

DESENVOLVIMENTO E USO DE MODELOS COMPUTACIONAIS NO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM INDÚSTRIAS LATICINISTAS DE PEQUENO PORTE: UM ESTUDO DE CASO¹

MARCO FORNETTI², CARLOS ARTHUR B. DA SILVA³ e RENATO SPROESSER⁴

RESUMO – Com o objetivo de avaliar a viabilidade da utilização rotineira de modelos computacionais de suporte à decisão em empresas laticinistas, um modelo integrado de planejamento da produção foi desenvolvido para um laticínio de pequeno porte. Neste estudo de caso, um conjunto de técnicas computacionais foi proposta para a elaboração e o uso do modelo, e as dificuldades operacionais nos processos de desenvolvimento e implementação foram avaliadas. O modelo é descrito no presente trabalho. O estudo revelou que os principais problemas que dificultam a disseminação de tais métodos são a pouca disponibilidade de dados propriamente organizados da empresa, a carência de pessoal especializado, e os investimentos de aquisição de “hardware” e “software”, que ainda são relativamente altos nas condições nacionais. Medidas para reduzir tais dificuldades foram propostas.

Termos para indexação: sistemas de suporte à decisão, planejamento da produção.

DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF COMPUTERIZED PRODUCTION PLANNING MODELS IN SMALL SCALE DAIRY FIRMS: A CASE STUDY

ABSTRACT – The feasibility of routine utilization of computerized production planning models in small scale dairy firms was analyzed in a case study of processing plant in Southeastern Brazil. A model was conceptualized, a number of commercially available microcomputer-based routines was proposed to develop and implement it, and the difficulties during such a process were ascertained. The model is described in this work. The study revealed that major problems which may forestall the dissemination of modelling efforts, as the one studied, were the limited availability of data on plant operations, the lack of properly trained personnel at the managerial level, and the still relatively high investment costs in required hardware and software resources. Given the perceived benefits of model use in dairy plant management, measures to reduce these difficulties were proposed.

Index terms: decision support systems, production planning.

INTRODUÇÃO

A indústria laticinista é caracterizada pelo alto grau de incerteza associado a seus processos decisórios. Decisões sobre o aproveitamento do leite recebido, ou sobre estratégias de estocagem de produtos ou insumos, por exemplo, são dificuldades pela constante variabilidade das condições eco-

¹ Parte da Tese de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa em 1988. Trabalho realizado com o apoio do CNPq.
Recebido em 2/10/91.

Aceito para publicação em 12/12/91.

² Eng. Alim., MS., Via da Cava 44/7 c/o Burla, Viterbo, Itália.

³ Econ. Rural, Ph.D., DTA-UFV, 36570 Viçosa, MG.

⁴ Eng. Alim., DTA-UFV, 36570 Viçosa, MG.

nômicas e de mercado. Por outro lado, devido à perecibilidade da matéria-prima e dos produtos finais, decisões devem ser tomadas de forma rápida, o que representa um grau de complexidade adicional na atividade gerencial.

Essas dificuldades, inerentes aos processos de transformação agroindustrial, ressaltam a importância do emprego de métodos de gerência e planejamento capazes de orientar as decisões empresariais relativas à alocação de recursos nesse importante setor da economia. Nesse sentido, uma área com potencial para proporcionar maior eficiência produtiva na agroindústria é o emprego de métodos de modelagem computacional como instrumento gerencial. De fato, a literatura de gerenciamento da produção oferece uma ampla variedade de métodos e técnicas que podem ser úteis no planejamento do uso de recursos em processos produtivos (Bender et al. 1976; Hanf & Shiefer 1983; Logan 1984). Muitas dessas técnicas não são recentes, mas tendem de modo geral a ter suas aplicações restritas ao âmbito acadêmico ou a empresas de maior porte, capazes de contar com recursos computacionais avançados e pessoal altamente especializado.

Nos últimos anos, a evolução da informática tornou possível uma redução considerável nos preços finais dos equipamentos, o que por sua vez propiciou o surgimento de diversos programas de uso simplificado, muitos com utilização potencial nas áreas de gerenciamento e controle da produção. Com maior disponibilidade de microcomputadores e de "software" de fácil uso, tais como sistemas gerenciadores de bancos de dados, planilhas eletrônicas e rotinas de otimização, tornou-se acessível ao pequeno e médio empresário uma ampla variedade de recursos que podem servir de ferramentas gerenciais nos mais diversos ramos de atividade.

Apesar da difusão desses novos recursos em vários setores comerciais e industriais, sabe-se que ainda é limitada sua utilização na agroindústria alimentar, especialmente nas áreas de suporte à decisão gerencial e no âmbito das pequenas e médias empresas. Em recente mesa-rendonda promovida pela Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos (SBCTA 1987), essa situação foi ressaltada pelos debatedores e participantes. Os motivos para a baixa adoção de tais inovações tecnológicas na pequena e na média indústria nacional carecem ainda de uma identificação apropriada. Contudo, a julgar-se pela experiência internacional (Cordts & Schiefer 1983), fatores tais como a desinformação do empresário, a desconfiança quanto aos benefícios potenciais das inovações, e mesmo a existência de experiências anteriores mal-sucedidas, podem ser considerados como possíveis barreiras.

Com o intuito de avaliar a viabilidade da implantação, em uma indústria de pequeno porte, de um conjunto de técnicas computacionais de suporte à decisão, foi realizado um estudo de caso, no qual um modelo integrado de

planejamento a curto prazo foi desenvolvido para uma unidade de processamento de leite e derivados situada no sudeste de Minas Gerais. Essa unidade de pequeno porte possui capacidade para processar 10.000 litros de leite diários, e pode ser considerada como bastante representativa.

METODOLOGIA

Para desenvolvimento do estudo, tomou-se por base a metodologia proposta por Mertens (1976), a qual aborda as principais etapas de modelagem de um problema, bem como a avaliação de insumos e de resultados das aplicações. Assim, foram seguidas as seguintes etapas: definição do problema e estabelecimento de objetivos; observação e análise do sistema; diagramação e síntese do modelo; formulação e implementação; obtenção e processamento de dados; otimização e simulação; avaliação e discussão de resultados.

Na etapa inicial, através de discussões com a administração da indústria laticinista, foram determinadas as áreas onde resultados da implantação de modelos poderiam trazer maiores benefícios. Definiu-se que o apoio aos processos de planejamento da produção seriam enfatizados. Em seguida, procedeu-se ao completo levantamento das características do laticínio, destacando-se a capacidade de produção, o dimensionamento dos equipamentos instalados, a identificação das linhas de processamento, fluxos e estoques de insumos no processamento, consumo energético e capacidade de armazenamento, além de necessidade e disponibilidade de mão-de-obra e de outras variáveis de produção existentes. Nesta etapa pôde-se definir, entre outros aspectos, os componentes básicos do sistema de produção, as formas em que eles interagem, e os tipos de insumo requeridos e produtos obtidos, com os respectivos custos e valores de mercado. Na etapa de diagramação e síntese, foi elaborado um diagrama de bloco com os componentes do problema estudado e suas inter-relações, o que permitiu a melhor definição da estrutura matemática e computacional do modelo. Utilizando-se os recursos computacionais disponíveis, foram então formulados e implementados os diversos componentes do modelo, concomitantemente com a devida coleta dos dados necessários. Uma vez elaborado o modelo representativo do processo de produção da indústria laticinista, puderam então ser realizadas otimizações e simulações, cujos resultados foram finalmente avaliados e discutidos com a administração da indústria. Durante todo o processo de formulação e implementação do modelo, procurou-se avaliar as dificuldades operacionais enfrentadas, através de observações e discussões.

Os recursos computacionais empregados consistiram em um microcomputador nacional compatível com o padrão IBM-PC-AT, com uma configura-

ração convencional (1,6 Mb RAM, uma unidade de disco rígido de 20 Mb), e duas unidades de discos flexíveis de 5 1/4”), e uma impressora matricial de 132 colunas. Buscando minimizar as necessidades de programação, foram usados recursos de “software” disponíveis comercialmente, tais como planilhas eletrônicas (LOTUS 1-2-3) e otimizadores (HYPERLINDO-PC). Para a execução, os diversos componentes do modelo foram interligados através de arquivos de processamento em lote (“batch files”).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura do modelo desenvolvido

Para possibilitar o planejamento da produção da indústria estudada, em bases semanais, foi desenvolvido um modelo composto de módulos inter-relacionados, os quais são integrados em uma formulação matemática que objetiva a maximização de lucros sujeita a diversas classes de restrições (Fig. 1).

A partir do levantamento das características do laticínio, considerou-se que as possibilidades de produção resumiam-se aos seguintes produtos: leite pasteurizado, manteiga, queijo minas frescal, queijo minas padrão, queijo mussarela, queijo parmesão, queijo prato, requeijão, doce de leite e iogurte. Essas possibilidades de produção são restringidas pela disponibilidade de leite, pela oferta de mão-de-obra, pela disponibilidade de gordura, pela disponibilidade de capital de giro, pela capacidade de áreas de estocagem (câmaras frias), pelas limitações de equipamentos nas linhas de produção, e por razões mercadológicas e/ou administrativas.

A oferta de leite para processamento é a principal variável que restringe as possibilidades de produção. Assim, foi estabelecido um módulo que permite a utilização de informações passadas para se estabelecerem previsões de recebimento semanal desta matéria-prima. Essas previsões permitem, por exemplo, a simulação do funcionamento da usina ao longo de um ano. Alternativamente, o módulo permite que as disponibilidades de leite sejam fixadas pela administração, de maneira exógena ao modelo. Tanto os dados sobre a disponibilidade de leite de boa qualidade, como de leite ácido, podem ser gerados pelo modelo ou fixados exogenamente.

Outra restrição considerada através de um módulo independente foi a disponibilidade de mão-de-obra. Devido às características do laticínio estudado, considerou-se restritiva apenas a mão-de-obra de operação (não qualificada), o que permitiu a agregação dessa variável em termos de homens x hora.

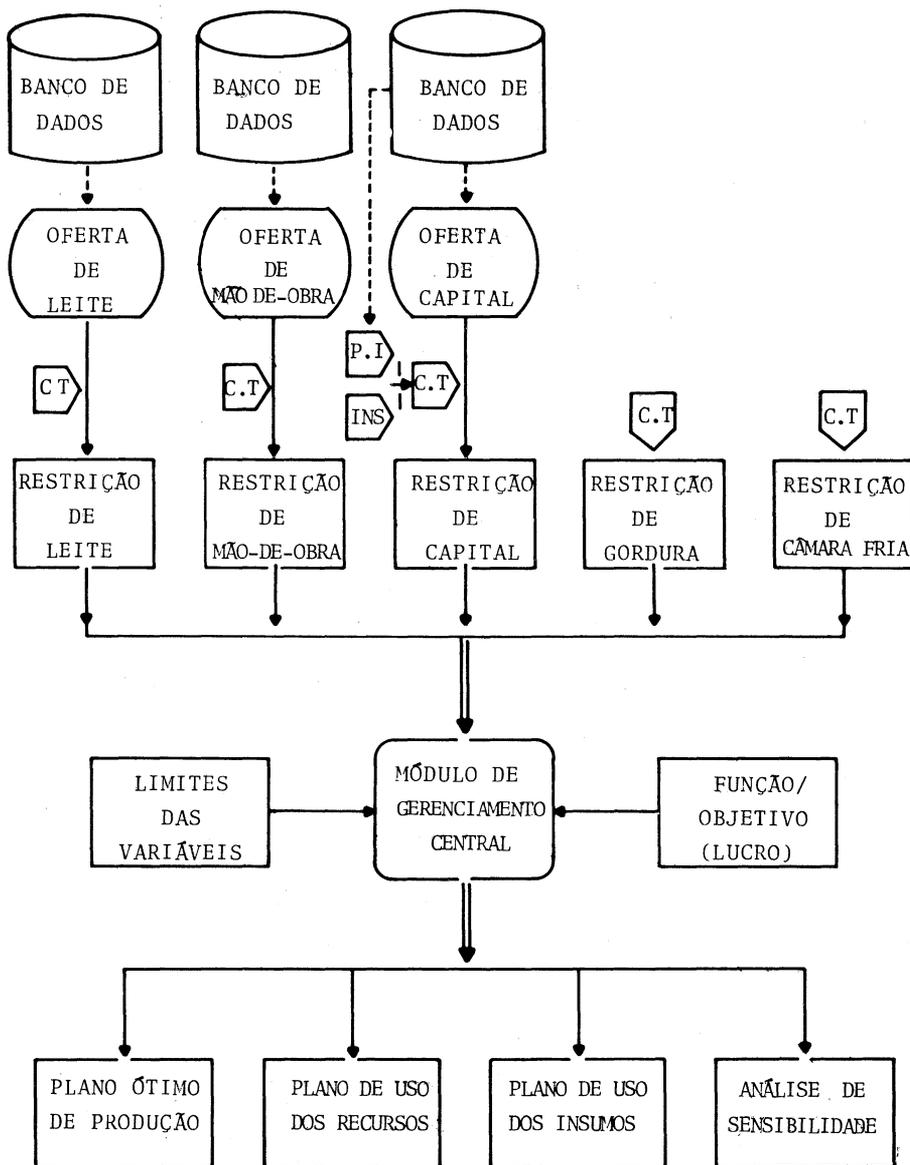


FIGURA 1. Diagrama de blocos do modelo (C.T. - Coeficientes Técnicos; P.I. - Preço de Insumos; INS - Quantidades de Insumos)

Conhecidas as disponibilidades de capital de giro, os custos dos insumos usados em cada alternativa de produção, e os coeficientes técnicos de produção, foi possível incluir no modelo um módulo que estabelecesse limites para as quantidades produzidas dentro de uma faixa compatível com as possibilidades financeiras do laticínio. Neste módulo, são computados os custos de produção de cada produto, que por sua vez vão integrar as equações que representam as restrições semanais de capital. Os custos unitários de cada insumo utilizado nos processos de produção, assim como as disponibilidades de capital, podem ser facilmente alterados sempre que necessário.

No modelo elaborado, toda a gordura necessária à produção de manteiga é obtida pela padronização do leite destinado à produção dos demais produtos. Desse modo, a disponibilidade de gordura passa a representar uma restrição na produção de manteiga, de forma que um módulo adicional foi incluído para estabelecer o balanceamento entre a quantidade de gordura produzida e a consumida nos processos de fabricação.

Para as alternativas de produção de queijos, foram incluídas restrições que limitassem a utilização de câmaras frias a suas capacidades efetivas. Apenas as variedades de queijo com períodos de maturação superiores a uma semana foram considerados nas restrições, uma vez que o planejamento foi executado em bases semanais. Para as demais variedades, os limites de capacidade de produção, que também constituem um módulo independente, foram estabelecidos de forma a considerar também as disponibilidades de câmara fria. No módulo de limites de capacidade, foram incluídas restrições para estabelecer as quantidades mínimas e máximas de cada produto. Os limites mínimos são estabelecidos pela administração, em função de razões mercadológicas e/ou administrativas, enquanto os limites máximos são basicamente função das capacidades dos equipamentos de processamento e da dimensão do mercado para cada produto.

A finalidade básica do modelo proposto é o planejamento semanal da produção de modo a maximizar o lucro do laticínio, respeitadas as restrições já descritas. Esse lucro foi considerado em sua forma bruta, sendo calculado como a diferença entre os preços de venda de cada produto e seus custos de fabricação. Os custos são calculados pelo modelo, conforme discutido anteriormente, enquanto os preços de venda são informados pela administração. Assim, a função a ser maximizada por programação linear é gerada pelo modelo com base nessas informações.

O estabelecimento de uma estrutura matemática capaz de formular o problema de otimização em moldes que permitissem sua solução através de uma rotina computacional foi possibilitado pelo módulo de gerenciamento central, que se encarrega das inter-relações entre todos os demais módulos

do modelo. Este módulo é constituído essencialmente de arquivos de processamento em lote (“batch files”), os quais transferem o controle do processamento sucessivamente para planilhas eletrônicas com procedimentos pré-estabelecidos, também conhecidos como “macros”, e para a rotina computacional de otimização. Os resultados são então retroalimentados em planilhas, de modo a facilitar sua análise e interpretação.

A partir da solução do problema matemático de otimização, o modelo imprime quadros com o planejamento semanal da produção e com os demonstrativos de uso de recursos e insumos. Gráficos são também produzidos para permitir a melhor visualização do emprego de recursos e insumos.

Em síntese, o modelo desenvolvido permite que informações básicas sobre condições operacionais de mercado do laticínio sejam integradas para permitir à gerência melhor nível de informação em seus processos de decisão. Para a administração, a interação com o modelo dá-se de forma simples, em que o acesso aos dados utilizados e aos resultados é possibilitado pela manipulação de planilhas eletrônicas.

Aplicações do Modelo

Uma vez elaborado o modelo, foram executados alguns testes simulados de modo a avaliar sua aplicabilidade. Nessas simulações determinísticas, a oferta de leite ao longo de um ano foi gerada endogenamente a partir de informações sobre as quantidades recebidas nos últimos cinco anos, enquanto as demais variáveis, coeficientes técnicos e parâmetros das restrições foram derivados dos dados e das informações coletadas nas fases iniciais do trabalho. Os resultados de uma primeira simulação foram considerados como base para comparação com resultados de simulações subseqüentes, nas quais alguns parâmetros do modelo inicial sofreram variações em seus valores.

Através desse exercício, um conjunto de informações pôde ser oferecido à administração do laticínio. Dentre essas, destacam-se as quantidades ótimas de cada produto que devem ser produzidas semanalmente, a comparação entre disponibilidade e uso de recursos, a determinação de fatores que estão efetivamente restringindo eventuais aumentos de produção, o potencial de aumento de lucro bruto para aumentos nos níveis das restrições consideradas, e o valor econômico de cada insumo no processo de produção, entre outros.

No caso estudado, a aplicação do modelo constatou uma relativa ociosidade de mão-de-obra em certos períodos do ano, enquanto recursos, como a disponibilidade de capital de giro e de gordura, revelaram-se altamente restritivos. Através do plano de produção determinado, poder-se-ia sugerir

uma estratégia de manutenção de estoque de insumos, de modo a evitar a capitalização desnecessária em itens de estoque.

A variação de parâmetros básicos permite responder a questões como, por exemplo: qual seria o impacto sobre o lucro bruto se o capital de giro disponível fosse aumentado em uma determinada percentagem? Qual o efeito da redução do quadro de pessoal durante certas épocas do ano? Qual o efeito sobre a lucratividade proporcionado pela intensificação da produção de queijo parmesão na época de safra? A primeira dessas questões foi avaliada, tendo sido estimado um limite de aumento de capital de giro economicamente recomendável para o laticínio.

Outras aplicações podem ser realizadas, principalmente no planejamento da produção para prazos mais curtos, ou na comparação entre as práticas gerenciais tradicionalmente usadas e aquelas propostas pelo modelo.

Em suma, o modelo desenvolvido oferece grande flexibilidade em termos de concepção e uso. Evidentemente, como em qualquer tipo de modelo matemático, diversas hipóteses simplificadoras foram consideradas. Essas hipóteses podem, entretanto, ser gradativamente relaxadas, na medida em que isto seja considerado essencial para a melhor representatividade do modelo. O processo de constante ajustamento e aperfeiçoamento é, na realidade, fundamental para o sucesso de aplicações como a desenvolvida neste estudo.

Dificuldades operacionais nos processos de formulação e implementação do modelo

Apesar da colaboração proporcionada pela administração do laticínio, um número de dificuldades foi detectado durante a realização deste estudo de caso. Essas dificuldades estiveram geralmente associadas aos aspectos organizacionais da administração da indústria, os quais, embora perfeitamente adequados para as formas convencionais de gerenciamento, mostraram-se restritivos para a formulação e implementação de modelos como o proposto.

Sem dúvida, a principal restrição está associada à disponibilidade e organização de informações a respeito dos processos produtivos. De fato, a fase de coleta de dados mostrou-se como ponto crucial para o estudo, uma vez que informações a respeito de coeficientes técnicos, ou mesmo de capacidades efetivas de linhas de produção, nem sempre se encontravam organizados de maneira prontamente acessível. A julgar-se pelas observações do estudo, existe enorme potencial para a implantação de sistemas gerenciadores de bancos de dados em áreas como controle de estoques e/ou produção e vendas. Para a indústria estudada, sistemas com essas finalidades foram recen-

temente implantados, o que possibilitará o refinamento de modelos como o proposto, no futuro.

O segundo ponto observado diz respeito à carência de pessoal especializado para desenvolver e implementar modelos como o proposto. Nessa fase, será invariavelmente necessária a participação de especialistas externos. Na fase de utilização do modelo, essa dificuldade não é tão restritiva, pois, conforme mencionado anteriormente, o acesso aos dados de entrada e aos resultados do modelo é proporcionado pela simples manipulação de planilhas eletrônicas. Embora se saiba que o conhecimento do uso dessa classe de "software" ainda é limitado, o treinamento para essa finalidade pode ser proporcionado em poucos dias, e é altamente recomendável para a gerência de empresas laticinistas, independentemente do uso de modelos matemáticos na administração.

Finalmente, considerou-se como fator ainda restritivo nas condições brasileiras o custo de aquisição de "hardware" e "software". Apesar da queda de preços de tais recursos no mercado internacional, os preços do mercado interno ainda podem ser considerados como bastante elevados, por motivos que não devem aqui ser discutidos. Contudo, se considerarmos que a gama de aplicações de recursos computacionais não se restringe à área de modelagem, pode ser argumentado que a aquisição de uma configuração de "hardware", como a descrita anteriormente, a aquisição de um sistema gerenciador de banco de dados, de uma planilha eletrônica, e talvez de programas específicos para as áreas de otimização, contabilidade, finanças e pessoal, seriam investimentos com alto potencial de retorno para a indústria laticinista.

CONCLUSÕES

A partir do caso analisado, acredita-se que as informações proporcionadas justificam a implementação e o uso do modelo proposto pelo menos no caso específico da indústria aqui considerada. Análises nesse sentido constituirão a ser efetuadas em futuros estudos.

Entretanto, é importante observar que a implantação das técnicas e dos modelos computacionais no planejamento da produção em laticínio de pequeno porte, embora tecnicamente viável, é um processo ainda complexo, sendo que a decisão sobre sua utilização deve ser estudada caso a caso, com base na relação entre custos e benefícios potenciais.

Para ampla disseminação de tais métodos, sugere-se que se busque maior integração entre entidades representativas da indústria de laticínios e a comunidade acadêmica. Administradores de laticínios devem ser melhor in-

formados sobre o potencial de métodos como o aqui descrito, enquanto pesquisadores devem interagir com aqueles para melhor compreender seus processos decisórios. A promoção de debates, seminários, palestras e cursos de curta duração são algumas das áreas que podem ser consideradas nesse contexto. Sugere-se também que os currículos dos cursos de formação de pessoal para a indústria laticinista devam procurar incluir informações básicas sobre modernos métodos de gerenciamento. Finalmente, quanto à questão dos investimentos em "hardware" e "software", sugere-se maior esforço governamental no sentido de intensificar o oferecimento de linhas especiais de financiamento para programas de informatização de empresas.

REFERÊNCIAS

- BENDER, F. E., KRAMER, A. & KAHAN, G. System analysis for the food industry. Westport, Connecticut. AVI, 1976.
- CORDTS, W. & SCHIEFER, G. Planning in agribusiness: a survey. In: HANF, C. H. and SCHIEFER, G. (eds.). **Decision and Information in Agribusiness**. Kieler Wissenschaftsverlag Vauk. Kiel, 1982.
- HANF, C. H. & SCHIEFER, G. Planning and decision in agribusiness: principles and experinces. A case study approach to the use of models in decision planning. Amsterdam, Elsevier, 1983.
- LOGAN, S. H. An annual planning model for food processing; an example of the tomato industry. Giannini Foundation of Agricultural Economics/University of California, 1984.
- MERTENS, D. R. **Our industry today**; principles of modeling and simulation in teaching and research. Annual Meeting of the American Dairy Science Association, Raleigh, 1976.
- SBCTA - Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Mesa Redonda: **Aplicação da Informática na Ciência e Tecnologia de Alimentos**. São Paulo, 1987.