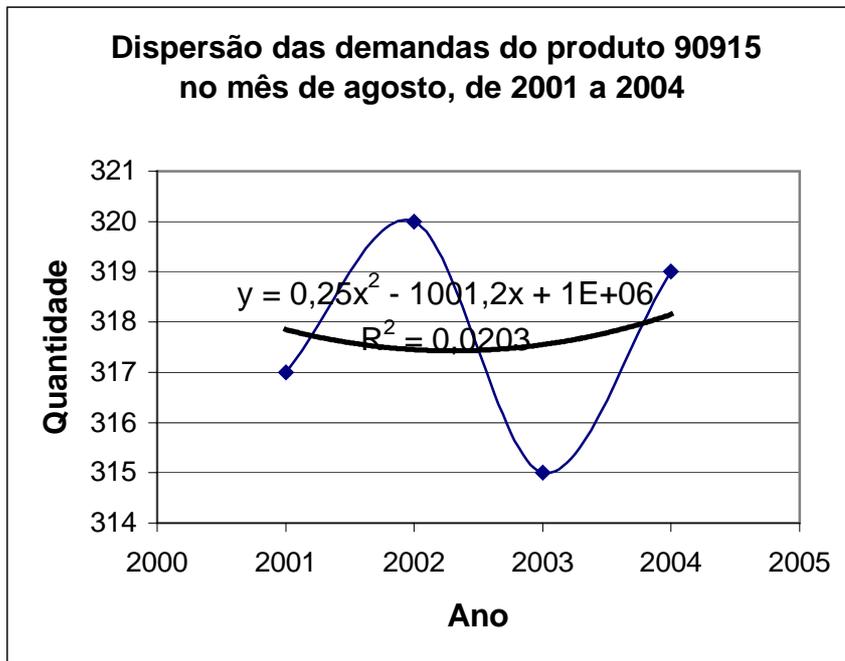


FIGURA 20- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90915



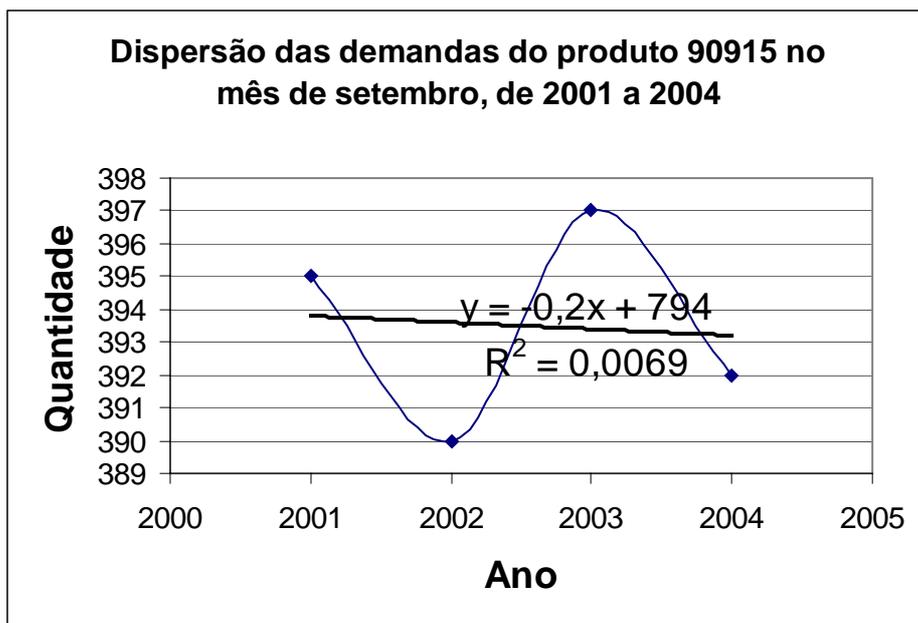
Portanto, a demanda prevista para julho de 2005 é:  $y=364,25$ , aproximadamente.

FIGURA 21- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90915



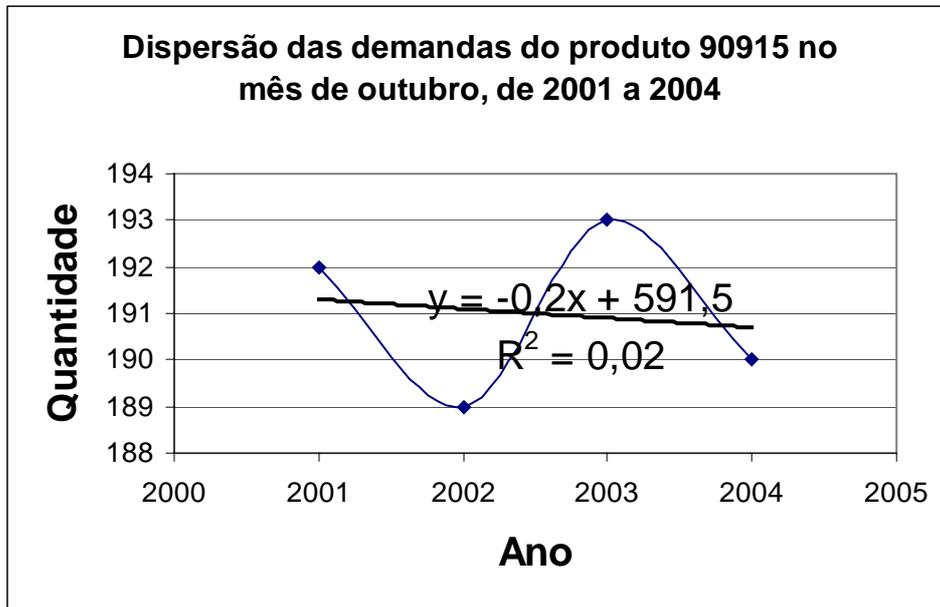
Portanto, a demanda prevista para agosto de 2005 é:  $y=319,25$ , aproximadamente.

FIGURA 22- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90915



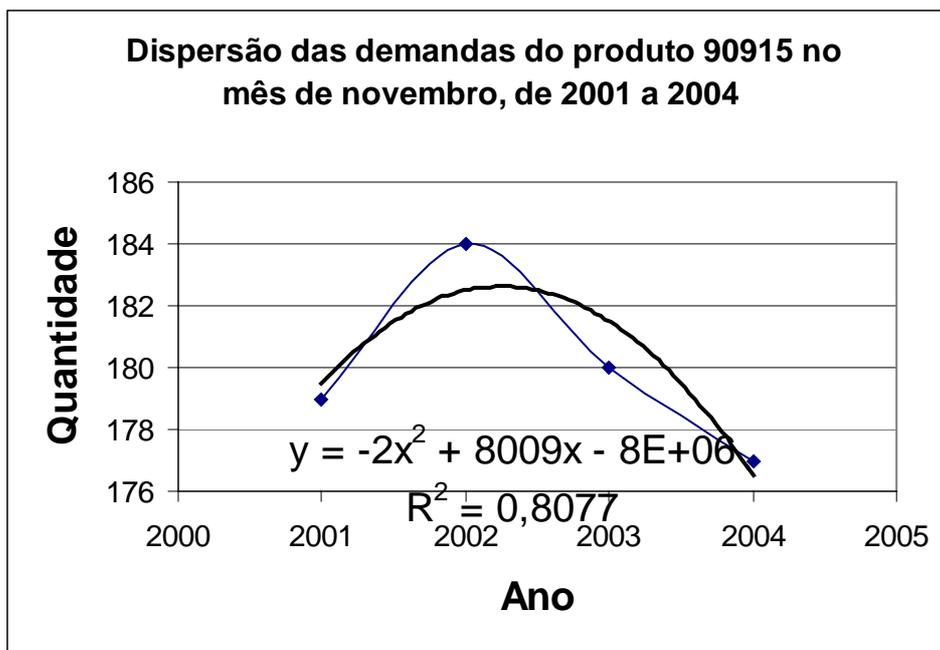
Portanto, a demanda prevista para setembro de 2005 é:  $y=393$ , aproximadamente.

FIGURA 23- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90915



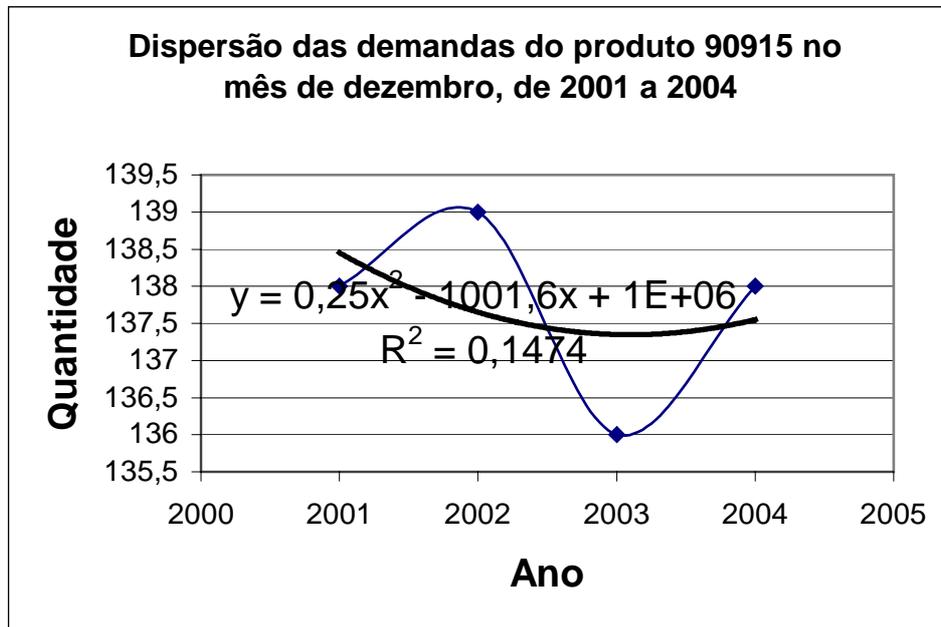
Portanto, a demanda prevista para outubro de 2005 é:  $y=190,5$ , aproximadamente.

FIGURA 24- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90915



Portanto, a demanda prevista para novembro de 2005 é:  $y=167,5$ , aproximadamente.

FIGURA 25- DISPERSÃO DAS DEMANDAS DO PRODUTO 90915



Portanto, a demanda prevista para dezembro de 2005 é:  $y=138,25$  aproximadamente.

### 3.6.3 Os Custos envolvidos no Planejamento Agregado

Conforme SILVER (1979), há essencialmente seis categorias de custos no planejamento agregado: Custo de produção em horário regular; custo de produção em horas-extras; custo da mudança na taxa de produção; custos de estoque; custos por atrasos de pedidos e custos no controle do sistema produtivo.

O custo total de um produto foi dividido em: custos de estrutura, que são os custos das peças que não passam por processos (máquinas), como por exemplo: parafusos, cantoneiras, manuais de montagem, colas, etc., e custos de processo que são os absorvidos pela peça em cada máquina. Sobre o custo de processo acrescentou-se 15% quando da fabricação em horas-extras, considerando-se que os gastos com energia elétrica neste período são menores, embora os custos de mão-de-obra sejam maiores.

Os custos de estoque dos produtos considerados são de 10% sobre o valor do custo total de fabricação.

Conforme SILVA (1999) para a determinação do custo real é preciso considerar todos os recursos para a produção de um bem. A redução de custos de fabricação implica em um aumento nos lucros da empresa. Para tanto, é preciso considerar o custo em todos os seus

aspectos, embora, segundo LEONE (2003), jamais se pode determinar o custo exato de algum objeto, pois o seu valor depende de uma série de fatores que impedem que ele seja calculado com exatidão.

Com o aumento na produção e a grande variedade de produtos, conforme BEUREN (2002) os custos indiretos passaram a ser considerados com maior importância.

### 3.6.4 Formulação do Modelo de Programação Linear

Levando-se em consideração os tempos para a produção de cada produto, as demandas previstas, os custos e os estoques, que serão as variáveis de decisão, é possível formular o Modelo de Programação Linear, cuja função objetivo visa minimizar o custo total de produção.

As variáveis envolvidas no modelo sugerido por SILVER (1979), são:

Variáveis de decisão:

Em cada período  $t$ , são as seguintes:

$I_t$  = estoque final

$R_t$  = produção em regime regular

$H_t$  = produção em horas extras

Constantes

$D_t$  = demanda prevista

$R$  = capacidade máxima em produção regular

$H$  = capacidade máxima para a produção em horas extras

$r$  = custo unitário da unidade produzida em regime regular

$i$  = custo de se manter uma unidade em estoque por um período

$h$  = custo unitário da unidade produzida em horas extras

$R_0$  = produção regular ao início do primeiro período

$I_0$  = estoque inicial (ao início do primeiro período)

Restrições

Para qualquer período  $t$ , são as seguintes:

$R_t \leq R$  (o teto da produção regular)

$H_t \leq H$  (o teto da produção em horas extras)

$I_t = I_{t-1} + R_t + H_t - D_t$  (o estoque final do período  $t$  é igual ao estoque final do período anterior, somado a tudo que foi produzido no período  $t$  e subtraído do que foi consumido, ou seja, a demanda)

$I_t, R_t, H_t > 0$  (condições de não negatividade)

Função Objetivo

Minimizar:

$$\sum_{t=1}^n (rR_t + hH_t + iI_t)$$

A expressão

$(rR_t + hH_t + iI_t)$  representa o custo de produção no período  $t$ , levando em conta as opções consideradas de produção regular, em horas extras e a estocagem.

A seguir pode-se observar o modelo matemático para o planejamento agregado para os três produtos considerados (Berço Laqueado Branco-Padrão Americano, Trocador e Cama de Babá) no período de julho à dezembro de 2005, cujos resultados e análise serão abordados no capítulo seguinte.

$$\min = CP1 + CP2 + CP3; \quad (01)$$

(01) A função objetivo visa minimizar o custo de produção dos três produtos.

Modelo Matemático do Planejamento Agregado para o produto 90911-Berço Laqueado Branco-Padrão Americano.

$$CP1 = 17.05*(R11+R21+R31+R41+R51+R61) + 18.38*(H11+H21+H31+H41+H51+H61) + 1.71*(I11 + I21 + I31 + I41 + I51 + I61); \quad (02)$$

(02) A expressão representa o custo total em produção regular ( $Rt1$ ), produção em horas extras ( $Ht1$ ) e estoque ( $It1$ ), onde  $t$  é o período e 1 é o produto considerado.

$$R11 \leq 1551; \quad (03)$$

$$R21 \leq 1551;$$

$$R31 \leq 1551;$$

$$R41 \leq 1551;$$

$$R51 \leq 1551;$$

$$R61 \leq 1551;$$

(03) São as capacidades de produção em horas normais (8 horas diárias), cujos resultados foram extraídos do modelo matemático para a determinação da capacidade.

$$H11 \leq 385; \quad (04)$$

$$H21 \leq 385;$$

$$H31 \leq 385;$$

$$H41 \leq 385;$$

$$H51 \leq 385;$$

$$H61 \leq 385;$$

(04) São as capacidades de produção em horas extras (2 horas diárias), cujos resultados foram extraídos do modelo matemático para a determinação da capacidade.

$$I11 = R11 + H11 - D11; \quad (05)$$

$$I21 = I11 + R21 + H21 - D21;$$

$$I31 = I21 + R31 + H31 - D31;$$

$$I41 = I31 + R41 + H41 - D41;$$

$$I51 = I41 + R51 + H51 - D51;$$

$$I61 = I51 + R61 + H61 - D61;$$

(05) São os estoques em cada período considerado.

$$D11 \geq 281; \quad (06)$$

$$D21 \geq 199;$$

$$D31 \geq 332;$$

$$D41 \geq 162;$$

$$D51 \geq 175;$$

$$D61 \geq 138;$$

(06) São as demandas previstas pelo método da Regressão Linear e Regressão Quadrática vistos anteriormente.

Modelo Matemático do Planejamento Agregado para o produto 90912-Trocador.

$$CP2 = 41.55 * (R12 + R22 + R32 + R42 + R52 + R62) + 42.55 * (H12 + H22 + H32 + H42 + H52 + H62) + 4.16 * (I12 + I22 + I32 + I42 + I52 + I62);$$

$$R12 \leq 3376;$$

$$R22 \leq 3376;$$

$$R32 \leq 3376;$$

$$R42 \leq 3376;$$

$$R52 \leq 3376;$$

$$R62 \leq 3376;$$

$$H12 \leq 689;$$

$$H22 \leq 689;$$

$$H32 \leq 689;$$

$$H42 \leq 689;$$

$$H52 \leq 689;$$

$$H62 \leq 689;$$

$$I12 = R12 + H12 - D12;$$

$$I22 = I12 + R22 + H22 - D22;$$

$$I32 = I22 + R32 + H32 - D32;$$

$$I42 = I32 + R42 + H42 - D42;$$

$$I52 = I42 + R52 + H52 - D52;$$

$$I62 = I52 + R62 + H62 - D62;$$

$$D12 \geq 47;$$

$$D22 \geq 7;$$

$$D32 \geq 32;$$

$$D42 \geq 12;$$

$$D52 \geq 9;$$

$$D62 \geq 19;$$

Modelo Matemático para o Planejamento Agregado do produto 90915-Cama de Babá.

$$CP3 = 23.60 * (R13 + R23 + R33 + R43 + R53 + R63) + 23.74 * (H13 + H23 + H33 + H43 + H53 + H63) + 2.36 * (I13 + I23 + I33 + I43 + I53 + I63);$$

$$R13 \leq 1803;$$

$$R23 \leq 1803;$$

$$R33 \leq 1803;$$

$$R43 \leq 1803;$$

$$R53 \leq 1803;$$

$$R63 \leq 1803;$$

$$H13 \leq 448;$$

$$H23 \leq 448;$$

$$H33 \leq 448;$$

$$H43 \leq 448;$$

$$H53 \leq 448;$$

$$H63 \leq 448;$$

$$I13 = R13 + H13 - D13;$$

$$I23 = I13 + R23 + H23 - D23;$$

$$I33 = I23 + R33 + H33 - D33;$$

$$I43 = I33 + R43 + H43 - D43;$$

$$I53 = I43 + R53 + H53 - D53;$$

$$I63 = I53 + R63 + H63 - D63;$$

$$D13 \geq 371;$$

$$D23 \geq 318;$$

$$D33 \geq 393;$$

$$D43 \geq 191;$$

$$D53 \geq 178;$$

$$D63 \geq 137;$$

Os resultados foram obtidos através do *software* LINGO 6.0, com 75 variáveis e 81 restrições. O tempo computacional foi de 1 segundo e o computador utilizado foi um PC 233 MHz.

#### 4 RESULTADOS E ANÁLISE

Nas tabelas 4, 5 e 6 pode-se observar os Planejamentos Agregados obtidos através do *software* LINGO 6.0 para os três produtos. Em todos os produtos considerados o estoque inicial foi considerado igual a 0.

TABELA 4: Planejamento Agregado para o produto Berço Laqueado Branco Padrão Americano - 90911 no período de julho a dezembro de 2005.

Mês	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Demanda	281	199	332	162	175	138
Estoque	0	0	0	0	0	0
Produção regular	281	199	332	162	175	138
Produção em horas extras	0	0	0	0	0	0
Custo de produção regular	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05
Custo de produção em horas extras	18,38	18,38	18,38	18,38	18,38	18,38
Custo por unidade do estoque	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71

Pode-se observar que a produção é igual a demanda prevista para todos os meses, não se optando pela produção em horas extras nem pela estocagem, o que aumentaria o custo de produção. Como a capacidade de produção é bem maior do que a demanda prevista, ou seja, nenhum dos produtos gera “gargalos” na produção, a demanda é atendida com ociosidade nos processos.

TABELA 5: Planejamento Agregado para o produto Trocador - 90912 no período de julho a dezembro de 2005.

Mês	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Demanda	47	7	32	12	9	19
Estoque	0	0	0	0	0	0
Produção regular	47	7	32	12	9	0
Produção em horas extras	0	0	0	0	0	19
Custo de produção regular	41,55	41,55	41,55	41,55	41,55	41,55
Custo de produção em horas extras	42,55	42,55	42,55	42,55	42,55	42,55
Custo por unidade do estoque	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16

Devido aos baixos *lead-times*, novamente a produção de julho a novembro é igual a demanda prevista, com exceção do mês de dezembro em que a produção é feita em hora extra.

TABELA 6: Planejamento Agregado para o produto Cama de Babá - 90915 no período de julho a dezembro de 2005.

Mês	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Demanda	371	318	393	191	178	137
Estoque	0	0	0	0	0	0
Produção regular	371	318	393	191	178	137
Produção em horas extras	0	0	0	0	0	0
Custo de produção regular	23,60	23,60	23,60	23,60	23,60	23,60
Custo de produção em horas extras	23,74	23,74	23,74	23,74	23,74	23,74

Para o produto Cama de Babá, observa-se a produção igual a demanda prevista para todos os meses considerados.

As indústrias de móveis, como em alguns outros setores produtivos, evitam o estoque de produtos acabados, o que gera custo adicional ao processo. Pode-se observar que nos exemplos vistos o Planejamento Agregado atingiu seus objetivos: programar a produção agregada com a demanda a um mínimo custo.

Na tabela 7 pode-se observar o Plano Mestre de Produção para os três produtos no período de julho a dezembro de 2005, cujos valores representam as quantidades a serem produzidas em cada mês.

TABELA 7: Plano Mestre de Produção para o 2º semestre de 2005.

Produto/Mês	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
90911	281	199	332	162	175	138
90912	47	7	32	12	9	19
90915	371	318	393	191	178	137

Na tabela 8 pode-se observar os custos de produção de cada produto no semestre considerado, cujos valores foram extraídos da função objetivo.

TABELA 8: Custos de produção dos produtos 90911, 90912 e 90915 no 2º semestre de 2005.

Produto	Custo
90911	21.943,35
90912	4.445,85
90915	37.476,80

Pode-se observar que em apenas um dos produtos houve a necessidade de produção em horas extras, cujo custo representa 15% a mais do que a produção em horário regular, pois a disponibilidade de horas-máquina é bem superior ao utilizado pelos três produtos considerados, ou seja, os *lead times* não geram gargalos em nenhum processo.

No (anexo 4) observa-se o *layout* considerando apenas as máquinas que participam na fabricação dos produtos considerados, onde é possível observar: a capacidade de cada máquina, a saturação (tempo utilizado por todas as peças) e o carga máquina (porcentagem que está sendo utilizada da máquina). No caso de haver gargalos em algumas das máquinas,

cabe ao administrador decidir a melhor estratégia para o problema, como a aquisição de um novo equipamento, aumentar o tempo de operação, abaixar o *lead time* (se possível), entre outras.

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 CONCLUSÕES

A aplicação da Programação Linear na indústria de móveis é uma ferramenta eficaz que permite a elaboração de um Plano Mestre de Produção que atenda a demandas futuras de acordo com as restrições de tempo, a um menor custo. Utilizando-se os resultados obtidos, ou seja, quais produtos e quanto de cada um deles, pode-se fazer um planejamento de produção.

Como o problema é complexo devido a grande quantidade de componentes e de produtos, ao se fazer um planejamento de forma empírica, pode-se estar cometendo muitos erros relativos a custos e a tempos de produção, sendo que, a Programação Linear fornece os resultados de uma forma precisa, de acordo com os dados que foram coletados.

### 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como os resultados obtidos para os três produtos demonstraram ser eficientes, pode-se organizar a Programação e Controle da Produção, cujos objetivos são: garantir o padrão de qualidade para cada produto; reduzir estoques e custos operacionais e ter um bom nível de atendimento ao cliente. Para tanto é preciso resolver problemas de alocações de carga, seqüenciamento de tarefas e balanceamento de linha.

Para a gerência e aplicação do Plano Mestre de Produção é necessário o perfeito funcionamento de todas as máquinas, pois no sistema *just in time* onde a produção é seqüencial, a parada de uma máquina impede que as peças avancem até o outro posto operativo, atrasando assim todo processo, gerando custos indiretos e atrasos nas entregas. Para tanto é necessário o gerenciamento do plano de manutenção de máquinas.

Como o processo produtivo depende da matéria-prima, pode-se fazer um trabalho sobre MRP I – Material Requirement Planning (Planejamento das Necessidades de Materiais) objetivando garantir a disponibilidade de materiais para produção.

Um trabalho sobre MRP II – Manufacturing Resources Planning (Planejamento dos Recursos de Manufatura) utilizando os resultados do Plano Mestre de Produção, pode oferecer excelentes resultados para o processo produtivo.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Maria Margarida de. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas**. São Paulo: Atlas, 1995.
- BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.
- BARBOSA, Ruy M. **Programação linear**. São Paulo: Nobel, 1973.
- BEUREN, Ilse Maria., ROEDEL, Ari. **O uso do custeio baseado em atividades – ABC (Activity Based Costing) nas maiores empresas de Santa Catarina**. Revista Contabilidade e Finanças – USP., n. 30, p. 7-18, set/dez.2002.
- BURDEN, Richard L., FAIRES, J. D., **Análise Numérica**. São Paulo: Ed. Thomson, 2003.
- COELHO, Maritzel F. C., BERGER, Ricardo. **Competitividade das exportações brasileiras de móveis no mercado internacional: uma análise segundo a visão desempenho**. Revista da FAE Business School, v. 7, n. 1, p. 51-65, jan/jun.2004.
- CORRÊA, Henrique L., GIENESI, Irineu G. N., CAON, Mauro. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- DAVIS, M. M., AQUILANO, N. J., CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- DUARTE, Renata Barbosa de Araújo. **Histórias de sucesso: experiências empreendedoras**. Acesso: [www.sebrae.com.br](http://www.sebrae.com.br). Em 22 de setembro de 2005. Brasília: Sebrae, 2004.
- EHRlich, Pierre Jacques. **Pesquisa Operacional: curso introdutório**. São Paulo: Atlas, 1976.
- FONSECA, Jairo Simon da, MARTINS, Gilberto de A. **Curso de Estatística**. São Paulo: Atlas, 1982.
- GUÉRON, Ana Luisa, GARRIDO, Viviane. **Requisitos ambientais, acesso a mercados e competitividade na indústria de madeira e móveis do Brasil**. Acesso: [www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas](http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas), acessado em 22 de setembro de 2005. Artigo publicado em 2004.
- KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e prática da pesquisa**. Petrópolis: Vozes, 1997.
- KOLMAN, Bernard. **Álgebra Linear com aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 1999.
- LAKATOS, Eva Maria, MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1993.

LEONE, George S. G., LEONE, Rodrigo J. G. **Fatores que influenciam a determinação dos custos de objeto – desafios para o contador ou “o custo exato é uma utopia”**. Revista do conselho regional de contabilidade do Rio Grande do Sul, p. 65-74, julho de 2003.

MACULAN FILHO, Néelson, PEREIRA, Mário V. F. **Programação Linear**. São Paulo: Atlas, 1980.

MARTINS, Petrônio G., LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. São Paulo: Ed. Saraiva, 2005.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

MURTY, Katta G. **Linear and combinatorial programming**. New York: Wiley, 1976.

PEINADO, Jurandir. **O papel do sistema de abastecimento kanban na redução dos inventários**. Revista da FAE Business School, v. 2, n. 2, p. 27-32, mai/ago.1999.

PUCCINI, Abelardo de Lima. **Introdução à programação linear**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1972.

REVISTA DA MADEIRA. Disponível em: <<http://www.Revista da Madeira.htm>> acesso em 29 de setembro de 2005. n. 89, ano 15, abril de 2005.

REVISTA DA MADEIRA. Disponível em: <<http://www.Revista da Madeira.htm>> acesso em 29 de setembro de 2005. n. 84, ano 14, outubro de 2004.

SCHEITT, Luiz Carlos. **Otimização na industrialização e comercialização de frango**. Curitiba, 2003. 133p. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia dos Setores de Tecnologia e Ciências Exatas, UFPR.

SILVA, Christian Luiz da. **Gestão estratégica de custos: o custo-meta na cadeia de valor**. Revista da FAE Business School, v. 2, n. 2, p. 17-25, mai/ago.1999.

SILVER, Edward A., PETERSON, Rein. **Decision systems for inventory management and production planning**. New York: Wiley, 1979.

TAYLOR, Frederick Winslow. **Princípios de administração científica**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 1989.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

## **ANEXOS**



















ANEXO 5

ANEXO 5 CONTINUAÇÃO

ANEXO 5 CONTINUAÇÃO

ANEXO 5 CONTINUAÇÃO

ANEXO 5 CONTINUAÇÃO

ANEXO 6

ANEXO 6 CONTINUAÇÃO





ANEXO 6 CONTINUAÇÃO

ANEXO 7

## ANEXO 7 CONTINUAÇÃO

ANEXO 7 CONTINUAÇÃO

ANEXO 7 CONTINUAÇÃO

ANEXO 8

ANEXO 9