

Ref. Bibliog.:

ULIANA, L. R.; NOLASCO, A. M.; CAIXETA FILHO, J.V. Aplicação da técnica da programação linear na gestão de indústrias de móveis (Compact disc). In: 10°. Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. **Anais**. São Pedro, Agosto 2006.

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DA PROGRAMAÇÃO LINEAR NA GESTÃO DE INDÚSTRIAS DE MÓVEIS

Lis Rodrigues Uliana (lruliana@hotmail.com)

Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Adriana Maria Nolasco (amnolasc@esalq.usp.br)

Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

José Vicente Caixeta Filho (jvcaixet@carpa.ciagri.usp.br)

Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Resumo: Este estudo teve como objetivo a aplicação da técnica de programação linear para auxílio na tomada de decisão em relação à produção de móveis de madeira certificada e não certificada. Foi um estudo de caso realizado em uma indústria localizada no município de Praia Grande, SP. Avaliou-se o rendimento da produção de 2 modelos de cadeiras, produzidos com madeira de sucupira certificada e com madeira de sucupira não certificada. A técnica de programação linear foi aplicada considerando como função objetivo a maximização do lucro. Para as condições de estudo, esta ferramenta forneceu um lucro mensal de R\$ 22.209,16 (US\$ 8.444,55), com a produção de 24 cadeiras feitas com madeira certificada do modelo Ethos com braço (Produto 1), 36 cadeiras feitas com madeira certificada do modelo Ethos sem braço (Produto 2), 24 cadeiras feitas com madeira não certificada do modelo Ethos com braço (Produto 3) e 28 cadeiras feitas com madeira não certificada do modelo Ethos sem braço (Produto 4). Os resultados confirmaram a eficiência da ferramenta de programação linear na gestão de recursos financeiros em indústrias moveleiras. Ou seja, a técnica de programação linear ofereceu indicativos sobre os produtos com maior potencial de comercialização e a necessidade de investimento em marketing.

Palavras-chave: programação linear, móveis, madeira certificada, lucro

LINEAR PROGRAMMING TECHNIQUE APPLICATION ON FURNITURE INDUSTRIES MANAGEMENT

Abstract: The purpose of this study was the application of linear programming technique to assist in decision making in relation to certified wooden production and non certified. This case study was conducted in a furniture industry located in the city of Praia Grande-SP. The efficiency on production was evaluated for two types of chairs produced with certified wood of sucupira and non-certified wood of sucupira. The method of linear programming was applied considering as objective function the profit maximization. For the study conditions, this tool delivered a monthly income of R\$ 22,209.16 (US\$ 8,444.55) for the production of 24 chairs made up with certified wood of the brand Ethos model with arm (Product 1); 36 chairs made up with certified wood of the brand Ethos model without arm (Product 2); 24 chairs made up with non-certified wood of the brand Ethos model with arm (Product 3); and 28 chairs made up with non-certified wood of the brand Ethos model without arm (Product 4). The results confirm the efficiency of linear programming tool in financial resources management in furniture industries. That is that the technique of linear programming offered indicatives about products with greater potential of commercialization and the necessity on marketing investment.

Keywords: linear programming, furniture, certified wood, profit

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tratou da aplicação da técnica de programação linear para auxílio na tomada de decisão em relação à produção de móveis de madeira certificada e não certificada. Para isso, foi necessário avaliar o rendimento da produção de cadeiras e a geração de resíduos.

A certificação da cadeia de custódia trata da atribuição de um selo que assegura ao consumidor final que o produto adquirido é proveniente de uma floresta cujo manejo florestal foi certificado. A certificação da cadeia de custódia pouco acrescenta à sustentabilidade florestal. Sua ação é baseada no rastreamento da matéria-prima proveniente do manejo certificado, desde a floresta, passando por todas as fases de processamento, até chegar ao consumidor final. Esse processo não adota nenhum procedimento que interfira de forma positiva no sistema de gestão das empresas de processamento primário e secundário da madeira.

Uma empresa possui inúmeras finalidades. Ainda que o objetivo final seja a obtenção máxima de lucro em seus negócios, essa pode ser justificada por várias outras metas, como a produção de bens e serviços, que deverão saciar as necessidades (básicas e sociais) dos consumidores. Logo, o consumidor procura bens que lhe satisfaçam e a empresa esforça-se para conseguir fatores de produção ou recursos que lhe possibilite a produção de bens desejados. Paralelamente, a indústria necessita trabalhar com os custos de produção e os custos de venda dos bens produzidos para alcançar a máxima rentabilidade em seus negócios (NOVASKI, 1991).

As perdas na produção representam desperdício e conseqüentemente aumento nos custos de produção (MELO; LIMA; PINHEIRO, 2004), além de prejuízo à imagem da empresa, quando resultam em impactos ambientais negativos.

Para o planejamento, o controle e a tomada de decisão sobre o que produzir e como produzir é essencial conhecer o comportamento dos custos. Os custos oscilam com mudanças na produção e o conhecimento desse comportamento irá dar a base para o planejamento, controle e tomada de decisão da empresa (HANSEN; MOWEN, 2001).

A pesquisa operacional é um conjunto de conhecimentos relacionados com o processo científico de tomada de decisão (MAYERLE, 2002). Esse método de tomada de decisão tem sido aplicado a qualquer tipo de problema que dê suporte à definição de um objetivo em termos quantitativos (BARREIROS et al., 2002). Essa busca determinar o curso ótimo de um problema de decisão sob restrições de recursos limitados (TAHA, 1992).

A programação linear é o aprimoramento de uma técnica de resolução de um sistema de equações lineares, o simplex (CAIXETA-FILHO, 2001). Programação linear está relacionada com a solução de um tipo de problema muito especial, em que todas as relações entre as variáveis, envolvidas no problema, são lineares, como as restrições e a função a ser otimizada (HADLEY, 1962). Baseia-se em operações com matrizes e resolução de sistemas compostos de equações e inequações lineares, visando a maximização ou a minimização de uma função linear, a função objetivo, levando-se em consideração um sistema linear de igualdades e/ou desigualdades, chamadas restrições do modelo (BREGALDA; OLIVEIRA; BONRSTEIN, 1988; MELO; LIMA; PINHEIRO, 2004; PUCCINI, 1972). Essas representam as limitações de recursos disponíveis ou exigências de condições que devem ser cumpridas no problema (BREGALDA; OLIVEIRA;

BONRSTEIN, 1988; MELO; LIMA; PINHEIRO, 2004). Em áreas como engenharia e ciências há a preocupação com a eficiência na alocação de recursos escassos, que podem ser modelados e formulados como problemas de otimização. A tecnologia de otimização se tornou um componente chave na tomada de decisão atual nas áreas financeira, biotecnológica, aeroespacial, de agricultura, de energia, de telecomunicações e na Internet. Uma pesquisa recente, entre as quinhentas maiores empresas dos Estados Unidos, mostrou que cerca de 85% delas utilizava a técnica da programação linear (PANOS; RESENDE, 2002).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma indústria moveleira localizada no município de Praia Grande – SP, região metropolitana da Baixada Santista, latitude de 24°00'35", longitude de 46°24'45", altitude de 5 m e temperatura média de 27°C (Prefeitura do Município de Praia Grande, 2005). Tratou-se de uma empresa de pequeno porte, cujo sistema de produção era baseado em móveis retilíneos de alta qualidade, sob encomenda, comercializados em lojas especializadas de São Paulo.

A empresa utilizava como matéria-prima madeira certificada pelo FSC, proveniente de florestas plantadas e/ou da floresta amazônica, e eventualmente matéria-prima não certificada, além de painéis e laminados de madeira. Os tipos de madeira (nomes vulgares) mais utilizados eram: cumaru, eucalipto, ipê, louro faia, muiracatiara e sucupira.

Foram estudados dois modelos de cadeira (Figura 1), ambos feitos tanto com a madeira certificada como com a madeira não certificada.



Figura 1 - Produtos estudados, cadeira modelo Ethos com braço (a), cadeira modelo Ethos sem braço (b)

A madeira estudada foi a sucupira, podendo ser sucupira preta (*Bowdichia* sp.) ou sucupira parda (*Diploptrops* sp.), ambas da família Leguminosae.

Na aquisição da madeira serrada não houve a preocupação com a qualidade da matéria-prima, isto é, não foram especificadas medidas para as peças brutas (comprimento, largura e espessura), nem adotados critérios para limite de incidência de defeitos na madeira (nó, alburno, caruncho,

manchas, por exemplo). A única preocupação da empresa foi com a origem e o preço da madeira (certificada ou não). Para a madeira não certificada foram adotados critérios quanto às dimensões, para a compra: comprimento (1,00 a 1,70 m), largura (12 a 15 cm) e espessura (3 a 4 cm).

2.1 Identificação e classificação dos resíduos

Os resíduos foram identificados “*in loco*”, sendo também classificados.

A classificação dos resíduos foi feita com base em suas características morfológicas, ou seja, forma e tamanho das partículas. Os resíduos foram classificados como finos e grossos. O resíduo fino era formado por: (i) cavacos - resíduos com dimensões máximas de 50 X 20 mm; (ii) maravalha - resíduo com mais de 2,5 mm; (iii) serragem - resíduo com dimensões entre 0,5 e 2,5 mm; (iv) pó - partículas menores que 0,5 mm (CASSILHA et al., 2003). O resíduo grosso era formado por peças de refugo, com defeito, com medidas inadequadas, etc. Esse critério foi utilizado pois nesse trabalho era importante separar os resíduos por tamanho das partículas e posteriormente analisar o seu volume.

2.2 Quantificação dos resíduos

A quantidade de resíduo gerada foi utilizada como indicador de desempenho administrativo da produção. Foi utilizado o método da quantificação diretamente no fluxo de produção. Esse método consistiu em acompanhar a peça de madeira serrada de determinada espécie de madeira, posteriormente à etapa de secagem em estufa, pois a madeira perde dimensões durante o processo de secagem (comprimento, largura e espessura) em função da perda de água. O início da quantificação da geração de resíduos se deu com o início do processamento da madeira. Quantificaram-se os resíduos grossos e estimou-se a geração de resíduos finos. A quantificação dos resíduos foi obtida por máquina, para que todos os fatores que influenciaram na geração de resíduos fossem analisados em detalhes. Primeiramente, foi obtido o volume bruto de madeira seca (V_{bs}), que foi o volume de madeira que saiu da estufa para ser usinado. Com esse volume bruto iniciou-se o processamento da madeira, numa determinada máquina. Coletaram-se 60 peças de resíduo grosso, ao acaso, geradas nas diversas máquinas e posteriormente pesadas. Com isso, obteve-se, de acordo com a Equação 1, a massa específica média do resíduo grosso. Foram pesados todos os resíduos grossos (M_{trgm}) gerados de uma dada peça de madeira serrada, na máquina m . Com esse valor calculou-se o volume de resíduos grossos (Equação 2). Fazendo-se a diferença entre o volume que entrou (V_{bsm}) numa determinada máquina, com o volume de produto produzido na máquina m (V_{pm}), com o volume de material de aproveitamento produzido na máquina m (V_{mam}) e o volume de resíduos grossos (V_{trgm}) gerados em dada máquina, obteve-se o volume de resíduos finos (V_{tfm}) gerados numa determinada máquina (Equação 3).

$$\rho = \frac{M_{rsem}}{V_{rsem}} \quad (1)$$

onde:

ρ = massa específica do material resíduo grosso, seco em estufa, à umidade de 12% em g/cm^3 ;

M_{rsem} = massa de resíduo grosso seco em estufa, g, produzidos na máquina m ;

V_{rsem} = volume de resíduo grosso seco em estufa, cm^3 , produzidos na máquina m .

$$V_{trgm} = \frac{M_{trgm}}{\rho} \quad (2)$$

onde:

V_{trgm} = volume total de resíduos grossos produzidos na máquina m;

M_{trgm} = massa total de resíduos grossos produzidos na máquina m.

$$V_{tfm} = V_{bsm} - V_{pm} - V_{ma} - V_{trgm} \quad (3)$$

onde:

V_{tfm} = volume total de resíduos finos produzidos na máquina m;

V_{bsm} = volume bruto seco produzido na máquina m;

V_{pm} = volume de produto produzido na máquina m;

V_{mam} = volume de material de aproveitamento;

V_{trgm} = volume total de resíduos grossos produzidos na máquina m.

Os produtos estudados foram: (i) Produto 1 - cadeira fabricada com madeira certificada do modelo Ethos com braço; (ii) Produto 2 - cadeira fabricada com madeira certificada do modelo Ethos sem braço; (iii) Produto 3 - cadeira fabricada com madeira não certificada do modelo Ethos com braço; (iv) Produto 4 - cadeira fabricada com madeira não certificada do modelo Ethos sem braço;

Para se realizar a quantificação foram observados os resíduos gerados em cada peça de madeira serrada para cada tipo de madeira e modelo de cadeira. Foram quantificadas 24 peças de madeira serrada para o Produto 1, 24 peças de madeira serrada para o Produto 2, 32 peças de madeira serrada para o Produto 3 e 32 peças de madeira serrada para o Produto 4.

2.3 A técnica da programação linear

Para se fazer uso dessa ferramenta foram levantados: (i) o objetivo do estudo e (ii) as limitações, restrições do modelo.

Descrição do problema

Foi levantado o objetivo do estudo fornecendo, assim, um panorama econômico da empresa. O objetivo central do modelo foi a otimização do lucro da empresa, que se referiu à determinação da quantidade ótima de diferentes cadeiras a serem fabricadas. As restrições, ou seja, o que limitava a produção de cadeiras, foram: mercado consumidor (número máximo de cadeiras fabricadas e vendidas no período de 1 mês), estoque de matéria-prima (total de madeira bruta estocada em 1 mês), espaço de armazenamento do produto acabado (área total disponível na empresa para o armazenamento de produtos) e geração de resíduos (volume máximo de resíduo que pode ser gerado em um mês).

Para a resolução do problema de programação linear foi utilizado o programa Lindo 6.1 for Windows, baseado no método simplex.

Modelo conceitual estabelecido

Para se estabelecer uma função objetivo a ser otimizada, entendeu-se, claramente, o processo produtivo. Para isso, foram observados os fluxogramas dos fluxos de produção. Os resíduos gerados foram identificados através de observações *in loco*, para cada operação realizada. Após a caracterização do sistema de produção, pela qual foram identificadas todas as interações possíveis entre máquinas e todas as combinações possíveis de produtos, foram definidos os critérios quantitativos para obtenção dos rendimentos característicos dos processos, diretamente nos fluxos de produção.

Apresenta-se, a seguir, a especificação das equações e inequações relativas ao modelo proposto.

Função objetivo

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (P_{ij} - C_{ij}) * x_{ij} \quad (4)$$

onde:

i = tipo de madeira utilizada, sendo $i = 1$ relacionado à madeira certificada, e $i = 2$ relacionado à madeira não certificada;

j = modelo de cadeira, sendo $j = 1$ relacionado ao modelo Ethos com braço, e $j = 2$ relacionado ao modelo Ethos sem braço;

x_{ij} = quantidade (número) de cadeiras feitas com a madeira i do modelo j a ser fabricada em 1 mês;

P_{ij} = preço de venda da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j ;

C_{ij} = custo de produção da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j ;

Z = lucro máximo obtido em 1 mês.

Restrições

Restrição de mercado consumidor

$$x_{ij} \leq A_{ij} \quad (5)$$

onde:

A_{ij} = número máximo de cadeiras fabricadas com a madeira i do modelo j vendidas em 1 mês.

Restrição de estoque de matéria-prima

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 x_{ij} * R_{ij} \leq B \quad (6)$$

onde:

R_{ij} = rendimento de produção, quantidade em m^3 , de madeira bruta utilizada para produzir 1 unidade da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j ;

B = total de madeira estocada em 1 mês.

Restrição de espaço de armazenamento do produto acabado

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 x_{ij} * D_j \leq E \quad (7)$$

onde:

D_j = área que uma unidade da cadeira fabricada do modelo j ocupa, em m^2 /produto;

E = área total disponível na empresa, em m^2 , para o armazenamento de produtos.

Restrição de geração de resíduo

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 x_{ij} * K_{ij} \leq O \quad (8)$$

onde:

K_{ij} = quantidade de resíduo gerada, em m^3 , para fabricar 1 unidade da cadeira fabricada com a madeira i do modelo j;

O = quantidade máxima, em m^3 , que pode ser gerada de resíduo em um mês.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Identificação e classificação dos resíduos

Os resíduos identificados foram classificados como grossos (peças desclassificadas, com defeito, destopos de peças de madeira serrada, como por exemplo, tábuas) e como finos (cavacos, maravalha, serragem e pó). O resíduo grosso (Figura 2 a) foi gerado na serra circular, na serra-de-fita, na tupia (quando se usou a ferramenta serra circular) e na respigadeira. O resíduo fino (Figura 2 b) foi gerado em todas as máquinas, exceto nas prensas, diferenciando a sua proporção por máquina. O material de aproveitamento foi gerado nas máquinas serra circular, serra-de-fita e respigadeira.



Figura 2 - Material quantificado, resíduo grosso armazenado (a), resíduo fino (b)

3.2 Quantificação dos resíduos

Durante o processamento da madeira gerou-se o produto acabado, os resíduos finos, os resíduos grossos (eventualmente) e o material de aproveitamento (eventualmente) (madeira que pode ser utilizada, pela empresa, em outros componentes de produtos).

A Tabela 1 apresenta os dados de rendimento para os produtos estudados.

Tabela 1 - Rendimento por tipo de produto

Tipo de material	Rendimento							
	Produto 1		Produto 2		Produto 3		Produto 4	
	m ³ /cadeira	%						
Matéria-prima bruta	0,050686	100,00	0,050663	100,00	0,031492	100,00	0,042929	100,00
Produto acabado	0,013160	25,96	0,014805	29,22	0,018596	59,05	0,017536	40,85
Material de aproveitamento	0,009348	18,44	0,007559	14,92	0,001586	5,04	0,005272	12,28
Resíduo grosso	0,008847	17,45	0,006900	13,62	0,003132	9,94	0,003373	7,86
Resíduo fino	0,019331	38,14	0,021399	42,24	0,008178	25,97	0,016748	39,01

O produto que apresentou o melhor rendimento foi Produto 3. Esse também apresentou a menor quantidade de material de aproveitamento e de resíduo fino. O material de aproveitamento e o resíduo grosso foram gerados em maior quantidade no Produto 1. Houve uma maior geração de resíduo fino no Produto 2.

3.3 Utilização prática da técnica da programação linear

A técnica da programação linear foi utilizada como uma alternativa para se analisar economicamente a empresa, indicando gargalos.

Após a quantificação dos resíduos e o entendimento dos fluxos de produção, pode-se desenvolver um cenário visando subsidiar a gestão da empresa. Esse abordou a questão econômica, apontando os gargalos na produção (mercado, geração de resíduos, estoque de matéria-prima, espaço para armazenamento de produtos), permitindo apontar os produtos mais rentáveis.

O lucro máximo mensal obtido no modelo foi de R\$ 22.209,16 (US\$ 8.444,55) produzindo-se 24 cadeiras modelo Ethos com braço feitas com madeira certificada (Produto 1), 36 cadeiras modelo Ethos sem braço feitas com madeira certificada (Produto 2), 24 cadeiras modelo Ethos com braço feitas com madeira não certificada (Produto 3) e 28 cadeiras modelo Ethos sem braço feitas com madeira não certificada (Produto 4).

As restrições atuantes, ou seja, as restrições do problema que limitaram a maior produção de cadeiras, e conseqüentemente o aumento do lucro foram o mercado consumidor dos Produtos 1, 2 e 3.

O mercado consumidor do Produto 4 não foi suprido por inteiro: sobram 8 unidades do Produto 4 que não foram feitas em função de capacidade de produção limitante. Se fosse possível a venda de uma unidade a mais do Produto 1, haveria um acréscimo no lucro em R\$ 276,77. Observando-

se a restrição do mercado consumidor para o Produto 2, o aumento de uma unidade na venda desse produto seria associado a um acréscimo no lucro de R\$ 260,39. Para o mercado consumidor 3, se fosse possível a venda de uma unidade a mais dessa, haveria um acréscimo no lucro em R\$ 120,44.

Essa relação diretamente proporcional entre variação na venda dos 4 produtos em questão e no lucro, ou seja, no valor da função objetivo deve respeitar determinados intervalos de variação, pois quando se sai desses intervalos a restrição poderá não ser mais atuante.

A faixa de variação para o valor de mercado consumidor para o Produto 1 foi de 0,036 a 24 peças. Para esse intervalo, a variação no valor da função objetivo, ou seja, no lucro, será diretamente proporcional a R\$ 286,77. A faixa de variação para o valor de mercado consumidor para o Produto 2 foi de 0,036 a 36 peças. Para esse intervalo, a variação no valor da função objetivo, ou seja, no lucro, será diretamente proporcional a R\$ 260,39. A faixa de variação para o valor de mercado consumidor para o Produto 3 foi de 0,059 a 24 peças. Para esse intervalo, a variação no valor da função objetivo, ou seja, no lucro, será diretamente proporcional a R\$ 120,44. Porém, os intervalos de variação no valor absoluto das restrições e os valores do preço-sombra são válidos para cada uma das restrições individualmente.

Houve uma folga, ou seja, não foi utilizado $0,001848 \text{ m}^3$ de matéria-prima; $71,47 \text{ m}^2$ de espaço para armazenamento dos produtos acabados e $0,47014 \text{ m}^3$ de resíduo. Isso significa que esses recursos não foram utilizados por inteiro, pois houve restrições que estavam limitando a produção e conseqüentemente o uso desses recursos.

Observando-se a faixa de variação dos coeficientes da função objetivo, pode-se dizer que dentro do intervalo de zero a R\$ 286,77, para o Produto 1, a solução ótima continuará sendo a mesma, ou seja, o lucro irá ser influenciado, porém os números de peças a serem produzidas de cada tipo de produto serão os mesmos. Isso vale para os intervalos de zero e R\$ 260,39, para o Produto 2 e de zero e R\$ 120,44, para o Produto 3.

Através desses resultados pode-se inferir que com o aumento do estoque de matéria-prima e da capacidade de produção da empresa, poderia ser incrementada a produção do Produto 4 e conseqüentemente aumentar o lucro da empresa.

Uma outra influência seria a de expandir o mercado consumidor dos Produtos 1, 2 e 3 para se incrementar o lucro da empresa, já que as restrições de mercado consumidor desses produtos limitam as suas vendas. Um possível investimento em marketing ou a procura de novos mercados seriam duas alternativas para tal.

Note-se que o que mais influenciou a escolha de um ou outro tipo de cadeira foi o lucro unitário que cada tipo de cadeira fornecia a empresa. Associada a restrição de mercado consumidor, que limitou a produção, a cadeira menos favorecida foi o Produto 4, que possuiu o menor lucro unitário.

4 CONCLUSÕES

A ferramenta de programação linear foi eficiente no auxílio ao gerenciamento econômico. Para esse cenário foi obtido um lucro mensal de R\$ 22.209,16 (US\$ 8.444,55), com a produção de 24 cadeiras feitas com madeira certificada do modelo Ethos com braço (Produto 1), 36 cadeiras feitas com madeira certificada do modelo Ethos sem braço (Produto 2), 24 cadeiras feitas com madeira não certificada do modelo Ethos com braço (Produto 3) e 28 cadeiras feitas com madeira não certificada do modelo Ethos sem braço (Produto 4).

Para a produção de cadeiras, na empresa estudada, houve uma geração média de resíduos de 48,56%, com um rendimento médio em produto acabado de 38,77% e em material de aproveitamento de 12,67%.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pelo financiamento do projeto e à indústria por ter possibilitado a execução desse trabalho.

REFERÊNCIAS

BARREIROS, R. M.; SANSÍGOLO, C. A.; GARCIA, J. N.; CAIXETA FILHO, J. V. A Modelo de otimização para seleção de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.61, p.25-39, jun. 2002.

BREGALDA, P.F.; OLIVEIRA, A.A.F.; BONRSTEIN, C.T. **Introdução à programação linear**. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1988. 329p.

CAIXETA-FILHO, J.V. **Pesquisa operacional**: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais. São Paulo: Atlas, 2001. 171p.

CASSILHA, A.C.; PODLASEK, C.L.; CASAGRANDE JR., E.F.; MENGATTO, S.N.F.; SILVA, M.C. da. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. In: SEMANA DE TECNOLOGIA, 3 a 6 nov. 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Centro Federal de Educação Tecnológica do PR, 2003. 5p. Disponível em: <http://www.ppgte.cefetpr.br/semanatecnologia/grupo_tema/industria_moveleira_e.pdf> Acesso em: 2 fev. 2005.

HADLEY, G. **Linear programming**. London: Addison – Wesley publishing company, 1962. 520p.

HANSEN, D.R.; MOWEN, M.M. **Gestão de custos**: contabilidade e controle. Tradução de R. B. Taylor. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001. 783p.

MAYERLE, S.F. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/~mayerle/eps3626_20011.htm> Acesso em: 23 set. 2002.

MELO, M.P. de; LIMA, D.P.; PINHEIRO, P.R. Modelos em programação matemática para o processamento do biscoito tipo *cracker*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.3, p. 363-368, jul./set. 2004.

NOVASKI, O. **Custos de usinagem**. São Paulo: UNICAMP, 1991. 149p.

PANOS, M. P.; RESENDE, M. G. C. **Handbook of applied optimization**. Oxford: Oxford University Press, 2002. 1116p.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE PRAIA GRANDE. Disponível em:
<http://www.praia grande.sp.gov.br/PraiaGrande/index-.asp?cd_pagina=77&principal=290>
Acesso em: 15 fev. 2005.

PUCCINI, A.L. **Introdução à programação linear**. Rio de Janeiro: Livro Técnico, 1972. 252p.

TAHA, H.A. **Operations research: an introduction**. 5 ed. New York; Toronto: Macmillan: Maxwell Macmillan Canada, 1992. 822p.