JOÃO FRANCISCO DE ALMEIDA JÚNIOR

PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS: PRÁTICAS ATUAIS E DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APOIO À DECISÃO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de "Magister Scientiae".

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

JOÃO FRANCISCO DE ALMEIDA JÚNIOR

PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS: PRÁTICAS ATUAIS E DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APOIO Á DECISÃO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de "Magister Scientiae".

APROVADA: 16 de abril de 2004.

Cláudio Furtado Soares
(Conselheiro)

Aziz Galvão da Silva Júnior
(Conselheiro)

Heleno Nascimento Santos

Ronaldo Perez

Carlos Arthur Barbosa da Silva
(Orientador)

A Deus, aos meus pais João e Petinha, as minhas irmãs Cris e Carol, aos meus respectivos cunhados Marcello e Kaká, a minha afilhada Luísa ("Furdunço Véio"), a minha sobrinha Clara ("Tuzona"), a Fábia ("Pátion-Pátion"), a minha segunda mãe "Tia Idi", aos meus avós Zé Pedro e Nini, Nhô (in memoriam) e Nenzinha, aos meus padrinhos, aos meus familiares e aos meus amigos.

Agradecimentos:

A Deus por iluminar o meu caminho, aos meus pais pelo amor, apoio e exemplo de determinação, ao Professor Orientador Carlos Arthur pela confiança, pelas oportunidades e por me conceder a chance de trabalhar e aprender com a sua pessoa, a Fábia pelo carinho, amor, presença e força nos momentos mais difíceis, aos professores José Luís Braga e Heleno Nascimento pelos ensinamentos em suas disciplinas, aos professores Fernando Reis e Paulo Cecon pelas dicas, a SH Informática pelo aprendizado em programação, ao colega Rodrigo Albino Fontes e demais funcionários do Laticínio-escola da FUNARBE pela atenção, às colegas Ronise e Simone pela ajuda, ao Sindicato das Indústrias de Laticínios de Minas Gerais (SILEMG) pelo apoio, as indústrias de laticínios do estado pela participação, aos professores membros da banca de defesa de tese pelas sugestões, a todos os amigos e funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos DTA pelo dia-dia, aos autores citados nas referências bibliográficas e ao povo brasileiro que, por intermédio do CNPq, financiou este trabalho.

BIOGRAFIA

JOÃO FRANCISCO DE ALMEIDA JÚNIOR, filho de João Francisco de Almeida e Maria Perpétua Araújo Paiva Almeida, nasceu em Coronel Fabriciano, Minas Gerais, aos 9 de março de 1979.

Concluiu o pré-escolar em dezembro de 1985, na Escola Lúcia Casasanta, em Timóteo, Minas Gerais. Nos anos de 1994 e 1996 finalizou, respectivamente, os ensinos fundamental e médio no Colégio Dom Bosco, na mesma cidade.

Em março de 1997, ingressou no curso de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Durante o período de graduação participou de projetos e trabalhos de iniciação científica na área de elaboração e análise de perfis interativos de empreendimentos agroindustriais. Em maio de 2002, graduou-se Engenheiro de Alimentos.

Iniciou o curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos em abril de 2002, na mesma universidade, com projeto de pesquisa na área de desenvolvimento de sistemas gerenciais de apoio à decisão para a indústria de alimentos.

ÍNDICE

RESUMO ..... **VII**

ABSTRACT ..... **VIII**

APRESENTAÇÃO **1**

CAPÍTULO 1 ..... **3**

PRÁTICAS ATUAIS DE DETERMINAÇÃO DOS PLANOS DE PRODUÇÃO NAS INDÚSTRIAS DE LATICÍNIOS DE MINAS GERAIS 3

EXTRATO 3

1. INTRODUÇÃO 4

2. OBJETIVOS 8

3. METODOLOGIA 9

4. RESULTADOS 13

4.1 Perfil geral das empresas entrevistadas 13

4.2 Controle dos custos de produção 17

4.3 Programação da produção: informações gerais 19

4.4 Programação da produção: principais dificuldades e aspectos relevantes 21

4.5 Programação da produção: ferramentas de apoio e necessidades 25

4.6 Análise de relacionamento das variáveis estudadas 27

5. CONCLUSÕES 31

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO QUALITATIVO 36

ANEXO 2 – TABELAS DE CONTINGÊNCIA PERCENTUAL 39

CAPÍTULO 2 ..... **42**

USO DE MODELOS E FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DE APOIO À DECISÃO EM AMBIENTES GERENCIAIS: UMA BIBLIOGRAFIA ANOTADA 42

EXTRATO 42

1. INTRODUÇÃO 43

2. OBJETIVOS 47

3. METODOLOGIA 48
4. RESULTADOS 50
5. CONCLUSÕES 72
6. REFERÊNCIAS 73

CAPÍTULO 3 77

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM LATICÍNIOS 77
EXTRATO 77
1. INTRODUÇÃO 78
2. OBJETIVOS 81
3. METODOLOGIA 82
4. RESULTADOS 85
4.1 O Modelo 85
4.2 O Protótipo 90
4.3 Teste do protótipo 97
5. CONCLUSÕES 100
6. REFERÊNCIAS 102
ANEXO 1 104

COMENTÁRIOS FINAIS 106

RESUMO

ALMEIDA JÚNIOR, João Francisco de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2004. **Planejamento da Produção na Indústria de Laticínios: Práticas Atuais e Desenvolvimento de um Protótipo de Sistema de Apoio à Decisão**. Orientador: Carlos Arthur Barbosa da Silva. Conselheiros: Cláudio Furtado Soares e Aziz Galvão da Silva Júnior.

Principalmente desde o início dos anos 90, a acentuação do processo de globalização econômica, aliada às mudanças políticas estruturais na esfera nacional, gerou um novo ambiente competitivo que afetou fortemente todos os componentes da cadeia produtiva de leite brasileira. Nesse contexto, os laticínios de pequeno e médio porte, normalmente com grandes carências de pessoal e ferramentas gerenciais, têm sido negativamente afetados, e vêm gradualmente perdendo espaço para as maiores indústrias do setor. No sentido de contribuir com a análise dessa questão, o presente trabalho de tese objetivou o estudo de uma das atividades mais importantes no âmbito gerencial, o planejamento da produção, ainda pouco investigado e muitas vezes desprezado por gestores laticinistas. Num primeiro momento, foram identificadas as práticas e ferramentas gerenciais atualmente adotadas pelos laticínios na programação da produção, através da aplicação de um questionário em uma amostra de indústrias de Minas Gerais. O levantamento revelou que boa parcela delas não desfruta de métodos de apoio à programação da produção, definindo seus planos produtivos mais com base em aspectos subjetivos, como a experiência dos responsáveis, do que em aspectos objetivos como a margem de contribuição dos produtos. Posteriormente, foi feita uma revisão bibliográfica dos trabalhos realizados nos últimos anos sobre o uso de algumas técnicas de Pesquisa Operacional e Simulação no desenvolvimento de modelos e ferramentas de apoio à gerência. A revisão destacou uma base de métodos computacionais para a realização da etapa final do projeto de tese. Essa, por sua vez, consistiu na construção de um protótipo de sistema informatizado de apoio à definição do mix semanal de produção em laticínios, com interface amigável em planilha eletrônica e automatização de tarefas em código VBA. Usando um modelo básico de Programação Linear, o sistema foi testado a partir de dados reais de um laticínio mineiro de pequeno porte, mostrando-se como uma ferramenta de fácil uso e que certamente pode contribuir na melhoria do processo gerencial de planejamento da produção em laticínios.

ABSTRACT

ALMEIDA-JÚNIOR, João Francisco de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, April 2004. **Production Planning in Dairy Industry: Current Practices and a Decision Support System Prototype Development**. Adviser: Carlos Arthur Barbosa da Silva. Committee members: Cláudio Furtado Soares and Aziz Galvão da Silva Júnior.

Since the beginning of the nineties, all of the components of the Brazilian milk production chain have been suffering the impacts of the economic globalization process as well as of some national policies changes, both leading to a novel competitive environment. Usually lacking adequate personnel and managerial tools, the medium-sized and small dairy plants have been affected negatively by this environment as they can not compete with the largest companies of the sector. Knowing the importance of these facts for the economy of the country, the present thesis aimed to study production planning practices of milk processing plants of Minas Gerais State. Despite their great managerial importance, the activities related to production planning are still not properly investigated and, are often neglected by dairy managers. First, a questionnaire was applied to a sample of dairy plants of Minas Gerais State in order to identify production planning practices and managerial tools adopted by them. The research revealed that a large number of the dairies inquired do not use production planning support methods. These companies define their productive plans based more in subjective aspects, such as the manager's experience, than in objective ones such as product profits. The study also included a brief literature review of works developed in the last years related to the use of operational research and simulation techniques in the development of models and tools for management support. The revision pointed out a number of computer-based methods that aided the execution of the final stage of the thesis project, which involved the development of a prototype to support the product mix decisions. The system had a friendly interface, developed using VBA code for Microsoft® Excel. By means of a linear programming model, the prototype was tested with real data from a small dairy plant. The results showed that the model could be easily used to contribute to the improvement of production planning process in dairy industries.

APRESENTAÇÃO

O agronegócio do leite brasileiro sofreu e ainda vem sofrendo fortes mudanças na sua estrutura, oriundas principalmente do processo de globalização econômica e de decisões governamentais nos primeiros anos da década de 90, causando impacto direto nos participantes da cadeia produtiva, desde a produção no campo, passando pela industrialização e comercialização, e chegando até o consumo final nos lares de milhões de brasileiros.

Nesse contexto, as indústrias de laticínios, especialmente as de pequeno e médio porte, não têm mostrado um balanço muito positivo em meio às características do novo ambiente, marcado por maior exigência dos consumidores e da legislação, aumento da concorrência e da estabilidade econômica. De forma gradual e crescente, os laticínios e cooperativas de menor porte, muitas vezes reconhecidos pela adoção de práticas gerenciais atrasadas e de cunho familiar, vêm perdendo competitividade frente às grandes empresas do setor. Em razão disso, diversas autoridades, analistas, autores e trabalhos de pesquisa têm apontado que o uso de técnicas e ferramentas gerenciais em sintonia com a nova visão de competitividade são primordiais àquelas empresas que realmente almejarem manter-se em atividade.

Como forma de contribuir com o ramo industrial de laticínios do Brasil, e de Minas Gerais em particular, o presente trabalho de pesquisa teve foco em uma das mais importantes atividades no seu gerenciamento, o planejamento da produção, ainda pouco investigado em suas minúcias e carente por ferramentas específicas de apoio à decisão. Nessa linha, o corpo deste trabalho de tese foi dividido em três capítulos distintos, porém correlacionados.

O capítulo I apresenta um levantamento realizado junto às indústrias de laticínios do estado de Minas Gerais que visou, através da aplicação de questionários com os gerentes responsáveis pelo planejamento da produção, identificar e analisar as práticas e ferramentas de apoio atualmente adotadas

pelas empresas na elaboração dos planos de produção (focando especialmente os aspectos relativos à definição do mix de produtos), permitindo a constituição de uma base de informações gerenciais para o desenvolvimento de um protótipo computacional de suporte à decisão.

O embasamento para a construção e implementação efetiva do protótipo baseou-se em uma breve revisão dos trabalhos realizados nas últimas décadas sobre o uso de técnicas de programação linear, heurística e simulação no desenvolvimento de modelos e ferramentas computacionais em ambientes gerenciais (na área de alimentos e outros setores da economia). Os resultados dessa revisão, na forma de resumos devidamente classificados por área de aplicação, ano de publicação e tipo de modelagem adotada, são apresentados no capítulo II.

Finalmente, o capítulo III, seguindo as necessidades identificadas no levantamento com as empresas laticinistas e baseando-se na revisão dos métodos de modelagem e de implementação computacional, consistiu no desenvolvimento de um protótipo de sistema de apoio à decisão na definição semanal do mix de produção. Construído em planilha eletrônica com automatização de tarefas em código VBA de programação foi testado a partir de dados reais de um laticínio de pequeno porte da Zona da Mata mineira.

Capítulo 1

PRÁTICAS ATUAIS DE DETERMINAÇÃO DOS PLANOS DE PRODUÇÃO NAS INDÚSTRIAS DE LATICÍNIOS DE MINAS GERAIS

EXTRATO

As recentes transformações sofridas pelo setor de leite e derivados, especialmente no princípio dos anos 90, geraram um novo ambiente competitivo no qual as atividades gerenciais tornaram-se uma questão de sobrevivência para as indústrias de laticínios. Nesse contexto, a atividade de elaboração de planos de produção aparece como uma das mais essenciais, permitindo uma eficiente alocação dos recursos produtivos disponíveis. Como forma de atender às atuais necessidades do corrente ambiente competitivo, o presente trabalho procurou identificar e analisar as atuais práticas de definição de planos de produção nas indústrias do estado de Minas Gerais. Para isso procedeu-se, através de amostragem probabilística, a aplicação de um questionário qualitativo com gerentes de um amostra de empresas do setor. O tratamento das respostas baseou-se em análises de freqüência e de cruzamento de variáveis para conhecer com mais detalhes o recente estágio de aplicação das técnicas de programação da produção. Os resultados confirmaram um perfil industrial previamente conhecido, marcado por uma maioria de laticínios de baixo volume de recepção, pequena diversidade de produtos e que utilizam métodos tradicionais de apuração dos custos de produção. O levantamento revelou, em contrapartida, uma face ainda desconhecida, em que boa parcela das indústrias não desfruta de métodos e ferramentas de apoio à programação da produção, definindo seus planos produtivos mais com base em aspectos subjetivos, como na experiência dos responsáveis, do que em aspectos objetivos como a disponibilidade de mão-de-obra operacional e margem de contribuição dos produtos. A análise estatística expressou, a priori, não existirem grupos de laticínios com características semelhantes quanto a atividade gerencial estudada. Em conseqüência disso, devem o quanto antes, ser tomadas ações efetivas por parte dos gestores ligados ao ramo industrial de laticínios no sentido de agregar competitividade e de melhorar e incentivar o processo de elaboração de planos de produção.

1. INTRODUÇÃO

Constituindo parte fundamental da cadeia agroindustrial de alimentos brasileira, o setor de leite e derivados é reconhecido por desempenhar função econômica e social marcante. Segundo a FAO (2003), o Brasil é detentor do sexto maior volume de produção de leite de vaca do globo, com cerca de 22 bilhões de litros, respondendo por 5,8% do total mundial. Em adição, o país vem mostrando, nos últimos anos, uma evolução da produção consideravelmente superior à notada em outras regiões do mundo. Entre 1992 e 2002, por exemplo, enquanto o Brasil acumulou um crescimento em volume de 46,8%, a média da América do Norte foi de 9,3% e a Européia, que teve uma retração no período, foi de -2,8%. Vale ressaltar ainda que o valor da produção do setor é estimado, de acordo com o departamento técnico da FAEMG (2002), em 5,5 bilhões de reais no ramo de produção e 12,5 bilhões no ramo comercial.

No cunho social, a valia do setor fica ainda mais evidente. Além de possuir, dentre formais e informais, aproximadamente 1 milhão de produtores rurais espalhados por seu território (JANK & GALAN, 1999) e constituir a principal fonte de renda de centenas de milhares de famílias do campo, a cadeia produtiva do leite conta com um parque industrial de cerca de 10 mil empresas formais que geram quase 100 mil postos de trabalho (IBGE,2000).

No âmbito nacional pode ser destacado um Estado em especial. Com a maior fatia em volume de produção (29%) segundo EMBRAPA (2002), Minas Gerais é conhecido como o mais tradicional e importante na economia leiteira do país. O estado responde ainda por metade da produção nacional de queijos (ABIQ, 1998) e acumulou um avanço da sua produção superior a 30% em volume nos últimos dez anos.

Esse recente quadro é em grande parte resultado das alentadas transformações que ocorreram e vêm ocorrendo na estrutura da cadeia produtiva do leite. Notadamente, o processo de globalização da economia mundial em conjunto com o fim do tabelamento governamental de preços em

1991, a criação dos mercados comuns, especialmente do Mercosul, o advento do Plano Real em 1994 e a implementação de políticas de maior abertura às importações, fizeram com que o agronegócio brasileiro do leite ganhasse nova conformação e dinâmica quando comparada às décadas anteriores.

O maior equilíbrio da economia, marcado pelo controle inflacionário, o crescente aumento das exigências do consumidor, o fortalecimento da concorrência nos diferentes elos da cadeia, já que mercados antes meramente regionais tornaram-se agora nacionais ou até mundiais, a intensa ampliação da variedade de produtos de laticínios (nacionais e importados), a instalação do Programa Nacional de Qualidade do Leite (PNQL), que definiu novos parâmetros de qualidade do leite, o enorme impulso do leite longa vida, novo direcionador de preços, e a maior entrada de capital externo e de novas tecnologias, geraram um recente ambiente de competitividade, onde ações essenciais à sobrevivência de produtores, indústrias, distribuidores e varejistas devem ser tomadas. Tal contexto está sintetizado na Figura 1.

Dentro da gama de necessidades levantadas pelo esquema da Figura 1, o aprimoramento gerencial e o uso de ferramentas de apoio administrativo são certamente as mais evidentes para a maior parcela do setor de laticínios, em especial para as indústrias brasileiras. Como forma de justificar o argumento acima serão referenciados alguns resultados obtidos em análises anteriores.

No diagnóstico do setor laticinista mineiro feito pelo SEBRAE/MG em 1997, menos de 10% dos principais executivos dos laticínios possuíam formação técnica específica (técnicos e tecnólogos em laticínios e engenheiros de alimentos) na área de atuação. Além disso, menos da metade dos administradores tinha algum curso superior.

Em pesquisa realizada por CARVALHO & SILVA (1997) junto à indústria nacional de laticínios, apenas 60% das empresas do setor declararam efetivamente possuir sistemas para o controle de custos, sendo que 11% não o faziam periodicamente. Segundo levantamento realizado em laticínios do Estado de São Paulo e Paraná, apresentada em SCRAMIN & BATALHA (1998) o estágio de utilização de ferramentas de gestão de custos era

deficiente na maior parte das empresas do setor, principalmente entre as de pequeno porte. Essas empresas mostraram possuir dificuldades financeiras para a atualização tecnológica e para a aquisição de mão-de-obra especializada para atender suas necessidades gerenciais. Para CARVALHO & SILVA (1997) a falta de controle de custos na indústria de laticínios constitui uma barreira importante para a competitividade das empresas, particularmente em mercados de concorrência acirrada.

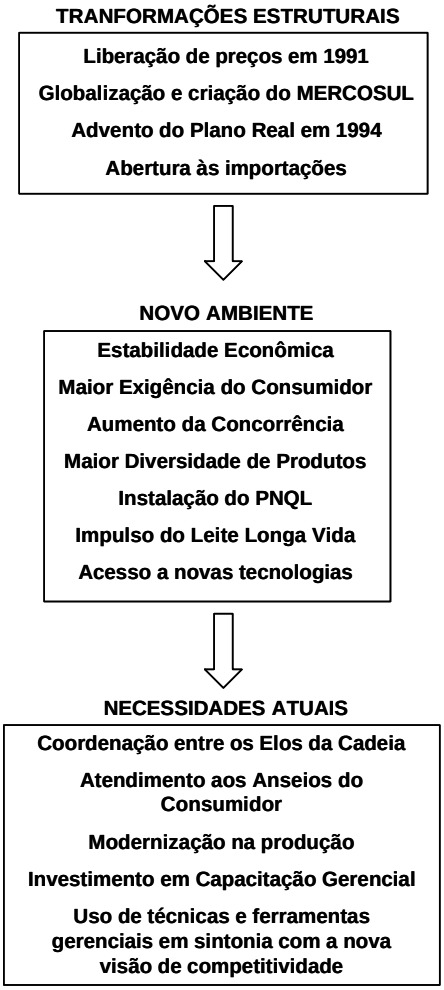

Figura 1 – Necessidades geradas pelo novo ambiente competitivo

Ainda segundo esses últimos autores, o principal obstáculo para a informatização nas indústrias de laticínios seria a falta de *softwares* específicos para o setor. Dentre as funções esperadas destacaram-se algumas, como a

análise da situação atual da empresa, geração de relatórios gerenciais, controle de processos, acompanhamento da logística, apuração de custos, cálculo de lucratividade, controle de estoques, planejamento da produção, entre outras.

Conseqüentemente, nesse panorama recente do setor de laticínios o desfrute e aplicação das ciências gerenciais, através de pessoal qualificado e ferramentas de apoio à decisão tornam-se vitais para a manutenção e evolução das indústrias de laticínios do país no mercado globalizado. Dentre as diversas funções e atividades gerenciais de uma empresa podemos destacar, além do controle dos custos, o planejamento e controle da produção no nível tático dos laticínios, essencial para a alocação ótima dos recursos produtivos disponíveis, minimizando perdas e incrementando lucros.

A partir dessa visão, algumas atividades gerenciais propostas por CORRÊA (1993), referenciadas por FILHO (1997) no capítulo 6 ("Planejamento e Controle da Produção) de BATALHA et al. (1997), podem ser plenamente aplicáveis para o setor de industrial de laticínios nacional. Dessa forma, algumas necessidades específicas nas tarefas que compõem a etapa global de controle e planejamento da produção são:

i. Programar necessidades futuras de capacidade do processo de produção, estruturando melhor a indústria para atender sua demanda mercadológica.
ii. Planejar a compra de insumos produtivos e matéria-prima, evitando problemas de continuidade no processamento dos produtos.
iii. Programar níveis adequados de estoques, tanto de matéria-prima e insumos quanto de produtos acabados e em elaboração, reduzindo custos de produção.
iv. Programar o mix de produção e as atividades de produção, para que haja eficiente alocação dos recursos produtivos e que as etapas do processo produtivo estejam sempre providas de mão-de-obra e materiais em hora e locais precisos.

Vale advertir que a implementação da atividade gerencial de planejamento da produção e de suas ferramentas de apoio não são tão triviais. Além de muitas vezes requererem tempo, mão-de-obra qualificada, conscientização e atuação de todos os componentes da fábrica, desde o setor operacional até a alta gerência, podem ser ainda necessários outros requisitos.

A elaboração de um plano de produção eficaz depende, além de um preciso e estabelecido controle de custos de produção, de uma boa estrutura de vendas e de informação do mercado consumidor. É ainda essencial um minucioso conhecimento do processo produtivo, desde as operações e recursos utilizados, até a ciência e tecnologia envolvidas em cada uma delas.

Portanto, a motivação para o presente trabalho, que objetiva avaliar as atuais práticas, métodos e ferramentas utilizadas nas indústrias de laticínios de Minas Gerais na determinação dos seus planos de produção, surge principalmente a partir dos supracitados argumentos.

Além desses fatores pode-se acrescer a grande carência de informações de pesquisas que avaliem com minúcia o processo de planejamento da produção na indústria de laticínios, diferentemente do que ocorre para o tema de controle de custos, fortemente estudado e disponibilizado na literatura. Tudo isso atua como barreira de desenvolvimento do ramo industrial, dificultando ações eficientes dos órgãos governamentais responsáveis, das instituições e associações correspondentes e até mesmo das próprias cooperativas e indústrias de laticínios.

2. OBJETIVOS

O trabalho pretende, através da aplicação de questionário qualitativo com gerentes de produção de indústrias de laticínios de diferentes portes do Estado de Minas Gerais, identificar e avaliar as atuais práticas adotadas na definição dos planos de produção, especialmente no que se refere ao planejamento do mix de produtos.

Especificamente pretendeu-se:

i. Identificar as principais características, variáveis e dificuldades envolvidas no processo de definição do mix de produção;
ii. Identificar as formas de apuração de custos e os atuais métodos e ferramentas de apoio adotadas para auxiliar na determinação dos planos de produção;
iii. Realizar análise estatística simples e de cruzamento de variáveis a fim de definir as de maior relevância no processo de programação da produção e as tendências de relacionamento entre elas.

3. METODOLOGIA

Os métodos utilizados na efetuação dos objetos do presente estudo foram divididos em 5 etapas básicas (não necessariamente nessa ordem):

i. Identificação do problema e das possibilidades de solução

A identificação da necessidade de investigar as atuais práticas adotadas pelas indústrias de laticínios surgiu basicamente de dois vértices: revisão bibliográfica prévia sobre a estrutura e carências do setor e contato com pesquisadores e profissionais especializados em industrialização de leite e derivados e em apoio decisório gerencial. Os possíveis métodos de solução foram igualmente levantados através de revisão de literatura, agora sobre metodologia de pesquisa. A opção pela aplicação de questionário qualitativo, por telefone, baseou-se principalmente na avaliação subjetiva da disponibilidade dos recursos de tempo e de capital, na qualidade de resposta, além dos efetivos resultados encontrados em trabalhos similares, caso do levantamento anterior de CARVALHO & SILVA (1997).

ii. Elaboração e pré-teste do questionário qualitativo

A estruturação do questionário (formulação de enunciados, tipo, ordem e número de questões, número de opções, dentre outros) usou como base os principais pontos e questões identificadas por meio de revisão de literatura sobre *surveys* amostrais (MALHOTRA, 2000), controle de custos (CARVALHO & SILVA, 1997) e planejamento da produção (FORNETTI & SILVA, 1988) na indústria de laticínios. Além disso, foram realizados debates informais com profissionais de indústrias de laticínios, técnicos e pesquisadores da área de tecnologia de alimentos, além de professores e especialistas nas áreas de apoio decisório e engenharia de produção. Finalizada a versão preliminar, o questionário foi reformulado a partir de um pré-teste, através da aplicação do mesmo com cinco (5) gerentes de produção de indústrias de laticínios.

iii. Definição da população a ser estudada

Nessa etapa a escolha preliminar das indústrias de Minas Gerais deu-se pela grande força econômica e representatividade do setor na esfera nacional além da maior facilidade de contato com as mesmas. A definição da população propriamente dita baseou-se no levantamento das principais listas (*frames*) disponibilizadas pelos órgãos e institutos ligados às indústrias de laticínios do estado. Optou-se pela lista de empresas associadas ao Sindicato das Indústrias de Laticínios de Minas Gerais (SILEMG), em razão de sua grande abrangência, com 239 indústrias espalhadas pelas diferentes regiões mineiras.

iv. Determinação do tamanho da amostra e aplicação dos questionários

Nessa parte do trabalho optou-se por uma amostragem probabilística simples. Os motivos foram: boa adequação das características da população estudada em relação a esse tipo de amostragem e impossibilidade de estratificação devido à falta de informações disponibilizadas para tal, na própria lista de empresas em estudo. Assim, a determinação do tamanho da amostra efetivou-se a partir das seguintes formulações estatísticas propostas em COCHRAN (1965):

a) $n_I = \frac{z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2}$, para determinar o tamanho da amostra para populações infinitas, onde:

n_I = tamanho inicial da amostra (populações infinitas).

z = valor da abscissa da distribuição normal para um dado nível de confiança.

e = nível de precisão desejado.

p = grau de variabilidade da amostra ou proporção em que determinada característica está presente na amostra.

b) $n_F = \frac{n_I}{1 + \frac{n_I}{N}}$ para correção do tamanho da amostra para uma população finita, onde:

n_F = tamanho final da amostra (população finita)

N = tamanho da população

Para a aplicação das fórmulas estatísticas considerou-se um nível de confiança de 95% e, consequentemente, um valor de z = 1,96. O erro amostral ou nível de precisão adotado na análise foi de 5%. Na estimação do grau de variabilidade (p), adotou-se a técnica de amostra-piloto, composta por 15% das unidades amostrais (percentual considerado de acordo com as disponibilidades de tempo e capital da

pesquisa). As entrevistas foram procedidas por telefone com os principais responsáveis de cada laticínio na etapa de programação da produção. Desse modo, foram aplicados aleatoriamente trinta e seis (36) questionários, cada um com 15 questões (múltipla escolha e semi-abertas). A aleatoriedade foi obtida através da geração de números aleatórios, com auxílio de planilha eletrônica (Microsoft Excel 2000). A partir dos resultados da amostra-piloto, o valor de p estimado correspondeu ao percentual binário (sim ou não) de respostas da questão 11 (ver Anexo 1). Tal questão refere-se à adoção, ou não, de métodos matemáticos específicos para auxiliar no processo de determinação dos planos de produção. Das trinta e seis empresas indagadas, somente uma declarou empregar método matemático típico para apoiar as decisões referentes ao processo de programação da produção. Portanto, o grau de variabilidade p da amostra usado no cálculo foi de 2,77% ou 0,0277. Como o tamanho da população, composta pelas empresas associadas ao SILEMG, era de 239, a amostra foi assim determinada:

i. Cálculo do tamanho da amostra para uma população infinita:

$$\mathbf{n_I} = \frac{z^2 \,.\, p \,.\, (1 - p)}{e^2} = (1{,}96)^2 . 0{,}0277 . (1 - 0{,}0277) / (0{,}05)^2 = \mathbf{41{,}3859}$$

ii. Correção para uma população finita:

$$\mathbf{n_F} = \frac{n_I}{1 + \frac{n_I}{N}} = 41{,}3859 / (1 + 41{,}3859/239) = \mathbf{35{,}2772}$$

Destarte, estatisticamente seria necessária a aplicação aleatória de no mínimo 36 questionários. Neste estudo, em especial, foram feitas 40 entrevistas aleatórias com gerentes de produção de indústrias de laticínios de diferentes portes do Estado de Minas Gerais.

v. Tabulação e análise dos dados

A tabulação e preparação dos dados para seguir as análises estatísticas foram feitas em planilha eletrônica (Microsoft Excel 2000). As estatísticas simples (freqüência de ocorrência das respostas das questões do questionário) foram também feitas na própria planilha eletrônica, utilizando funções estatísticas e matemáticas convencionais do programa. As tabelas de cruzamento das variáveis e o teste de qui-quadrado para independência de variáveis, descrito e exemplificado por MAFFIA (1970), foram feitas com auxílio do pacote estatístico SPSS for Windows, versão 11.5.

4. RESULTADOS

4.1 Perfil geral das empresas entrevistadas

O grupo de empresas entrevistadas foi indistintamente constituído por empresas particulares, com e sem Serviço de Inspeção Federal (SIF), por cooperativas regionais, centrais, dentre outras. No trabalho, as mesmas foram perfiladas seguindo quatro critérios: volume diário de recepção de matéria-prima (leite cru), número de total de funcionários operacionais, linhas de produtos e número de itens diferentes produzidos.

Para o critério de volume de leite cru recebido, nota-se, pela Figura 2, que a maior parte das empresas pesquisadas capta diariamente quantidades inferiores a 5.000 litros. Segundo o diagnóstico do SEBRAE/MG (1997), o volume médio diário de industrialização dos laticínios sem SIF do Estado (que correspondiam a mais de 80% do total de estabelecimentos) era inferior à 6.000 litros. Estendendo a análise, cumulativamente 65% das indústrias entrevistadas recebem volumes inferiores a 20.000 por dia de operação. Os argumentos novamente caracterizam, além de uma possível maior incidência

de empresas sem Serviço de Inspeção Federal, uma menor ocorrência de fábricas de grande porte no grupo estudado.

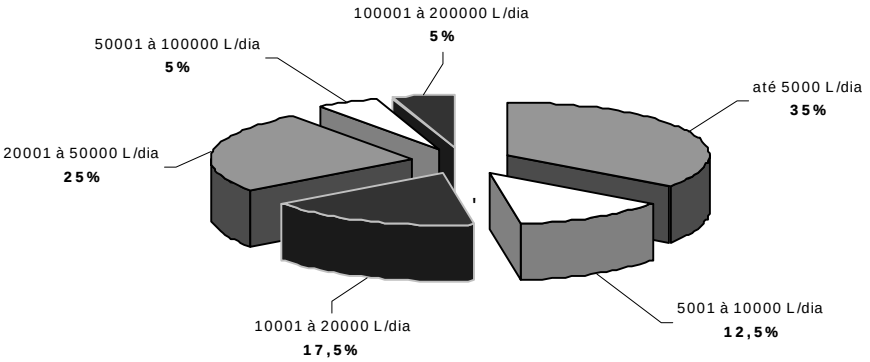

Figura 2 – Perfil das Empresas de acordo com Volume Diário de Recepção.

A Figura 3, que retrata a disponibilidade de mão-de-obra operacional das empresas, mostra uma tendência similar. Em 60% dos laticínios consultados tal disponibilidade é de até 20 funcionários no setor produtivo. Segundo a classificação do SEBRAE, indústrias com total de funcionários (administração e produção) inferior a 99 são consideradas micro ou pequenas empresas. Unindo tal classificação aos dados apresentados no diagnóstico da industria de laticínios mineira, feito pelo SEBRAE/MG em 1997, que afirma que entre 70 e 79% do total de funcionários dos laticínios do estado atua na área produtiva, pode-se novamente verificar um perfil majoritário de micro e pequenos laticínios no levantamento.

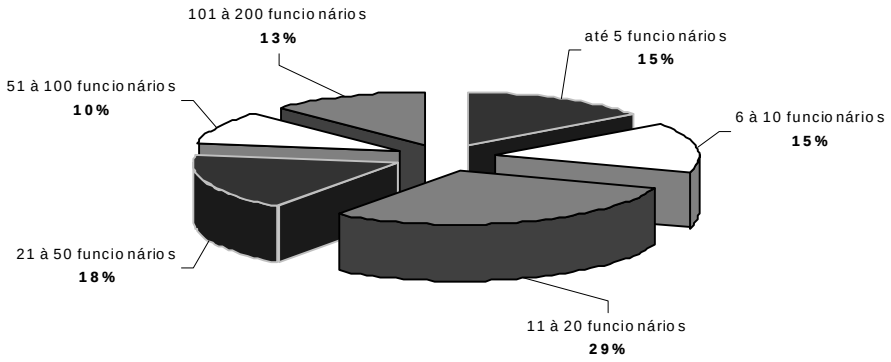

Figura 3 – Perfil das Empresas de acordo com a oferta de mão-de-obra operacional.

Com relação às linhas de produtos produzidos, apresentadas na Figura 4, a forte incidência (82,5%) de laticínios mineiros que produzem algum tipo de queijo vem de encontro aos dados da Associação Brasileira das Indústrias de Queijo (1998), nos quais o Estado de Minas Gerais aparece como o grande produtor nacional de queijos, com cerca da 50% do total produzido no país. Essa tendência pode ser em geral explicada pela falta de estrutura tecnológica e administrativa desses estabelecimentos (impossibilitando a produção e desenvolvimento de outros produtos), além da maior facilidade de comercialização desse derivado (suas características físico-químicas e microbiológicas permitem maior tempo de vida útil comparado a outros derivados, reduzindo perdas).

A manteiga e o requeijão são derivados também bastante freqüentes nas linhas de produtos dos laticínios em estudo, abrangendo mais da metade fábricas, como mostra a Figura 4. O aproveitamento do subproduto creme de leite gerado a partir da produção de outros produtos e as boas margens de lucro fornecidas, são motivos plausíveis para tal fato.

Ainda na Figura 4, deve-se chamar a atenção para o modesto percentual (10%) de empresas que produzem leite esterilizado (“longa vida”). Apesar de atualmente esse derivado ter uma grande participação em volume processado, constituindo o principal balizador de preços do mercado nacional, sua industrialização requer instalações de significante investimento e pessoal qualificado, dificultando sua maior disseminação no setor de leite e derivados.

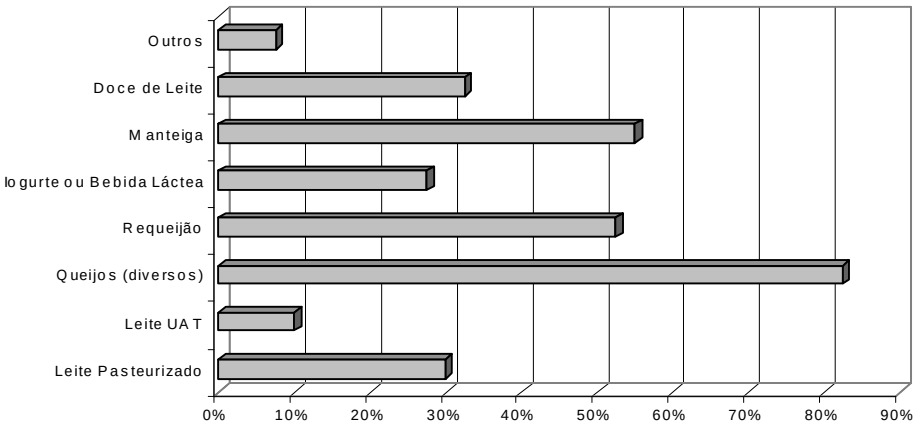

Figura 4 – Perfil das Empresas de acordo com as linhas de produtos dos laticínios.

O gráfico seguinte (Figura 5) esboça o perfil dos laticínios do presente levantamento em relação ao número de itens produzidos (produtos diferentes quanto ao conteúdo e peso líquido da embalagem). Nota-se claramente que apenas uma pequena parcela das empresas (20%), tem um mix total de produtos superior a vinte (20) itens. Apesar de não terem sido encontrados dados ou trabalhos na literatura que tenham abordado essa questão para a indústria de laticínios em especial, sabe-se que o número de diferentes produtos fabricados (mix de produção) está intimamente ligado à estrutura tecnológica e gerencial dos laticínios. Empresas líderes do setor, reconhecidas por seu alto padrão tecnológico e administrativo, caso da Itambé, Nestlé e Danone, possuem uma diversidade de produtos derivados do leite muito

superior a 20 itens, atendendo mais eficientemente aos diferentes nichos de mercado.

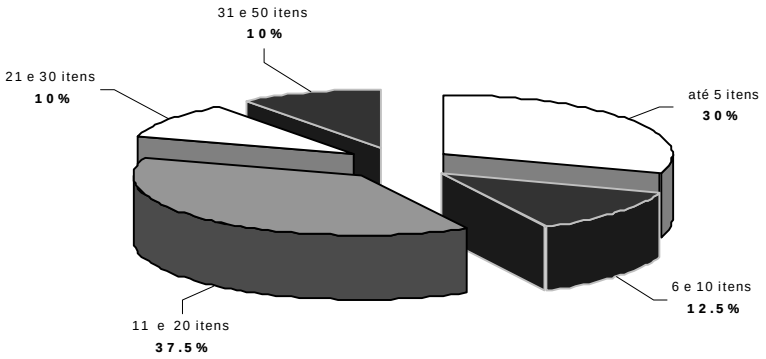

Figura 5 – Perfil das Empresas de acordo com o número de produtos.

4.2 Controle dos custos de produção

No presente levantamento as empresas foram brevemente indagadas sobre aspectos relativos ao controle e apuração dos custos, principalmente em razão da estreita relação que tem esse ponto com o processo de programação da produção.

Dos quarenta laticínios investigados, apenas nove (9) declararam não realizar nenhum tipo de controle de custos. Consequentemente, 77,5% das empresas alegaram realizar algum tipo de controle dos custos de produção.

Com relação aos métodos adotados por tais empresas, podem ser destacados os cálculos através dos custos diretos de produção e por centro de custo, como retratado na Figura 6. A alocação dos custos em função da proporção dos custos diretos de cada produto, assim como no método tradicional por volume de matéria-prima utilizada, pode levar à perda de precisão na determinação dos custos unitários, caso efetivamente não haja

relação de proporcionalidade com os custos indiretos de produção. Tal fato pode ainda ser acentuado se a razão entre os custos indiretos e diretos, nessa ordem, for significativamente grande (FIGUEREDO, 1997). Para o caso do método por centro de custo, os erros relativos à alocação dos gastos são diminuídos quando comparados à alocação tradicional. Isso ocorre porque a apuração é feita isoladamente para cada setor, departamento ou linha de produtos da fábrica com operações que possuem certas similaridades, sendo rateados somente os custos gerais a todos os produtos produzidos.

A alocação por custo-padrão, feita através do uso de coeficientes técnicos de produção (como a quantidade de leite cru ou de embalagem necessária para produzir uma unidade de um determinado produto), é mais adequado em empresas com atividades padronizadas (FIGUEREDO, 1997). Normalmente quando implementado corretamente permite o alcance de boas estimativas, uma vez que o custo unitário composto não é função de um único índice, como ocorre nos métodos tradicionais. Como notado pela Figura 6, esse método tem a adoção em uma restrita parcela dos laticínios investigados.

Apesar de ser o mais recomendado na maioria dos casos e possuir maior precisão quando comparado aos demais métodos, o “custeio ABC” foi o menos freqüente nas empresas estudadas (Figura 6). Nesse sistema os custos indiretos totais são distribuídos em função do dispêndio das operações específicas (atividades) à produção de cada um dos produtos, permitindo uma eficiente alocação dos mesmos (FIGUEREDO, 1997).

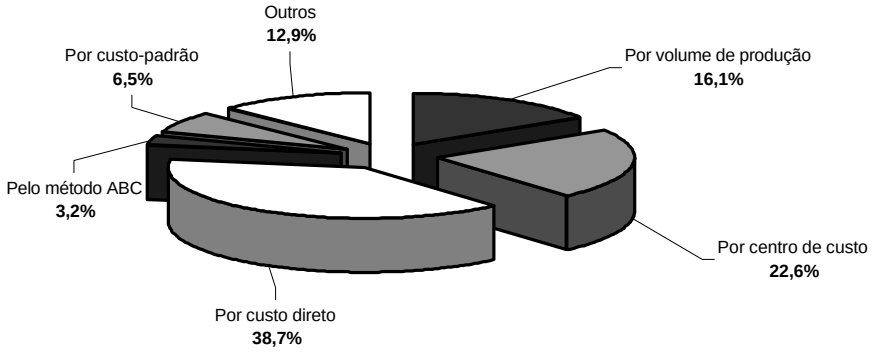

Figura 6 – Métodos de apuração de custos usados pelas empresas.

Pela figura acima verifica-se que grande parcela dos laticínios do Estado ainda adotam métodos tradicionais de custeio (por volume e custo direto), apesar das limitações inerentes ao uso destes. Paradoxalmente a confiança no atual método de apuração foi considerada alta para mais de dois terços (67,7%) dos laticínios e média para os demais (32,3%). Nenhum laticínio declarou ter baixa ou nenhuma confiança no método adotado.

4.3 Programação da produção: informações gerais

Nesse item começam a ser apresentados e discutidos os pontos mais relevantes do presente estudo. Se faz, quem faz, como faz e quando faz são algumas das questões levantadas para iniciar a investigação sobre o processo de programação da produção atualmente feito pelos laticínios do Estado de Minas Gerais.

No levantamento realizado, 82,5% das empresas declararam realizar freqüentemente, de forma prévia e formal, um plano dos produtos (e de suas quantidades) a serem produzidos. Dentre os principais motivos apontados pelos demais laticínios por não fazer programação da produção incluem-se a

pequena quantidade de produtos (menor que 3 itens diferentes), a invariabilidade da produção ao longo do tempo, o giro rápido dos produtos produzidos ou que a empresa estava organizando-se para implantar o processo de programação.

Com relação ao principal funcionário responsável por efetuar o plano de produção destacam-se os cargos de gerente de produção, com 42,4% das empresas e de supervisor e técnico de produção, ambos com 12,1%. Foram também citadas as funções de vendedor (6,1%), diretor administrativo (6,1%) e outras (21,2%) como proprietário, queijeiro-chefe e operador (funcionário com 20 anos de experiência). Vale lembrar que os percentuais acima se referem ao total de laticínios que alegaram fazer a programação da produção.

A Figura 7 retrata, também para o mesmo total, a freqüência (ou período-base) com que as indústrias de laticínios mineiras elaboram seus programas de produção. Nota-se o destaque absoluto dos períodos-base mais curtos, diário e semanal, que juntos respondem por mais de 80% das empresas. Essa resposta reflete, de certa maneira, a instabilidade do ambiente em que se insere o setor industrial de laticínios, marcado pela freqüente variabilidade nos âmbitos produtivo (inconstância de fornecimento de matéria-prima, insumos e outros recursos, em volume e qualidade) e econômico (forte sujeição às mudanças de mercado). Outros períodos citados foram: mensal e semestral (outros).

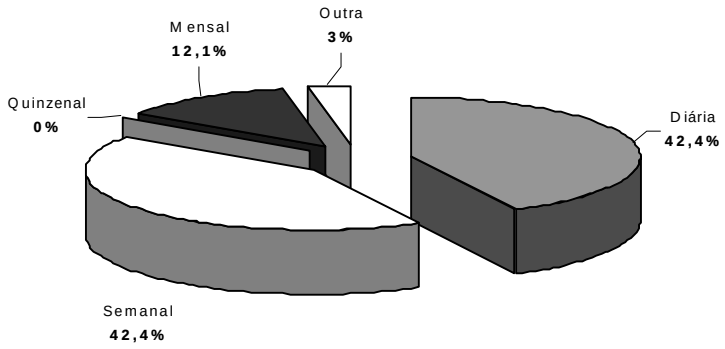

Figura 7 – Freqüência de realização da programação da produção

4.4 Programação da produção: principais dificuldades e aspectos relevantes

A programação da produção é um processo complexo, constituído por uma série de atividades operacionais, financeiras e humanas de vasta importância na gerência de ambientes produtivos. Nesse ponto do presente trabalho, onde todos os percentuais referem-se ao total de empresas que elaboram planos de produção, serão apresentadas as respostas que correspondem aos fatores intrínsecos presentes no processo decisório de programação da produção dos laticínios inquiridos, com foco especial nos aspectos referentes à definição do mix de produção.

Dentro do processo global de programação da produção as principais dificuldades apontadas foram: planejar a compra de materiais (24,2%), incluindo aquisição de matéria-prima e outros insumos, definir o mix de produção propriamente dito (15,2%), planejar vendas (12,1%) e controlar os níveis de estoques de produtos acabados (9,1%). Nenhum dos laticínios entrevistados referiu-se a problemas proeminentes na definição da ordem (seqüência) de produção e na elaboração de cronogramas de mão-de-obra.

Apesar disso, o fator culminante nesse ponto do levantamento está na resposta de quase 40% das empresas, que assumiram não haver dificuldades relevantes em nenhuma etapa relativa ao processo de programação da produção.

As empresas foram posteriormente indagadas sobre aspectos referentes a variação dos níveis de produção (mix de produtos) no decorrer do tempo. Mais da metade (54,5%) declarou que há forte variação dos produtos (e das respectivas quantidades) manufaturados ao longo do ano, fato que de certo modo acentua a importância de se programar previamente a produção. Os demais laticínios alegaram haver pouca (36,4%) ou nenhuma (9,1%) alteração sazonal do mix de produção.

Aprofundando no processo de programação da produção dos laticínios do Estado, foram identificadas as principais informações (e seus níveis de importância) que atualmente influenciam o processo de tomada de decisão dos gerentes laticinistas.

Para isso, foram previamente listados sete grupos de informações que poderiam ter relação direta com a definição dos planos de produção nos laticínios. São eles: volume de pedidos e encomendas de clientes, disponibilidade de matéria-prima, capacidade operacional dos equipamentos e máquinas, disponibilidade de mão-de-obra operacional (homens-hora), margem de contribuição dos produtos, históricos de produção (mixes anteriores) e experiência do funcionário responsável pela programação da produção. Os entrevistados classificaram subjetivamente, de acordo com o grau de importância (nenhuma, pouca, razoável e muita), cada um desses grupos de informações (Ver questão 10 do Anexo 1).

Como pode ser visualizado na Figura 8, os grupos de informações mais freqüentemente classificados como de “nenhuma” importância no processo de programação da produção foram a capacidade dos equipamentos, a disponibilidade de mão-de-obra e a margem de contribuição, todos com quase 40% das respostas.

As respostas classificadas como de “pouca” e “razoável” ocorreram em menor magnitude quando comparadas as outras duas (“nenhuma” e “muita”). Destacam-se aqui a disponibilidade de mão-de-obra, com mais de 20% das respostas para “pouca” importância, e a margem de contribuição, com quase 30% das empresas classificando essa informação como de “razoável” importância.

Na classificação “muita” importância destacam-se aquelas informações mais freqüentes, tais como experiência do funcionário responsável pela programação, pedidos e encomendas de clientes e oferta de matéria-prima. Em contrapartida as menos citadas nessa classe foram os grupos relativos à capacidade dos equipamentos, oferta de mão-de-obra e margem de contribuição dos produtos.

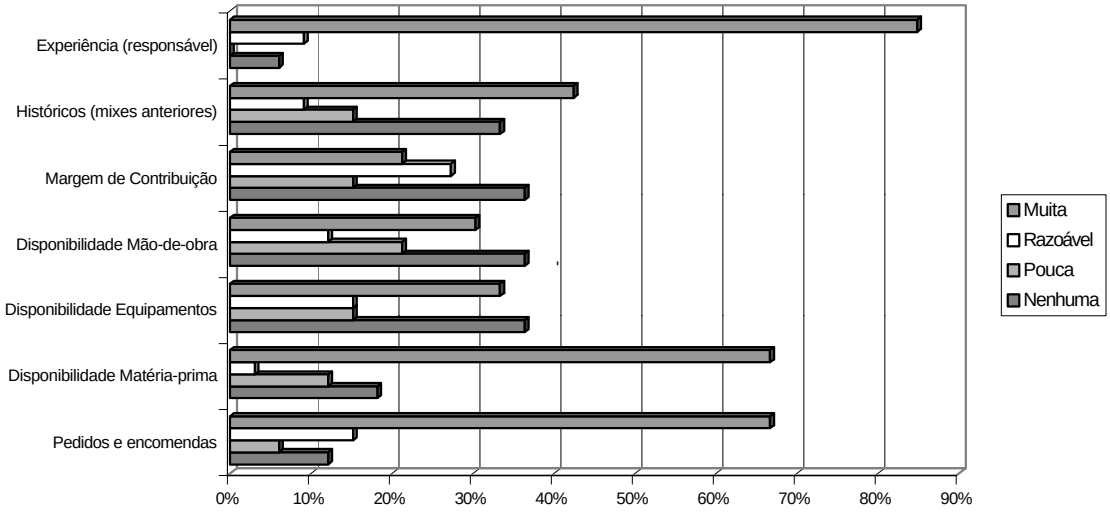

Figura 8 – Freqüência das classificações (muita, razoável, pouca e nenhuma importância) para os grupos de informações.

Ainda em relação aos grupos de informações relevantes na programação, foi elaborado um “ranking” de importância de acordo com o valor da moda

(valor mais freqüente) e da média aritmética de cada um. Para isso foram adotados os seguintes escores ou notas: 1 (nenhuma), 2 (pouca), 3 (razoável) e 4 (muita). A Tabela 1 mostra tal análise.

Tabela 1 – Ranking da importância das informações de acordo com a moda e média dos escores adotados.

Item	Grupo de Informação	Moda	Média
1	Experiência (Responsável)	4	3.73
2	Pedidos e encomendas	4	3.36
3	Disponibilidade Matéria-prima	4	3.18
4	Históricos (mixes anteriores)	4	2.61
5	Disponibilidade Equipamentos	1	2.45
6	Disponibilidade Mão-de-obra (Operacional)	1	2.36
7	Margem de Contribuição dos Produtos	1	2.33

Como se pode notar, quatro grupos obtiveram moda igual a 4, ou seja, tais informações foram mais freqüentemente classificadas como de “muita importância”. Os outros três, inversamente, ocorreram mais vezes com a classificação “nenhuma importância”. Sendo assim, usou-se o valor da média como critério de desempate para formar o ranking (Tabela 1). Novamente os grupos de informações teoricamente mais relevantes são a experiência do responsável, os pedidos e encomendas e a disponibilidade de leite cru, e os menos a disponibilidade dos equipamentos e mão-de-obra e a margem de contribuição dos produtos.

Apesar disso, informações como históricos de produções anteriores, capacidades operacionais dos equipamentos e margem de contribuição dos produtos, apesar de ocorrerem com boa freqüência (entre 30 e 40%) na classe “nenhuma”, mais da metade das empresas consideram-nas de “razoável” a “muita” importância.

É importante também ressalvar que outros grupos de informações, como níveis de estoques e disponibilidade de insumos, foram também citados por algumas empresas como muito relevantes na definição dos planos de produção.

4.5 Programação da produção: ferramentas de apoio e necessidades

Finalizando o levantamento, os laticínios que alegaram efetuar programação foram averiguados com relação às ferramentas atualmente empregadas para auxiliar no processo de programação da produção e questionados sobre quais as medidas necessárias para facilitar tal processo. Além disso, os entrevistados foram indagados sobre a confiança depositada em um programa de computador específico para assisti-los na elaboração dos planos de produção.

As respostas relativas aos instrumentos de apoio reforçam a percepção sobre o atraso gerencial e tecnológico do setor de laticínios brasileiro e mineiro em particular. A quase totalidade dos laticínios (97%) declarou não utilizar nenhum método matemático específico (sistemas de equações, programação linear ou não-linear, simulação, modelos estatísticos de previsão, etc.) para auxiliar na definição dos programas de produção. Em relação ao uso de softwares de apoio a esta atividade gerencial, 63,6% dos entrevistados alegaram não usar nenhum programa. Os demais declararam usar planilhas eletrônicas ou outros programas (sistemas próprios e software *Quanto*[1]), como pode ser visto na Figura 12.

[1] O Quanto é um software de apuração e acompanhamento de custos de indústrias laticinistas desenvolvido pelo Centro de Excelência em Laticínios em parceria com a Universidade Federal de Viçosa.

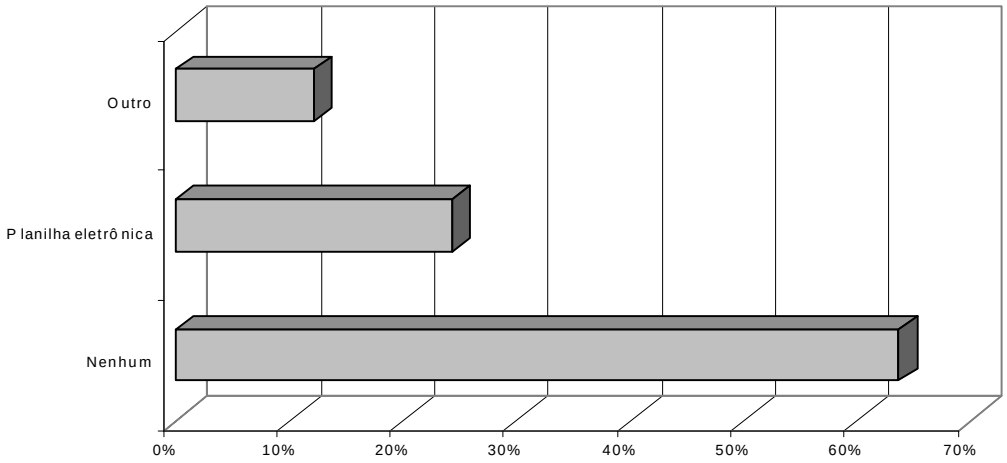

Figura 12 – Uso de software para ajudar na programação da produção

Para quase metade das empresas (48,5%) não é necessária nenhuma medida ou ação para facilitar (ou melhorar) a programação da produção (Figura 13). Muitas dessas empresas alegaram motivos como já ter um programa de produção estabelecido, ou que esse processo gerencial é trivial, sem grande relevância. Termos teóricos gerais, como descrito em FIGUEREDO (1997) e exemplos práticos da literatura, como em SULLIVAN e SECREST (1985), não atestam essa visão e argumentam sobre a não-trivialidade e a grande vantagem competitiva de um efetivo plano da produção nos ambientes produtivos e de laticínios em especial. Em contrapartida, como mostrado na Figura 13, boa parcela das indústrias de laticínios do estado assume e vislumbra possibilidades de aperfeiçoar essa ação gerencial. Um terço dos laticínios entendem que a adoção de um programa de computador específico poderia dinamizar e aprimorar a elaboração da programação da produção. Outras medidas apontadas foram: treinamento do funcionário responsável pela programação (12,1%), contratação de profissional especialista na área (3,0%) e outras medidas (6,1%).

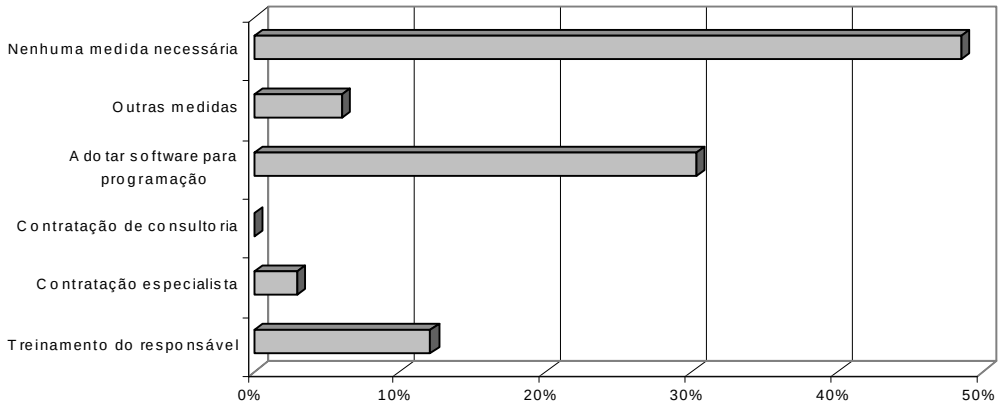

Figura 13 – Medidas apontadas para melhoria da programação da produção.

Por fim, quase 60% das empresas inquiridas declararam depositar de razoável a muita confiança em um programa computadorizado desenvolvido especificamente para auxiliá-las na definição dos seus planos de produção. Para as demais (42,2%) há pouco ou nenhum crédito nesse tipo de ferramenta de apoio.

Esse ponto do levantamento retrata, em parte, o atual estágio gerencial que se encontra o ramo industrial de laticínios de Minas Gerais, com um reduzido emprego de técnicas e ferramentas básicas para auxiliar o controle da produção, além da notada falta de visão administrativa e competitiva por boa parcela dos gerentes.

4.6 Análise de relacionamento das variáveis estudadas

A fim de identificar com maior nível de detalhe as características e peculiaridades inerentes aos laticínios mineiros dentro do processo de elaboração de planos de produção, a parte final desse levantamento procurou

averiguar se há relação (ou não) entre as variáveis (caracteres) estudadas nos itens anteriores. As respostas dessa análise permitirão extrair conclusões mais precisas, permitindo sugerir aos gestores do setor de laticínios (governo estadual, sindicatos, institutos relacionados e as próprias empresas) ações mais pontuais no sentido de incentivar e aprimorar essa atividade gerencial tão importante na estratégia competitiva dessas empresas.

O exame de relacionamento foi feito através do cruzamento de variáveis (usando tabelas de contingência percentual) e da aplicação do teste de qui-quadrado para independência, que atesta estatisticamente a existência probabilística, ou não, de associação (interação) entre duas variáveis no sistema de dados estudado. Para isso foram escolhidas, em função de suas representatividades, duas variáveis-chave para concretizar essa análise. Optou-se por usar o volume de recepção e número de itens diferentes produzidos como base para a investigação. O parâmetro-chave "volume de recepção" foi cruzado com oito grupos de variáveis (apuração de custos, realização da programação, freqüência da programação, importância dos pedidos de clientes, da oferta de matéria-prima e mão-de-obra da capacidade dos equipamentos e uso de software na programação). O parâmetro "quantidade de itens" foi cruzado com cinco variáveis (apuração de custos, realização da programação, freqüência da programação, alteração do mix e uso de software na programação).

As tabelas de contingência percentual (Anexo 2) mostram algumas tendências aparentes de interação. A análise de cruzamento mostra, de modo geral, que quanto maior o volume de recepção do laticínio (porte da empresa) mais freqüente é a apuração dos custos, a realização da programação da produção e a adoção de softwares (como planilhas eletrônicas) para ajudar na programação. Além disso, as indústrias de maior porte (acima de 30000 L/dia) aparentam dar maior importância, para efetuar a programação, às informações de volume de leite cru disponível, capacidade dos equipamentos e disponibilidade de mão-de-obra operacional, quando comparadas às de menor porte. Não foi detectada, em princípio, relação entre o volume de leite recebido

e a freqüência (diária, semanal, mensal, etc.) de realização dos programas de produção.

As tabelas de contingência elaboradas para o cruzamento com o número de itens fabricados mostram que as empresas com maior diversidade de produtos tendem mais a fazer o controle dos custos e a programação da produção. Para outras variáveis, como freqüência da programação, alteração sazonal do mix de produção e uso de programa específico, não há associação aparente.

Os resultados do teste de qui-quadrado, aplicado a um nível de significância de 1%, avaliaram as seguintes hipóteses:

i. Hipótese de nulidade (H_0) = variáveis são independentes

ii. Hipótese alternativa (H_a) = variáveis não são independentes

O teste preconiza que se o valor calculado do *pearson* de qui-quadrado (χ^2_o) for menor que o valor tabelado a 1% ($\chi^2_{0,01}$), não se rejeita H_0, ou seja, as variáveis estudadas não são dependentes do ponto de vista estatístico, nesse nível de significância. A Tabela 1 apresenta os resultados do teste de qui-quadrado para a independência, para todas as variáveis estudadas.

Tabela 1 – Resultados do teste de qui-quadrado para a independência

Item	Volume de recepção de leite versus	c^2_o	Graus de liberdade	$c^2_{0,01}$
1	Apuração dos custos de produção	2,131	2	9,21
2	Realização de programação da produção	3,148	2	9,21
3	Freqüência da programação da produção	9,322	6	16,81
4	Importância dos pedidos dos clientes	2,086	6	16,81
5	Importância da disponibilidade de matéria-prima	8,300	6	16,81
6	Importância da capacidade dos equipamentos	9,215	6	16,81
7	Importância da disponibilidade de mão-de-obra	3,978	6	16,81
8	Uso de software na programação da produção	6,058	4	13,28
Item	**Número de itens produzidos versus**	c^2_o	**Graus de liberdade**	$c^2_{0,01}$
9	Apuração dos custos de produção	4,062	4	13,28
10	Realização de programação da produção	1,674	4	13,28
11	Freqüência da programação da produção	15,133	12	26,22
12	Alteração sazonal do mix de produção	5,347	8	20,09
13	Uso de software na programação da produção	16,604	8	20,09

Como pode ser notado na tabela acima, não há motivos para rejeição da hipótese de nulidade (H_0) já que em todos os cruzamentos avaliados $\chi^2_{0,01}>\chi^2_o$.

Portanto, pelo teste de qui-quadrado para a independência ao nível de significância de 1%, não há associação entre o volume de recepção de leite com as variáveis estudadas. Da mesma forma, isto ocorre com o número de itens fabricados.

Esses resultados revelam que o porte da empresa, medido pelo volume de leite recebido diariamente, assim como a diversidade de produtos, avaliada pelo número de itens diferentes produzidos, não possuem, por exemplo, relação com o fato da empresa fazer ou não a programação da produção. Portanto, diferentemente do notado através da avaliação aparente das tabelas de contingência percentual, não é estatisticamente apropriado afirmar que essa atividade gerencial será mais freqüente quanto maior for a recepção diária de matéria-prima dos laticínios, ou vice-versa. Tal analogia vale para os demais pares de variáveis estudadas.

5. CONCLUSÕES

O levantamento realizado no ramo industrial de laticínios do Estado de Minas Gerais confirmou alguns aspectos e características previamente conhecidas e revelou novas peculiaridades não avaliadas até então.

Antes de entrar no mérito dessa questão, é importante expor algumas dificuldades inerentes ao presente estudo, válidas para alertar pesquisas futuras correlacionadas. Mesmo com a enorme importância e representatividade nos âmbitos social e econômico do país, há ainda uma forte carência de dados, informações e estatísticas básicas atualizadas sobre o setor de laticínios que permitam alimentar requerimentos mínimos na condução de pesquisas e trabalhos sobre o mesmo. No caso deste trabalho em particular foi registrado, além da reduzida disponibilidade de listas das empresas de laticínios do Estado, um bom número de informações incompletas e desatualizadas sobre essas empresas.

Adicionalmente, a condução das entrevistas com os gerentes e técnicos laticinistas revelou, em geral, a grande dificuldade de comunicação com os mesmos. Pela aparente falta de qualificação profissional e administrativa, notou-se clara dificuldade destes em explanar e discutir as minúcias do processo de programação da produção colocadas em questão nesse levantamento. Algumas respostas obtidas no estudo, de certa maneira, confirmam o supracitado argumento.

O levantamento mostrou, além de um predomínio de micro e pequenas empresas, um perfil de laticínio de baixo volume de recepção de matéria-prima, pequena diversidade de produtos (marcados muitas vezes pela fabricação de produtos menos elaborados) e com uso de métodos tradicionais de apuração dos custos de produção. Vale ressaltar que esse predomínio é, em parte, resultado da impossibilidade de estratificação (por porte da empresa) da amostra de laticínios investigada.

Como um dos reflexos desse carente ambiente gerencial, a avaliação do atual estágio do processo de programação da produção nos laticínios do

Estado mostrou dados preocupantes. Boa parcela das indústrias definem seus planos de produção com base mais em aspectos subjetivos, como na experiência (“feeling”) adquirida pelos responsáveis pela programação, do que em aspectos objetivos como capacidade dos equipamentos, disponibilidade de mão-de-obra operacional e margem de contribuição dos produtos. Mais agravante ainda está no que se refere às ferramentas de apoio. Apenas um reduzido número de laticínios desfruta das ciências gerenciais e dos instrumentos de informática para melhorar a qualidade das decisões com relação aos programas de produção.

Tais fatos fazem com que, plausivelmente, os laticínios trabalhem com mixes de produtos distantes do padrão ótimo, deixando de incrementar suas receitas ou minimizar perdas pela visualização de potenciais carências e ociosidades no processo produtivo. A baixa competitividade de mercado dos pequenos e micro laticínios poderá ser vista, no médio e longo prazo, como conseqüência disso.

Apesar das tabelas de contingência percentual mostrarem aparente interação entre algumas características, a análise de relacionamento das variáveis, através do teste estatístico de qui-quadrado para a independência, não desvendou associação entre o tamanho dos laticínios e sua diversidade de produtos com outros fatores que influenciam a programação da produção. Isso revela, a priori, que não se pode distinguir claramente a existência de grupos de laticínios com características semelhantes quanto a essa atividade gerencial. Deste modo, as ações por parte dos governos federal e estadual, sindicatos e institutos de apoio ao ramo industrial de laticínios, no sentido de melhorar e incentivar o processo de elaboração de planos de produção, não se devem ater a grupos isolados de empresas.

Espera-se que o presente trabalho sirva de alerta aos gestores e participantes do ramo industrial de laticínios na tomada de ações. Sugere-se aqui, por parte o governo de Minas Gerais em especial, que haja maior direcionamento de recursos financeiros específicos para atender as necessidades das indústria de laticínios por maior capacitação gerencial do

pessoal produtivo e gerencial e acesso a tecnologias ligadas à informática. Tais ações poderiam ser intermediadas por órgãos e escolas de formação gerencial do Estado e divulgadas através das federações e sindicatos ligados às indústrias de laticínios de Minas Gerais.

6. REFERÊNCIAS

ABIQ – **Associação Brasileira das Indústrias de Queijo**. Disponível em: www.abiq.com.br . Acesso em: 23 out. 2003

CARVALHO, A.J.R. & SILVA, C.A.B**. Sistema Informatizado Aplicado à Análise dos Custos de Produção na Indústria de Laticínios**. Universidade Federal de Viçosa, Tese. Viçosa, 1997 110p.

COCHRAN, W.G. **Técnicas de Amostragem**. Rio de Janeiro: USAID, 1965. 555 p.

CORRÊA, H. L.& GIANESI, I.G.N. **Just in Time, MRPII e OPT: um Enfoque Estratégico**. Editora Atlas, São Paulo, 1993.

EMBRAPA **- EMBRAPA Gado de Leite**. Disponível em: http://www.cnpgl.embrapa.br/producao/dados2002/producao/tabela0240.php Acesso em: 12 jun. 2003

FAEMG - Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. **Pecuária de Leite: Perfil da Atividade**. Departamento Técnico. 2003 5p. Disponível em: www.faemg.org.br/ Acesso em: 10 fev. 2004

FAO - **Food and Agriculture Organization**. Disponível em: http://www.fao.org/docrep/006/J0858e/j0858e11.htm Acesso em: 10 jan. 2004.

FIGUEREDO, R.S. **Sistemas de Apuração de Custos**. In: BATALHA, M.O. et al. Gestão Agroindustrial. Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais : Editora Atlas, v.1, p.349-435, São Paulo, 1997

FILHO, P.S. **Planejamento e Controle da Produção**. In: BATALHA, M.O. et al. Gestão Agroindustrial. Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais : Editora Atlas, v.1, p.263-345, São Paulo, 1997

IBGE (2000) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo8.asp?z=t&o=2 Acesso em: 25 mar. 2003

JANK, M.S. & GALAN, V. Competitividade do Sistema Agroindustrial do Leite no Brasil. In: JANK, M.S., FARINA, E.M.Q., GALAN, V.B. *O Agribusiness do Leite no Brasil* : **Revista MilkBizz** (p.41-104) São Paulo, 1999.

MAFFIA, L. **Distribuições Estatísticas**. Imprensa Universitária. Viçosa, 1970 174p.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing – Uma Orientação Aplicada**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 720p.

SCRAMIN, F.C.L. & BATALHA, M.O. Sistemas de Custeio para Firmas agroalimentares: o caso dos Laticínios e das Empresas Processadoras de Soja no Brasil : **Revista Gestão & Produção**, v.5, nº2, 1998.

SEBRAE – **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas**. Disponível em: http://www.sebrae.com.br/br/ued/index.htm Acesso em: 01 mar. 2004

SEBRAE/MG (2003) **Diagnóstico da Indústria de Laticínios do Estado de Minas Gerais**. Projeto Leite, Sistema Agroindustrial do Leite. Belo Horizonte, 1997 270p.

SULLIVAN, R.S. & SECREST, S.C. A Simple Optimization DSS for Production Planning at Dairyman's Cooperative Creamery Association. **Interfaces**, Sep/Oct 1985 8p.

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO QUALITATIVO

Questionário qualitativo – Informações sobre planejamento e definição do mix de produção na indústria de laticínios

Nº_____

Nome do respondente: _____

Cargo:_____

Telefone(s) para contato:_____

Nome da empresa:_____

Cidade:_____

Capacidade de processamento (litros/dia):_____

Número de funcionários da empresa:_____

---

1. Quais linhas de produtos de laticínios são produzidos na sua empresa? Assinale **uma ou mais** opções.
   Leite pasteurizado (Integral ou desnatado - tipos C, B ou A)
   Leite UHT (UAT)
   Queijo (diversos)
   Requeijão
   Iogurte e/ou bebida láctea
   Manteiga
   Doce de leite
   Outros. Quais?_____

2. Qual o número de produtos fabricados (quantidade de itens) por sua empresa? Escolha **uma** opção.
   Entre 1 e 5
   Entre 6 e 10
   Entre 11 e 20
   Entre 21 e 30
   Entre 31 e 50
   51 ou mais

3. A sua empresa conhece todos os seus custos de produção (custos fixos, operacionais e unitários)?
   Sim
   Não*
(* Direcionar para a questão 6)

4. Como a sua empresa determina os custos unitários (de cada produto) de produção?
   Por volume produzido de cada produto
   Por centro de custo (gastos e despesas separados por setores da empresa)
   Pelo custos diretos de cada produto
   Pelo sistema ABC de custos (baseado em atividades)
   Pelo sistema de custo-padrão
   Outro. Qual?_____

5. Qual seria o seu grau de confiança no atual método de determinação de custos utilizado pela sua empresa?
   Alto
   Médio
   Baixo
   Nenhum

6. A sua empresa costuma planejar a produção (programar com antecedência quais produtos vai produzir, em quais quantidades e quando ela será feita)?
   Sim
   Não**. Por quais motivos?_____
_____
_____
**(Critério de parada)

7. Qual o cargo do(s) funcionário(s) responsável(is) pelo planejamento da produção na sua empresa? Assinale **uma ou mais** opções.

Operador/funcionário
Técnico
Vendedor
Supervisor de produção
Gerente de produção
Diretor
Outro. Quem?_____

8. O planejamento da produção da sua empresa é normalmente feito para que período de tempo (com que freqüência)? Escolha **uma** opção.

Diariamente
Semanalmente
Quinzenalmente
Mensalmente
Outro. Qual?_____

9. Qual a principal dificuldade para fazer o planejamento da produção na sua empresa? Escolha **uma** opção.

Planejar os materiais a serem comprados (insumos e matéria-prima)
Manter os níveis apropriados de estoques (de insumos e de matéria-prima)
Planejar quais produtos e em que quantidades produzir (definir o mix de produção)
Planejar a ordem de produção (o que produzir primeiro, o que produzir em seguida, etc.)
Planejar quais os equipamentos (e linhas) a serem utilizados(as) para a produção
Planejar a mão-de-obra necessária para produção
Planejar vendas dos produtos
Outra. Qual?_____

10. A escolha de quais produtos e em que quantidades (mix de produção) é feita de acordo com algumas informações. Circule na escala de 1 a 4 a importância de cada uma das informações citadas abaixo, na definição do mix de produção de sua empresa.

a. Pedidos e encomendas de clientes

Nenhuma Pouca Razoável Muita
1----------2----------3----------4

b. Quantidade de matéria-prima disponível

Nenhuma Pouca Razoável Muita
1----------2----------3----------4

c. Capacidade e disponibilidade dos equipamentos

Nenhuma Pouca Razoável Muita
1----------2----------3----------4

d. Quantidade de funcionários disponíveis para produção

Nenhuma Pouca Razoável Muita
1----------2----------3----------4

e. Margem de contribuição dos produtos

Nenhuma Pouca Razoável Muita
1----------2----------3----------4

f. Mix anterior (adotado no último dia, semana, quinzena ou mês).

Nenhuma Pouca Razoável Muita
1----------2----------3----------4

g. Experiência do(s) responsável(s) pela escolha do mix de produção.

Nenhuma Pouca Razoável Muita
1----------2----------3----------4

h. Outra. Qual?_____

Nenhuma Pouca Razoável Muita
1----------2----------3----------4

11. O planejamento de produção (quais produtos e em que quantidades) da sua empresa muda ao longo do ano?

Não. Permanece o mesmo ao longo do ano.
Sim. Muda pouco. Alguns itens são alterados no mix ao longo do ano.
Muda muito. Vários itens são alterados no mix ao longo do ano.

12. A sua empresa usa algum cálculo (método matemático) para fazer o planejamento da produção (escolha do mix de produção)?

Não
Sim. Qual ?
Programação linear
Programação mista
Outro. Qual? _____

13. A sua empresa utiliza algum programa de computador para ajudar no planejamento da produção (escolha do mix de produção)?

Não
Sim. Qual ?
Editor de texto
Banco de dados
Planilha eletrônica
Outro. Qual? _____

14. O que você acha que a sua empresa precisa para facilitar o processo de planejamento da produção (definição do mix de produção)? Escolha **uma ou mais** opções.

Treinar o(s) responsável(s) pelo planejamento da produção.
Contratar um profissional especialista.
Contratar serviços de empresas de consultoria.
Adotar um software (programa de computador) específico para essa tarefa.
Outro. O que?_____

15. Qual seria o seu grau de confiança em um programa de computador específico que ajudasse a sua empresa a definir o mix de produção que gera o menor custo total de produção possível? Escolha **uma** opção.

Alto
Médio
Baixo
Nenhum

ANEXO 2 – TABELAS DE CONTINGÊNCIA PERCENTUAL

Tabela 1 – Volume de recepção versus realização do controle de custos.

	Faz controle de custos	
Volume recepção (L/dia)	**NÃO**	**SIM**
até 10000	21,1%	78,9%
10001 a 30000	36,4%	63,6%
mais de 30000	10,0%	90,0%

Tabela 2 – Volume de recepção versus realização da programação da produção.

	Faz programação da produção	
Volume recepção (L/dia)	**NÃO**	**SIM**
até 10000	26,3%	73,7%
10001 a 30000	18,2%	81,8%
mais de 30000	0,0%	100,0%

Tabela 3 – Volume de recepção versus freqüência da programação da produção.

	Freqüência da programação da produção			
Volume recepção (L/dia)	**Diária**	**Semanal**	**Mensal**	**Outra**
até 10000	50,0%	42,9%	0,0%	7,1%
10001 a 30000	22,2%	66,7%	11,1%	0,0%
Mais de 30000	50,0%	20,0%	30,0%	0,0%

Tabela 4 – Volume de recepção versus importância dos pedidos de clientes

	Importância dos pedidos na programação da produção			
Volume de Recepção (L/dia)	**Nenhuma**	**Pouca**	**Razoável**	**Muita**
até 10000	14,3%	7,1%	7,1%	71,4%
10001 a 30000	11,1%	0,0%	22,2%	66,7%
mais de 30000	10,0%	10,0%	20,0%	60,0%

Tabela 5 – Volume de recepção versus importância da oferta de matéria-prima

	Importância da disponibilidade de leite cru para prog. da produção			
Volume de Recepção (L/dia)	**Nenhuma**	**Pouca**	**Razoável**	**Muita**
até 10000	14,3%	14,3%	7,1%	64,3%
10001 a 30000	44,4%	11,1%	0,0%	44,4%
mais de 30000	0,0%	10,0%	0,0%	90,0%

Tabela 6 – Volume de recepção versus importância da capacidade das máquinas

	Importância da capacidade dos equipamentos na prog. produção			
Volume de Recepção (L/dia)	**Nenhuma**	**Pouca**	**Razoável**	**Muita**
até 10000	57,1%	7,1%	21,4%	14,3%
10001 a 30000	33,3%	22,2%	0,0%	44,4%
mais de 30000	10,0%	20,0%	20,0%	50,0%

Tabela 7 – Volume de recepção versus importância da mão-de-obra

	Importância da disponibilidade de mão-de-obra operacional			
Volume de Recepção (L/dia)	**Nenhuma**	**Pouca**	**Razoável**	**Muita**
até 10000	35,7%	21,4%	14,3%	28,6%
10001 a 30000	44,4%	33,3%	11,1%	11,1%
mais de 30000	30,0%	10,0%	10,0%	50,0%

Tabela 8 – Volume de recepção versus uso de software na programação

	Uso de software na programação da produção		
Volume recepção (L/dia)	**Não usa**	**Sim. Planilha**	**Sim. Outro**
até 10000	78,6%	7,1%	14,3%
10001 a 30000	66,7%	33,3%	0,0%
Mais de 30000	40,0%	40,0%	20,0%

Tabela 9 – Número de itens versus realização de controle de custos

	Faz controle de custos	
Número de itens fabricados	**NÃO**	**SIM**
até 10	35,3%	64,7%
de 11 a 20	20,0%	80,0%
mais de 20	0,0%	100,0%

Tabela 10 – Número de itens versus realização da programação da produção

	Faz programação da produção	
Número de itens fabricados	**NÃO**	**SIM**
até 10	23,5%	76,5%
De 11 a 20	13,3%	86,7%
mais de 20	12,5%	87,5%

Tabela 11 – Número de itens versus freqüência da programação da produção

	Freqüência da programação da produção			
Número de itens fabricados	**Diária**	**Semanal**	**Mensal**	**Outra**
até 10	46,2%	38,5%	7,7%	7,7%
De 11 a 20	53,8%	38,5%	7,7%	0,0%
mais de 20	14,3%	57,1%	28,6%	0,0%

Tabela 12 – Número de itens versus dificuldade da programação da produção

	Principal dificuldade na controle da produção			
Número de itens fabricados	**Compra de materiais**	**Estoques**	**Mix de produção**	**Outros**
até 10	38,5%	0,0%	15,4%	46,2%
De 11 a 20	15,4%	23,1%	7,7%	53,8%
mais de 20	14,3%	0,0%	28,6%	57,1%

Tabela 13 – Número de itens versus alteração sazonal do mix de produção

	Alteração do mix ao longo do ano		
Número de itens fabricados	**Não altera**	**Sim. Pouco**	**Sim. Muito**
até 10	7,7%	38,5%	53,8%
de 11 a 20	15,4%	38,5%	46,2%
mais de 20	0,0%	28,6%	71,4%

Tabela 14 – Número de itens versus uso de software na programação

	Usa software para ajudar na programação da produção		
Número de itens fabricados	**Não**	**Sim. Planilha**	**Sim. Outro**
até 10	69,2%	23,1%	7,7%
de 11 a 20	84,6%	7,7%	7,7%
mais de 20	14,3%	57,1%	28,6%

Capítulo 2

USO DE MODELOS E FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DE APOIO À DECISÃO EM AMBIENTES GERENCIAIS: UMA BIBLIOGRAFIA ANOTADA

EXTRATO

Como forma de elaborar uma base de informações e de conhecimento para o estudo e desenvolvimento de um protótipo de apoio ao planejamento da produção em laticínios, este trabalho objetivou realizar uma bibliografia anotada das aplicações de Programação Linear, Heurística e Simulação no desenvolvimento e implementação de modelos e ferramentas de apoio à decisão em ambientes gerenciais nos últimos anos, tendo foco no uso de Programação Linear na área de alimentos e laticínios. Nesse sentido, procurou-se identificar as principais aplicações, tipos de modelos, métodos de implementação, problemas e benefícios alcançados pelo uso dos sistemas de apoio à decisão orientados por modelos. Visando também disponibilizar um referencial bibliográfico para trabalhos futuros, foi realizada a análise, elaboração de resumos e classificação, de acordo com o ano de publicação, área de aplicação e tipo de modelo incluído, de cinqüenta (50) trabalhos disponíveis principalmente nos principais “sites” da “web”, de revistas, jornais científicos e veículos especializados. O trabalho de revisão mostrou a grande aplicação e disseminação dos modelos investigados em ambientes gerenciais nos mais diversos países. Notou-se ainda que a maior parcela das aplicações é destinada aos gerentes do nível tático das empresas, sobretudo para as áreas de planejamento e controle das atividades de produção.

1. INTRODUÇÃO

Durante a vida, o ser humano freqüentemente se depara com diversas situações em que tem que tomar decisões. Normalmente a tomada dessas decisões está relacionada com as suas implicações e riscos no momento presente ou futuro. Em se tratando dos desdobramentos futuros de uma decisão, há riscos que podem ser definidos com maior precisão do que outros e, portanto, estariam sujeitos a uma maior atuação e controle do tomador de decisão. Em contrapartida, sabe-se que existem riscos sobre os quais não se pode ter o mesmo controle, riscos esses oriundos de fatores exógenos que fogem do campo de atuação do tomador de decisão.

Sabe-se ainda que o resultado final e a qualidade das decisões estão muito associados à capacidade e às características pessoais de julgamento. Há indivíduos extremamente cautelosos e existem aqueles que são profundamente audaciosos. Esse raciocínio se aplica e tem coerência para diversas áreas e campos de estudo. Na área empresarial, e mais especificamente no ramo gerencial, não é diferente.

Segundo TURBAN (1998), a tomada de decisão nos ambientes gerenciais, que pode ser definida basicamente como um processo de escolha entre possíveis alternativas de ação para atingir um determinado objetivo organizacional, era até alguns anos atrás quase exclusivamente baseada nos fatores pessoais, relacionando-se diretamente com as experiências, intuições e criatividade do gerente tomador de decisão. Entretanto, o advento de tecnologias da informação, que tiveram forte impulso no final dos anos 80, juntamente com o fortalecimento dos mercados globais, o aumento da competitividade e os crescentes cenários de instabilidade política, vêm fazendo com que esses fatores tornem-se cada vez menos preponderantes e passem a atuar apenas como agentes acessórios.

De acordo com BRAGA (2001), do ponto de vista empresarial, há um crescente aumento da complexidade das decisões gerenciais. Tomar decisões sem base em consistentes históricos de informações, análise da concorrência,

avaliação dos fatores externos, como estabilidade econômica e situação de fornecedores e clientes, dentre outras, é virtualmente impossível. Esse grande número de dados, informações, variáveis, incertezas e alternativas exige, conseqüentemente, algum tipo de auxílio ou apoio. Atualmente as mais disseminadas e eficientes ferramentas de apoio gerencial estão associadas ao uso de computadores, principalmente por meio dos recursos de “hardware” e “software” disponibilizados pela informática.

Nos últimos quarenta anos, vários tipos de sistemas de informação baseados em computadores têm sido desenvolvidos para tais fins e, evolutivamente, são até hoje utilizados nos ambientes empresariais. Dentre eles podemos citar os orientados por modelos (SOM), os de informação gerencial (SIG) e os voltados para executivos (SIE), os baseados em agentes de conhecimento, como os sistemas especialistas (SE) e os sistemas de redes neurais (SRN). Vale ressaltar que a classificação desses e de outros sistemas de apoio à decisão (SAD’s) é muito discutida na literatura (principalmente em razão das características comuns existentes) e os mesmos podem existir de forma agregada, atuando conjuntamente.

Os SOM’s surgiram efetivamente no final dos anos 60, tendo no mesmo período sido publicados os primeiros artigos científicos sobre o assunto. Apesar disso, esses sistemas só ganharam espaço real nos últimos anos da década de 70, com o forte crescimento das aplicações dos modelos de otimização, destinados basicamente a auxiliar na alocação de recursos escassos atingindo um ou mais objetivos mensuráveis, e de simulação, que por sua vez buscam “imitar” a realidade sem pretensão de representá-la (POWER, 2003).

Nessas ferramentas, o apoio à decisão procura simplificar a realidade (muitas vezes complexa) através da montagem, implementação, armazenamento e resolução em computadores, de diferentes modelos matemáticos, estatísticos e financeiros que representem um ou mais problemas gerenciais. Problemas complexos de planejamento de vendas de longo prazo em uma empresa podem, por exemplo, ser descritos com boa

fidedignidade por modelos estatísticos (projeções históricas de vendas). Já decisões de investimentos e de elaboração de planos de produção podem respectivamente usufruir de modelos financeiro(formulações financeiras) e matemáticos da área de Pesquisa Operacional (modelos de Programação Linear e técnicas heurísticas).

Em meados da década de 70, o pesquisador da Universidade de Minessota nos Estados Unidos, Gordon Davis, definiu os SIG's como "sistemas inteligentes homem/máquina para fornecer suporte às operações, gerenciamento e tomada de decisão em uma organização" (POWER, 2003). Tais sistemas computacionais, que constituíram as primeiras tentativas de transformar dados das transações diárias das organizações em informações de apoio decisório propriamente ditas, geraram possibilidades de extração de informações operacionais não previstas anteriormente e servem hoje de suporte a gerentes dos níveis hierárquicos intermediários e operacionais. Apesar de sua boa utilidade, são aplicáveis em decisões estruturadas, ou seja, previsíveis em todos os seus componentes (BRAGA, 2001).

Estendendo às aplicações dos sistemas de apoio gerencial, entre o final dos anos 70 e início da década de 80[1] surgiram os primeiros estudos e desenvolvimentos de ferramentas específicas aos gerentes e executivos dos níveis hierárquicos mais altos da estrutura organizacional das empresas (POWER, 2003). Os SIE's são atualmente mais difundidos em grandes e mega corporações devido aos altos investimentos e custos de manutenção desses sistemas. Tais sistemas, que exigem alto grau de sofisticação e possuem pouca flexibilidade de uso, são empregados para extração de dados do ambiente externo (dados econômicos e políticos, por exemplo) e de outros sistemas de suporte a ele integrado, como um SIG ou uma base de dados do tipo *data warehouse*. Destinam-se principalmente às tomadas de decisões não-

[1] Nesse mesmo período foram realizados os primeiros seminários e reuniões para discutir aspectos teóricos e práticos do uso dos sistemas de apoio à decisão, tendo a primeira conferência internacional sobre o assunto sido realizada na cidade de Atlanta, estado da Geórgia dos Estados Unidos em 1981 (POWER, 2003).

estruturadas de longo prazo, como operações de implantação e compra de novas unidades fabris (BRAGA, 2001).

Em 1981 foram criados os primeiros conceitos e teorias sobre a estrutura dos sistemas computadorizados baseados em agentes de conhecimento (POWER, 2003). Nesse contexto os SE's surgem como ferramentas de nova abordagem, em que, de forma seqüencial, os mesmos procedimentos que eventualmente seriam adotados por um especialista na resolução de problemas diversos são também computados pelo sistema de apoio (BRAGA, 2001). Além disso, podem ser integrados a outros tipos de sistemas, como os SOM's. TURBAN (1998) apresenta várias aplicações de sistemas especialistas na área empresarial, como o caso de um indústria química chinesa, que usa dois SE's integrados com um SOM de Programação Linear, aplicando o conhecimento de gerentes para o planejamento mensal, análise de capital de giro e previsões de demandas futuras.

Apesar de suas bases fundamentais teóricas terem sido estabelecidas e pesquisadas desde a década de 40, os sistemas de apoio à decisão baseados nas técnicas de redes neurais (SRN's) somente ganharam efetiva aplicação na segunda metade da década de 80, com a publicação do livro "Parallel Distributed Processing" em 1986, de David Rumelhart e James McClelland, e com a realização da primeira conferência sobre o tema em 1987, na cidade de San Francisco nos Estados Unidos. Segundo TURBAN (1998) os SRN's são sistemas inteligentes diferenciados que envolvem habilidade de expressar capacidades do cérebro humano, sendo representações do conhecimento baseadas em consistente processamento paralelo, recuperação rápida de grande quantidade de informações e capacidade de identificar padrões de informações baseados em casos históricos. Empresas administradoras de operações de crédito financeiro têm comumente adotado sistemas de redes neurais para identificação de padrões de cartões de crédito clonados ou roubados, por exemplo.

Como se pôde perceber a partir dos estudos acima expostos, de certa forma, estes descrevem um pouco da história dos sistemas de apoio à decisão

nos ambientes gerenciais. Apesar disso, os trabalhos e textos disponíveis na literatura não conseguem ainda delinear com precisão a evolução histórica desses sistemas. De acordo com POWER (2003), a história das ferramentas computacionais de apoio à decisão não é muito clara ou linear. Segundo ele vários autores e pesquisadores têm apresentado percepções distintas sobre essa importante área de aplicação da tecnologia da informação, publicando diferentes pontos de vista sobre o que é mais ou menos relevante na vida dos SAD's. O autor revela ainda a necessidade de se reunir mais informações e dados sobre o assunto, de forma a construir um mosaico mais completo do que vem acontecendo nas universidades, empresas de softwares e companhias que adotam essas ferramentas como suporte nas diversas decisões gerenciais.

Nessa visão, o presente trabalho objetivou realizar um breve levantamento bibliográfico de trabalhos anteriores (nas últimas duas décadas principalmente) que relatam o uso de uma das "classes" dos sistemas de apoio à decisão, os orientados por modelos (SOM's). Vale advertir que, apesar de descrever algumas aplicações desses sistemas baseados em técnicas heurísticas e de simulação em diferentes setores da economia, este estudo tem, devido ao campo geral em que se insere o trabalho de tese para o qual foi elaborado, foco direcionado ao uso de sistemas de apoio gerencial orientados por modelos de Programação Linear na área de alimentos e laticínios.

2. OBJETIVOS

O trabalho visou desenvolver uma bibliografia anotada das aplicações de Programação Linear, heurística e simulação no desenvolvimento e implementação de modelos e ferramentas de apoio à decisão em ambientes gerenciais nos últimos anos, tendo foco no uso de programação linear na área de alimentos e laticínios. Especificamente pretendeu-se:

i. Identificar as principais aplicações, tipos de modelos, métodos de implementação, problemas e resultados obtidos pelo uso dos SOM's nos últimos anos, servindo de base para o estudo e desenvolvimento do protótipo de apoio no planejamento da produção em laticínios de pequeno e médio porte (descrito no capítulo 3 deste trabalho);
ii. Através da análise, elaboração de resumos e classificação dos trabalhos por área e tipos de modelos usados, disponibilizar um referencial bibliográfico para trabalhos futuros nos campos de pesquisa relacionados.

3. METODOLOGIA

O processo metodológico usado para viabilizar os objetivos propostos pode ser dividido em cinco etapas básicas:

i. Seleção do(s) tema(s)

Nesta etapa optou-se por realizar a revisão na área específica de sistemas de apoio à decisão orientados por modelos de programação linear, heurística e simulação. Os motivos foram: reconhecida disseminação e adequação da aplicação desses modelos com o campo geral em que se insere o trabalho de tese e dificuldade de realização de levantamentos mais generalizados sobre os diversos tipos de sistemas de apoio à decisão, principalmente no que se refere à classificação dos trabalhos e artigos encontrados.

ii. Busca preliminar

De acordo com o tema específico escolhido, foi iniciado o processo de busca de trabalhos de tese e artigos publicados. Neste estudo em especial foram feitas buscas principalmente através dos principais

“sites” da “web” de revistas, jornais científicos e outros veículos especializados. Foram então obtidos, de forma preliminar, cerca de oitenta (80) trabalhos dentre teses e artigos científicos.

iii. Seleção dos trabalhos

Posteriormente foi feita uma análise preliminar dos trabalhos, sendo então selecionados apenas cinqüenta (50) para serem efetivamente incluídos na bibliografia anotada. Os trabalhos excluídos não estavam plenamente de acordo com o perfil previamente proposto, ou seja, não descreviam aplicações práticas de desenvolvimento e implementação de sistemas de apoio à decisão orientados por modelos de Programação Linear, técnicas heurísticas ou de simulação em ambientes gerenciais.

iv. Confecção dos resumos

Todos os cinqüenta (50) trabalhos foram analisados individualmente. Em seguida, procedeu-se a elaboração de resumos que sintetizam cada uma das aplicações descritas nos trabalhos.

v. Classificação dos resumo

Os resumos foram classificados de acordo com o ano de publicação, área de aplicação (grupos da área de alimentos e outros setores da economia) e tipo de modelo incluído no sistema de apoio à decisão (programação linear, heurística e simulação). Finalmente foram elaboradas as tabelas de apresentação dos resultados.

4. RESULTADOS

Em seguida serão exibidos os resultados oriundos da revisão bibliográfica realizada.

O acesso a cada um dos resumos e seus respectivos autores e anos de publicação, apresentados na Tabela 2, pode ser feito usando a Tabela 1, que relaciona o setor de aplicação (área ou subárea do setor alimentício e de outros setores da economia) com o tipo de modelagem adotada (programação linear, heurística e simulação). A numeração (de 1 à 50) incluída na Tabela 1 refere-se ao número do item de cada resumo da Tabela 2. Vale lembrar que o número do item de um determinado resumo pode ser encontrado mais de uma vez na Tabela 1, caso o referido sistema de apoio à decisão seja aplicável em mais de um setor ou adote mais de um tipo de modelagem.

Tabela 1 – Referências dos resumos de acordo com a aplicação e tipo de modelo.

Área	Sub-área	Tipo de Modelo		
		Programação Linear	Heurística	Simulação
Alimentos	Açúcar e Álcool (Indústria)	47	-	-
	Aves (Indústria)	25	-	-
	Cereais (Indústria)	38	-	-
	Chocolates (Indústria)	27	-	-
	Côco (Indústria)	5	-	-
	Leite e Derivados (Indústria)	9, 10, 14, 37, 39, 48	7, 10, 19, 31	-
	Molhos e Temperos (Indústria)	46	-	-
	Pescado (Indústria)	21	21	21, 40
	Snacks (Indústria)	-	26	-
	Alimentação Institucional	1	-	-
	Restaurantes Fast Food	4, 15	-	4
Diversos	Agrícola (Indústria)	43, 45	-	13
	Automóveis (Indústria)	3, 29	3	-
	Construção Civil	8	-	-
	Eletrodomésticos (Indústria)	23	-	-
	Eletro-eletrônicos (Indústria)	24, 34	24	-
	Fármacos (Indústria)	-	-	13
	Madeira (Indústria)	6, 35	-	-
	Metais (Indústria)	2, 36	2, 49	12
	Química (Indústria)	41, 50	41	13
	Textéis (Indústria)	11	20	-
	Industria em Geral	16, 18, 28, 30, 33	18, 28	17, 22, 44, 50
	Outras	32, 42	-	-

Os resumos apresentados na Tabela 2 encontram-se em ordem cronológica crescente por ano de publicação. As referências completas de cada um dos trabalhos estão disponibilizadas no item 6 deste capítulo.

Tabela 2 – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
1	1975	BALINTFY, J. L.	Foi desenvolvido um sistema de programação de múltipla escolha, baseado em modelos de programação linear (PL), com objetivo de minimizar os custos de programas institucionais de alimentação, atendendo restrições estruturais, de compatibilidade e variedade de ingredientes, e de necessidades nutricionais no preparo de refeições. A sua implementação em quatro hospitais mostrou que a otimização dos recursos reduziu de 10 à 15% os custos de serviços de alimentação nesses estabelecimentos.
2	1978	JAIN, S. K.; STOTT, K. L. & VASOLD, E. G.	Os autores descrevem a implementação na Bethlehem Steel's, grande indústria produtora de bobinas de aço, de uma ferramenta baseada em computador que, através da combinação de modelos de programação linear e métodos heurísticos, apoia a gerência da empresa no planejamento das operações de produção. Os modelos desenvolvidos suportavam decisões de curto prazo relativas ao mix de produção, controle de estoques, disponibilidade das máquinas, além de decisões de médio e longo prazo como balanço de pedidos e planejamentos anuais da empresa. Os autores relatam ainda que a implantação da ferramenta trouxe diversos benefícios associados a redução de custos, serviço aos clientes, eficiência de processo, dentre outros.
3	1980	KING, R.H. & LOVE JR., R.R.	Dando continuidade ao original implementado em 1970, a Kelly-Springfield, uma grande indústria do ramo de manufatura de pneus, criou um sistema integrado para melhorar a coordenação de suas decisões. Com o auxílio de modelos matemáticos (PL, heurística e previsão), tal sistema era destinado a apoiar decisões nas quatro principais funções da empresa: previsão de vendas, controle de estoques, planejamento da produção e distribuição. Dentre os inúmeros benefícios alcançados podem ser destacados o aumento significativo da eficiência no serviço de atendimento ao cliente e o acúmulo adicional de $5 milhões de dólares durante a década de 70.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
4	1981	SWART, W. & DONNO, L.	Uma grande rede americana de “fast food”, a Burguer King, utilizou modelos de simulação, otimização e estatística para responder ao aumento da complexidade de suas operações, oriunda de mudanças estratégicas e mercadológicas, e de inovações requeridas pelo seu mercado consumidor. Para isso a empresa uniu sinergisticamente o pessoal de Engenharia Industrial e de Pesquisa Operacional, em um único departamento. O trabalho destaca o enorme impacto da implementação desses modelos (inclusive com depoimentos da gerência) com grandes ganhos financeiros, melhorias no “design” dos restaurantes e na eficiência no atendimento ao cliente, tanto nas novas como nas unidades já existentes.
5	1981	CABRAAL, R.A.	O estudo descreve a primeira tentativa de uso de métodos matemáticos na programação da produção no Sri Lanka. Foram implementados modelos de Programação Linear de base mensal visando a maximização dos lucros da maior indústria processadora de côco do país. Foram adotadas restrições de capacidade da planta de processamento, níveis de estoques e de limites de vendas. Depois de implementados, os modelos trouxeram resultados satisfatórios, permitindo à empresa definir um mix de produção mais próximo da solução ótima. Isso proporcionou o alcance de alguns benefícios como aumento da lucratividade, redução na quantidade de matéria-prima comprada, dentre outros.
6	1982	ROY, A.; FALOMIR, E.E. & LASDON, L.	Os autores descrevem o desenvolvimento e a implementação de um sistema de apoio à decisão aplicado na otimização do mix de produtos da Ponderosa Industrial, uma grande fabricante mexicano de madeiras do tipo compensado. O modelo de curto prazo (horizonte bimestral), baseou-se em programação linear para determinar o mix ótimo de produção e fornecer um relatório de sensibilidade. O uso dessa ferramenta incrementou, consideravelmente o lucro total da empresa e permitiu a identificação de novas oportunidades através da simulação de diferentes cenários.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
7	1983	HARRISON, H. & WILLS, D.R.	Foram desenvolvidos modelos matemáticos baseados em métodos heurísticos, para a definição de rotas na coleta de leite e transporte dos produtos da Golden Vale, uma grande cooperativa agrícola irlandesa. Tais modelos para a racionalização dos recursos da cooperativa estavam sendo implementados com expectativas de bons incrementos financeiros.
8	1985	LIBERATORE, M.J. & MILLER, T.	O trabalho descreve a implementação de um sistema hierárquico integrado baseado em modelos programação linear na American Olean Tile Company, um grande indústria fabricante de diferentes azulejos de cerâmica. Tal ferramenta foi destinada ao apoio em decisões de médio e curto prazo nas diversas atividades relativas ao controle de estoques, planejamento e programação da produção. Melhora na comunicação entre os departamentos de produção e marketing, desenvolvimento de novos métodos de previsão de vendas e redução de custos de distribuição são alguns dos vários benefícios alcançados.
9	1985	SULLIVAN, R.S. & SECREST, S.C.	Um sistema de suporte baseado em otimização foi desenvolvido e implementado para auxiliar supervisores de produção de uma grande cooperativa de leite americana na realização das atividades gerenciais de planejamento da produção e controle de estoques de uma linha de produtos. O modelo de programação linear em base diária, que buscou otimizar o uso da capacidade do evaporador com restrições dos níveis da capacidade nominal e dos fluxos de produtos no equipamento, das taxas de conversão e limitações mercadológicas, foi programado usando o programa MFAP.Além de promover maior integração entre os níveis gerenciais da empresa, o sistema eliminou o gasto de quatro horas diárias de trabalho dos supervisores nos cálculos para esta etapa e incrementou consideravelmente a produção e a receita bruta da cooperativa.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
10	1986	HARRISON, H.	O autor apresenta a implementação de modelos de ciências gerenciais (heurísticos e de otimização) em dois grandes departamentos da Ballyclough, uma das maiores organizações do agronegócio cooperativista da Irlanda. Na divisão de leite o impacto na produtividade pode ser destacado pela redução de 10.55% na quilometragem percorrida e no aumento de 12% de volume de leite coletado. No departamento de vendas e comércio foram utilizados algoritmos heurísticos para auxiliar na redução de custos de distribuição, com boas expectativas de sucesso por parte da gerência. Além disso, uma mescla de análise de clusters e computação gráfica foi usada na determinação da localização e do número de depósitos necessários para atender a demanda de fornecedores e clientes.
11	1987	NEBOL, E.	A divisão de pesquisa operacional do Conselho Turco de Pesquisas Técnicas realizou um estudo para o setor de produtos têxteis de algodão de uma das maiores empresas públicas do país. O propósito era implementar um sistema, chamado de "Macro Production Planning", para auxiliar nas decisões de orçamentos anuais de produção. Para isso adotou-se um modelo multiperiódico de programação linear, com objetivo primário de maximizar a margem de contribuição, atendendo a restrições tecnológicas, mercadológicas e operacionais. Principalmente em razão de problemas organizacionais e de instabilidade política a implementação do sistema na empresa pública não chegou a concretizar-se, impossibilitando o alcance dos objetivos previamente propostos.
12	1987	BAKER, G.L et al.	Uma das maiores indústrias siderúrgicas dos Estados Unidos, a Bethlehem Steel, implementou (usando o pacote de softwares Lotus 1-2-3) um modelo simples de análise de custos e planejamento da produção baseado na otimização dos fluxos de produtos da linha de fabricação de aço. O objetivo primordial era efetuar análises de simulação rápidas e efetivas, criando novos cenários e avaliando os impactos das variações de demanda, de preços de insumos e matérias-primas no corpo financeiro e produtivo da empresa.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
13	1988	FINCKE, U. & VAESSEN, W.	Os autores mostram a implementação de um sistema de simulação para o controle de estoques e distribuição de uma das maiores multinacionais da área farmacêutica do mundo, a Ciba-Geigy. O modelo integra as atividades de programação da produção, processamento produtivo, estoques, e logística, visando a redução dos custos totais de distribuição. O uso do sistema trouxe, além de efetiva diminuição desses custos, uma redução no período de planejamento, cumprimento mais preciso das datas de entregas aos clientes e a introdução do conceito just-in-time na empresa.
14	1988	FORNETTI, M.	Visando estudar o processo de gerência e controle da produção na indústria de laticínios, foi estabelecido um modelo de programação linear multiperiódico de curto prazo. As restrições referiam-se a oferta de leite bom e leite ácido, disponibilidades de mão-de-obra, capital de giro, gordura, câmara fria e limites das atividades. Os softwares usados foram: planilhas LOTUS 1-2-3 e HYPERLINDO/PC. Apesar das simulações efetuadas mostrarem ser tecnicamente viável o uso gradual do modelo, cada empresa deve ser analisada isoladamente, de acordo com a relação custo-benefício.
15	1990	LOVE JR., R.R. & HOEY, J. M.	Os autores dissertam sobre a implantação de um simples sistema de apoio para gerentes de lojas de Fast-Food nas decisões referentes a programação dos cronogramas de trabalho. A modelagem matemática do problema, feita em programação linear inteira, buscou atender as necessidades e habilidades dos empregados, assim como os requerimentos gerenciais e operacionais das lojas. Gerentes de restaurantes que utilizaram o sistema declararam em média uma redução de 80 a 90% no tempo gasto para elaboração dos cronogramas. Outros benefícios apontados foram a redução de custos diretos com mão-de-obra e aumento da eficiência dos empregados.
16	1992	MACLEOD, B. & MOLL, R.	Uma ferramenta geral baseada em LPO (Linguagem de Programação de Otimização) para montagem e solução de problemas complexos é mostrado no estudo. Os autores focam o caso dos modelos de localização e rotas apesar de sua aplicabilidade em diversas situações.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
17	1992	PAREDIS, J. & van RIJ, T.	Os autores introduzem um sistema de modelagem, simulação e programação de processos produtivos discretos. A ferramenta, que pode auxiliar na programação de processos não-contínuos em indústrias de pequena escala, é divida em três partes básicas: modelador, simulador e manipulador. Demonstrado à gerentes industriais, foi recebida com entusiasmo
18	1992	KHOONG, C. M. & LAU, H. C.	O trabalho apresenta o desenvolvimento e a implementação do sistema denominado ROMAN, de aplicações genéricas em operações gerenciais de planejamento e programação em serviços industriais. Dividido em módulos (módulo de especificação, de alocação, de programação e de design), o sistema aproveita-se de técnicas de pesquisa operacional (heurística, programação inteira, otimização) para auxiliar nas decisões operacionais de indústrias em geral.
19	1994	SANKARAN, J.K. & UBGADE, R.R.	O artigo descreve o desenvolvimento e a implementação de um sistema de apoio à decisão destinado a atender os requerimentos de uma indústria de laticínios da índia no que se refere às suas atividades de coleta de leite cru e entrega na unidade fabril. O sistema chamado de CARS baseia-se em técnicas heurísticas para apontar soluções viáveis que minimizem os custos de transporte por tonelada de leite coletado. Além da redução de quase 12% de perdas de leite (por coagulação) e diminuição do tempo de entrega, projeções da empresa estimavam benefícios financeiros da ordem de milhões com a adoção do novo sistema.
20	1995	BOWERS, M.R. & AGARWAL, A.	A Tanner Company, empresa americana líder por mais de 60 anos no ramo de vestuários femininos, que já havia implementado com grandes benefícios um sistema de programação da produção de curto prazo, desenvolveu um novo sistema de planejamento. Também de curto prazo e baseado em modelos heurísticos analíticos, visava reduzir o tempo de entrega das mercadorias, minimizar cargas de trabalho e evitar formação de níveis inadequados de estoques de produtos acabados. Em um ano de uso o sistema trouxe diversos benefícios diretos, como o crescimento de 90% das entregas imediatas, e indiretos, como melhoria das relações humanas entre os diversos níveis gerenciais envolvidos.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
21	1995	RANDHAWA, S.U. & BJARNASON, E.T.	No texto é descrita uma ferramenta de suporte à decisão nas operações integradas de pesca e processamento de pescado de uma fábrica localizada na costa da Islândia. No sistema, as respostas geradas por um modelo de simulação heurística (oriundas de regras decisão nas operações de pesca de arraste) alimentam um modelo de programação linear que, por sua vez, determina os requerimentos de alocação de tempo de mão-de-obra, níveis de estoques e do mix de produção que maximizam a receita bruta da empresa. Ciclicamente os resultados do modelo de PL são convertidos em retorno ("feedback") para atualização das regras de decisão do modelo de simulação. A implementação propriamente dita da ferramenta usou linguagem MPL para o sistema LINDO. O uso do sistema foi considerado importantíssimo não apenas em termos das margens de lucro da empresa, mas também em relação a disponibilidade de matéria-prima e níveis de estoques.
22	1995	TSUBONE, H.; MATSUURA, H. & KIMURA, K.	O artigo discorre sobre o conceito, as funções e a importância de um sistema de apoio à decisão nas atividades de planejamento da produção das organizações. Na visão dos autores um SAD destinado a elaboração dos planos de produção pode atender à duas grandes funções: análise de performance (simulação, prevendo possíveis impactos das variáveis de decisão na demanda de mercado e níveis de estoques) e análise de escolha (seleção das variáveis decisórias de acordo com ranking de importância). Dentro dessa visão apresenta-se um protótipo de suporte à decisão.
23	1995	GAZMURI, P. & ARRATE, I.	O processo de desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão (baseado em otimização) nos problemas de planejamento da produção agregada da CTI, empresa fabricante chilena de eletrodomésticos, é descrito. Estruturado através de um modelo de programação linear mista-inteira (composto por 2600 variáveis e 2800 restrições e solucionado usando o pacote CPLEX), o sistema usufrui de poderosas ferramentas de desenvolvimento e programação computacional, permitindo rápidas análises e simulações gráficas. A implementação e o uso do sistema ocasionaram, além de uma redução estimada de 10 à 15% dos custos, a identificação de oportunidades de melhoria em novos setores da empresa.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
24	1996	LEACHMAN, R. C. et al.	O artigo apresenta um sistema baseado em otimização para o planejamento da produção de uma grande empresa do ramo de semicondutores eletrônicos, a Harris Corporation. Denominado IMPReSS, o sistema, que teve investimentos de grande magnitude (software, hardware, consultoria e projeto), baseia-se em modelos de programação linear e técnicas de decomposição heurística, para atender os requerimentos operacionais e as prioridades do mercado. Na fase de modelagem os autores revelam as dificuldades encontradas na conversão dos dados reais em dados com formato apropriado ao modelo. Sua implementação proporcionou, além de bom aumento da fatia de mercado da empresa e forte crescimento (de 75 para 95%) das entregas imediatas (pronta entrega), uma contribuição substancial no produto interno total do setor.
25	1996	TAUBE-NETTO, M.	Trata-se de um robusto sistema integrado, implementado pela SADIA, maior produtor e processador de aves do Brasil. Iniciado no final de 1990, o PIPA (Planejamento Integrado da Produção Avícola) divide-se em cinco diferentes módulos para apoiar decisões no nível estratégico, tático e operacional ao longo de sua cadeia produtiva. Os modelos dos problemas de programação linear que descrevem os cinco módulos do sistema possuem diferentes tamanhos, com matrizes que chegam a possuir 130 mil variáveis, 35 mil restrições e 250 mil elementos não-nulos. Além de agregar maior valor aos seus produtos, responder melhor às flutuações do mercado e aumentar a sensibilidade para novas oportunidades, o PIPA conseguiu, de 1991 a 1994, benefícios que superam US$ 50 milhões.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
26	1997	PORTOUGAL, V.	Visando solucionar problemas de programação produtiva de uma grande indústria fabricante de mais de 700 diferentes tipos de *snacks* (alimentos extrusados não-perecíveis) na Nova Zelândia, o autor descreve a aplicação de uma ferramenta teórica de programação. Nela foi inserido um algoritmo heurístico que combina a programação dos gargalos de produção (processamento e acondicionamento) com as "janelas" de tempo disponíveis durante o processo, objetivando a redução de custos totais de produção. A implementação do sistema modificou o atual esquema de programação da empresa, reduzindo substancialmente seus custos e proporcionando maior estabilidade no uso das instalações da fábrica
27	1997	CASTRO, E.L.; TABUCANON, M.T. & NAGARUR, N. N.	Um modelo quantitativo de otimização das atividades de planejamento da produção foi desenvolvido como forma de analisar os atuais problemas de uma fábrica de chocolates tailandesa. Considerando uma demanda estocástica e as restrições de capacidade da empresa, foi implementada a solução ótima gerada pelo modelo que, por sua vez, trouxe redução substancial nos custos de produção quando comparada aos atuais planos de produção. A análise de sensibilidade efetuada proporcionou a identificação de oportunidades de melhoria no controle de estoques e gerenciamento da produção a médio e longo prazo.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
28	1998	SUNDARARAJAN, S. et al.	Esse sistema de apoio à decisão foi implementado em uma indústria multinacional de grande porte do setor de alimentos, produtora de mais de 100 produtos diferentes. O sistema baseado em PC ("*personal computer*") foi construído com caráter integrado para atender os objetivos conflitantes de três grandes departamentos da empresa: produção (minimizar custos de produção), logística e distribuição (minimizar estoques) e marketing (maximizar serviço ao cliente). Os dados de entrada são relativos a capacidade produtiva, uso de equipamentos e de insumos, níveis de estoques, clientes, previsões de demanda, dentre outros. O modelo de otimização criado é rodado em duas fases. Na primeira um algoritmo determina o mix de produção semanal que alcance 100% do nível de serviço ao cliente ao menor custo de produção possível. Na fase final um algoritmo heurístico (baseado em pequenas regras de seqüência de produção adquiridas pela experiência da empresa) determina a melhor seqüência que minimiza o ciclo de produção. Gerentes da empresa alegam que pela primeira vez foram tomadas decisões com planejamento criterioso e baseado em consistente base científica, levando em consideração o objetivo global da empresa. Atualmente a empresa é capaz de atender 100% das necessidades dos clientes ao menor custo e com níveis ótimos de estoques. Com o SAD a empresa conseguiu reduzir em 10% os custos totais de produção, além da obtenção de novas percepções do processo.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
29	1998	ZHANG, B. & PLONKA, F.	Como forma de melhorar a programação da carga de trabalho (comumente feita em planilhas eletrônicas por simples tentativa e erro), um indústria de autopeças desenvolveu um modelo de apoio à decisão baseado em técnicas de programação linear inteira. O objetivo principal foi minimizar as carências e excessos (em horas de trabalho) atualmente encontradas no horizonte de planejamento, atendendo as restrições de capacidade operacional e disponibilidade total de horas de trabalho. Usando o software LINDO na execução do modelo, foi gerado um novo cenário de produção que, quando comparado aos atuais planos, mostrou grandes possibilidades de otimização da carga de trabalho na empresa. Sua adoção possibilitou determinar eficientemente os cronogramas de atividades em cada período de tempo, melhorando muito a alocação dos recursos disponíveis. Além disso, a análise de sensibilidade mostrou que uma variedade de outros problemas gerenciais da empresa poderiam ser adicionalmente solucionados pelo uso do modelo.
30	1998	ÖZDAMAR, L.; BOZYEL M. A. & BIRBIL, S.I.	Foi desenvolvido um sistema de apoio à decisão para o planejamento hierárquico da produção a fim de facilitar as atividades nela envolvidas. Através de uma ferramenta de fácil manipulação aos usuários permite, além da realização de poderosas análises das atividades de produção em todos os níveis hierárquicos, acesso e atualização do banco de dados e integração aos sistemas de softwares MRP. Calcado em modelos de programação linear e algoritmos matemáticos, tem sido muito aplicado em empresas de máquinas agrícolas.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
31	1998	ADENSO-DÍAZ, B.; GONZÁLEZ, M. & GARCÍA, E.	Esse sistema foi implementado para auxiliar a CLAS (Central Lechera Asturiana), maior laticínio do norte da Espanha (volume de recebimento de 1,3 milhões de litros de leite por dia e receita anual de mais de US$ 375 milhões) a organizar sua rede de distribuição de produtos. A rede é formada de 19 regiões, sendo cada uma delas gerida por 10 promotores de vendas (cada um com uma equipe de vendedores). O número de clientes a serem atendidos por região varia de 5.000 a 15.000. Dada a magnitude dessa rede, o número de dados gerados diariamente era enorme. O SAD construído é composto de uma base de dados, uma de modelos e um gerenciador de interface. O banco de dados possui basicamente dados internos da empresa e dados geográficos. A base de modelos é formada por cinco grandes grupos de modelos hierárquicos (o problema global foi hierarquizado em cinco subproblemas: 1) Determinação do número de visitas semanais por cliente por vendedor; 2) Determinação do grupo de clientes a ser atendido por determinado promotor; 3) Determinação dos clientes a serem atendidos por determinado vendedor; 4) Determinar quais dias da semana de atendimento de cada cliente; 5) Determinar os menores caminhos a serem percorridos na rede. A interface é composta de menu principal com três opções: exibição de tabelas e constantes, exibição de dados e exibição de modelos. Os ganhos foram consideráveis, tendo promovido redução de 10% da quilometragem percorrida semanalmente. Durante a implementação o principal problema foi a crença no sistema por parte da gerência da empresa.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
32	1998	DRUMOND, F. P.	No trabalho apresenta-se um sistema de apoio à decisão para o planejamento da produção de médio e curto prazo do Terminal Portuário Tubarão, localizado no litoral brasileiro. O fluxo total de cargas e mercadorias do porto destina-se ao minério de ferro, pelotas e soja. Além da implementação de um modelo integrado de planejamento e de modelos de programação linear para a minimização de custos de produção e horas de trabalho, foram elaborados vários outros, representados por grafos disjuntivos, destinados ao sequenciamento das atividades portuárias (tempos, uso de equipamentos e atividades humanas). A resolução dos modelos foi feita usando o pacote CPLEX 5.0. A adoção de tais modelos mostrou-se essencial para a elaboração de bons planos de produção, principalmente em situações com demanda bem definida.
33	1999	SEM, S. & HIGLE, J.L.	Os autores discutem uma variedade de modelos de programação linear com restrições probabilísticas que podem ser usados para o planejamento sob incerteza, sendo ilustrados exemplos disponíveis na literatura sobre gerenciamento de linhas aéreas (condição de demanda aleatória visando maximizar a receita bruta esperada) e de telecomunicações (minimização das solicitações sem atendimento dos clientes de acordo com restrições orçamentárias da empresa).
34	1999	BERMON, S & HOOD, S. J.	O sistema denominado CAPS é uma ferramenta de apoio à decisão baseada em programação linear para o planejamento estratégico da capacidade de produção em uma grande empresa fabricante de semicondutores. Basicamente visa encontrar o mix de produção que maximiza o lucro, atendendo as restrições de capacidade operacional dos equipamentos envolvidos na linha de produção. Os autores descrevem as dificuldades de modelar esse complexo problema produtivo. A implementação, em interface gráfica, foi realizada em um servidor Unix através do solver OSL da IBM. Com capacidade para solucionar problemas com até 5500 variáveis de decisão e 2400 restrições, o sistema CAPS tem possibilitado reconciliar previsões de demanda dos produtos com a capacidade de produção planejada, auxiliando nas estratégias de investimentos e provocando grande crescimento de receita bruta.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
35	2000	BUEHLMANN, U.; RAGSDALE, C.T. & GFELLER, B.	O artigo descreve um sistema de apoio a decisão baseado em planilha eletrônica (MS Excel) destinado ao auxílio na alocação dos recursos de produção e na combinação de diferentes tipos de matérias-primas no processamento de painéis de madeira. A formulação do problema foi obtida através de um modelo de programação linear simples, com uma função objetivo de minimização dos custos totais de produção. As restrições foram divididas em três grupos: quantidade e disponibilidade de matéria-prima (47), capacidade dos equipamentos de processamento (9) e garantia da qualidade (11). A entrada de dados no sistema (implementado com interface amigável usando a linguagem VBA) consistiu, portanto, em dados de produção, matérias-primas, qualidade, capacidade operacional e de custos. A execução do modelo permiti a geração de relatórios de custos finais (totais e individuais) e de gráficos do uso dos equipamentos. Os autores afirmam se tratar de uma ferramenta de apoio extremamente versátil e útil na redução de custos, tanto para gerentes de fábricas como para o pessoal comercial e outros indivíduos envolvidos no processamento.
36	2000	KATOK, E. & OTT, D.	Um grande indústria americana produtora de latas de alumínio, a VMC, desenvolveu um sistema de apoio à decisão baseado em planilha eletrônica para auxiliar na elaboração dos planos e cronogramas semanais de produção. Usando modelos de programação inteira, o sistema que foi implementado em linguagem GAMS, visa reduzir o custo total semanal das operações de troca de rótulos e de depaletização das latas. A entrada de dados no sistema, que refere-se às informações de estoques, capacidade operacional, demanda, tempo de processos e custos, permite a geração posterior de relatórios de cronometragem de processos, níveis de produção e de estoques. Dados obtidos pelo uso da ferramenta computacional estimam uma redução anual de aproximadamente US$150 mil nos custos de produção.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
37	2000	MÜLLER, B.	O trabalho descreve a implementação de modelos de otimização simultânea das variáveis preço e quantidade, com a função-objetivo quadrática, para auxiliar no planejamento da produção da indústria laticinista local. A ferramenta computacional mostrou menor necessidade de entrada de dados adicionais e melhoria de rendimentos de processamento, quando comparados aos métodos tradicionais.
38	2001	BROWN, G. et al.	Desde o final da década de oitenta a Kellogg, maior produtora de cereais do mundo e líder na produção de alimentos de conveniência, vem utilizando um sistema de apoio na otimização da produção, de estoques e da rede de distribuição. A empresa tem 5 unidades nos Estados Unidos e 5 no Canadá, sendo que cada unidade tem em média 7 centros de distribuição dos produtos. Dentro dessa rede tem-se ainda mais 15 empresas terceirizadas que atuam na produção ou apenas na embalagem de alguns dos milhares de itens linha de produtos. O sistema criado foi dividido em duas versões: KPS operacional e KPS tático. O primeiro, que atua em base semanal e via modelos de programação linear (aproximadamente com 100 mil restrições, 700 mil variáveis e 4 milhões de coeficientes não nulos) visa dar auxílio em decisões do tipo “onde produzir”, “para onde transportar”, “qual mix produzir”, dentre muitas outras. O segundo também baseado em modelos de PL, porém em base mensal, auxilia em processos decisórios de planejamento de longo prazo (orçamentos industriais, investigação de capacidades de expansão, localização de novas unidades e centros de distribuição). Atualmente o sistema (solucionado por X-System em um Pentium III 500 MHz em cerca de 20 minutos) ainda encontra-se em constante aprimoramento. Os benefícios gerados foram muitos em mais de uma década de uso. Por exemplo, o uso da versão operacional resultou na redução de US$ 4,5 milhões dos custos de produção em 1995. Segundo dados da empresa, o uso do KPS tático tem resultado no acúmulo médio de caixa estimado de US$ 35 à 40 milhões por ano.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
39	2001	MÜLLER, B.	O autor demonstra a implementação de um algoritmo computacional de apoio decisório baseado em modelos de otimização mista visando a utilização ótima da capacidade de produção e de vendas em laticínios, função de fatores de riscos mercadológicos futuros. Seu uso requer softwares padrão e computadores pessoais comuns. A adoção desses métodos provocou melhoria dos rendimentos de leite processado diariamente.
40	2002	LEE, T.; KAO, J. & WU, C.	O estudo pretendeu melhorar a eficiência de preços dos mercados atacadistas de pescado em Taiwan pela aplicação de um sistema de apoio à decisão. O desenvolvimento do mesmo baseou-se na implementação de dois modelos: simulação (dinâmica de processos envolvidos e análises estatísticas) e regressão. Compatível com sistema Windows, a ferramenta de apoio é composta por um módulo de interface, uma base de dados e outra de modelos. No artigo é mostrado um exemplo de aplicação do sistema em um mercado regional do país, permitindo atestar a efetividade do mesmo.
41	2002	GOTHE-LUNDGREN, M.; LUNDGREN J. T. & PERSSON, J. A.	No texto é mostrada a formulação de um modelo de programação linear inteira mista para descrever o problema de planejamento e programação da produção em uma refinaria de óleos. O objetivo básico foi auxiliar nas decisões relativas ao modo de operação das atividades de destilação e de hidrotratamento, de modo a minimizar os custos de produção e satisfazer a demanda. Solucionado pelo software CPLEX, os autores mostram a aplicabilidade e importância da ferramenta na identificação de novos cenários nos níveis tático e estratégico.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
42	2002	SINGER, M.; DONOSO, P. & POBLETE, F.	O departamento do Tesouro Nacional Chileno, como forma de reduzir as ineficiências causadas pelos atuais métodos de planejamento estratégico e melhorar o controle sobre os trinta e cinco (35) escritórios regionais ao longo do país, desenvolveu um sistema baseado em planilha eletrônica e em modelos multiperiódicos de programação linear. A função-objetivo visa maximizar o valor presente líquido de todos os rendimentos oriundos dos pagamentos, concordatas e liquidações de bens e pessoas jurídicas. O sistema é alimentado por diversos parâmetros dependentes de cada região. A implementação da ferramenta mostrou efeitos positivos no rendimento de performance e de alcance de metas nos escritórios do governo.
43	2002	RECIO, B.; RUBIO, F. & CRIADO, J. A.	O artigo mostra uma nova abordagem de sistema de suporte ao planejamento rural em fazendas e empresas rurais de médio e grande porte. Buscando representar a complexidade do problema, que envolve elaboração de cronogramas de trabalhos e atividades, análise de investimentos e de custo-benefício, seleção de equipamentos e outros aspectos de programação da produção, a modelagem foi feita através de técnicas de programação linear inteira visando minimizar os custos de produção. O sistema, implementado em programação C++ integrada ao otimizador CPLEX, mostrou resultados satisfatórios no apoio decisório das várias operações e atividades envolvidas.
44	2002	HUDA, A. M. & CHUNG, C. A.	O objetivo do artigo foi explorar a aplicação da análise e da modelagem de simulação em indústrias de alimentos de processos semicontínuos, permitindo auxiliar analistas da área na criação de modelos de simulação. São discutidas as etapas de coleta de dados, medidas de performance, validação, verificação dos modelos e design experimental.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
45	2002	CAIXETA-FILHO, J. V.; van SWAAY-NETO, J. M. & WAGEMAKER, A. P.	Esse sistema foi desenvolvido para auxiliar a empresa Jan de Wit, localizada no município de Holambra/SP, na otimização da comercialização e do planejamento da produção de flores de lírio.O modelo de otimização baseado em programação linear tem a função-objetivo de maximizar a margem de contribuição, restrições de limites de venda, de demanda do mercado, de uso de estufas, de aspectos técnicos e do tempo do ciclo de produção. As variáveis de decisão são o numero de lírios da variedade "v" produzidos na estufa "x", batelada "y". A matriz do modelo tem aproximadamente 120 mil linhas, 420 mil colunas e 1,3 milhões de coeficientes não-nulos A interface é amigável e os "*outputs*" são: resultados financeiros, vendas, uso de estufas, utilização de recursos, dentre outros.O SAD (compatível com o sistema Windows, programado inicialmente em Visual Basic e posteriormente em linguagem GAMS), que vem sendo usado desde o inicio de 2000, resultou em incremento de 26% da receita, 14,8% na produção de vasos e 29,3% na de buquês.
46	2002	BROWN, G. et al.	Foi desenvolvido um modelo de otimização de minimização de custos de base semanal destinado à programação das linhas de produção e de acondicionamento da Hidden Valley, tradicional empresa produtora de molhos, temperos e *flavors* localizada no sul do estado da Califórnia, Estados Unidos. O modelo abrange restrições relativas às unidades produtivas, linhas de envase e transportadores, custo e tempo de embalagem, comutações, paradas, níveis de estoques e serviços, carregamentos, custos de insumos, oferta de mão-de-obra, dentre outras. A implementação, que foi feita através do pacote PowerVista com interface gráfica e amigável, permitiu dinamizar a elaboração dos planos e cronogramas propostos, trazendo eficiência e maior qualidade nas decisões envolvidas.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
47	2003	BEAUCLAIR, E. G. F.; KAZAN, B. & PENTEADO, C. R.	Mastersafra é uma ferramenta de planejamento integrado de uma agroindústria sucro-alcooeira. O sistema destina-se à maximização da geração de caixa atendendo restrições das áreas de produção agrícola (manejo, ambiente, qualidade, rendimentos e custos), industrial (capacidades operacionais, estoques, processos, limites, etc.) comercial (estoques inicias, custos de armazenamento, limites de mercado), física (qualidade da matéria-prima) e financeiro (taxas, juros, estimativas de câmbio e horizontes de planejamento). Testes de validação do sistema em unidades agroindustriais do estado de São Paulo mostraram benefício em torno de 5% da receita bruta.
48	2003	ALMEIDA-JÚNIOR, J. F.; SILVA, C. A. B. & HELENO, G.	O trabalho mostra um protótipo de sistema de apoio à definição do mix de produção em indústrias de laticínios. Baseado em um modelo de programação linear que objetiva a maximização do lucro e atende restrições operacionais e mercadológicas, foi implementado em planilha eletrônica usando o código VBA. O sistema permite fácil e amigável entrada de dados, gerando um relatório de mix ótimo que pode auxiliar gerentes laticinistas na programação da produção. Os autores afirmam que adoção da ferramenta, que teve baixos níveis de investimento, é plenamente viável em laticínios de pequeno e médio porte.
49	2003	COWLING, P.	Nesse trabalho discute-se a problemática da programação do uso do moinho de rolos em indústrias produtoras de aço, marcadas freqüentemente por instabilidades e eventos imprevistos nas etapas de produção. Descreve-se ainda em detalhes a operação de um sistema de apoio à decisão comercial, muito usado pelas indústrias do ramo, que auxilia na elaboração dos cronogramas de trabalho. Tal sistema baseia-se em algoritmos e técnicas heurísticas para lidar melhor com os problemas de operação na produção. No texto os autores atestam a vantagem operacional dessa ferramenta computacional quando comparada ao sistemas manuais de determinação de cronogramas das atividades de produção.

Tabela 2 (Cont.) – Numeração, ano de publicação, autores e resumos dos trabalhos.

NÚMERO	ANO	AUTOR (ES)	RESUMO
50	2003	GIANNELOS, N. F. & GEORGIADIS, M. C.	Uma nova abordagem de modelagem para a programação da produção em indústrias de bens de consumo rápido é descrita no artigo, usando programação linear mista-inteira. O modelo, que visa maximizar vendas de produtos finais, inclui dados sobre processos, matérias-primas, requerimentos de estocagem, horizonte de operação, demanda de produtos, alocação de equipamentos, dentre outros. No trabalho é apresentado um estudo de caso de aplicação do modelo, solucionado pelo software CPLEX (via linguagem GAMS).

5. CONCLUSÕES

A revisão de literatura realizada neste trabalho de pesquisa mostra que este campo de estudo da área de tecnologia da informação foi e continua sendo fortemente disseminado nas mais diversas regiões do globo nas últimas décadas. Vários países vêm adotando aplicações desses sistemas, incluindo o Brasil, Chile, Espanha, Inglaterra, Suíça, Suécia, Alemanha, França, Irlanda, Holanda, Grécia, Turquia, Sri Lanka, Tailândia, Singapura, Taiwan, Japão, Nova Zelândia, México e Canadá. São principalmente freqüentes as aplicações nos Estados Unidos, pioneiros nos estudos e usos desses sistemas e certamente com a grande maioria de desenvolvimentos de ferramentas computacionais na área gerencial.

Durante a fase de análise, elaboração e classificação dos resumos dos artigos pôde-se claramente perceber algumas tendências no uso das técnicas de modelagem investigadas nos ambientes gerenciais. A maior parcela dos sistemas é destinado aos gerentes do nível tático das empresas, direcionados sobretudo para a área de planejamento e controle das atividades de produção e visando principalmente minimizar os custos de produção (totais ou setoriais). Notou-se ainda o forte uso de algumas ferramentas computacionais em especial, como os "*solvers*" de planilhas eletrônicas e do pacote CPLEX, e as linguagens de programação GAMS e VBA nos trabalhos mais recentes. Outro fato que pode ser destacado refere-se à aparição de algumas aplicações dos SOM's fora do ramo empresarial e privado, como o desenvolvimento e implementação de modelos de programação linear em ambientes gerenciais de alguns órgãos governamentais.

Espera-se assim que essa revisão possa contribuir na investigação de trabalhos futuros nessa área de sistemas de apoio à decisão, estimulando também a elaboração de novos levantamentos bibliográficos especializados similares, infelizmente ainda não muito freqüentes ou disponibilizados na literatura.

6. REFERÊNCIAS

ADENSO-DÍAZ, B.; GONZÁLEZ, M.; GARCÍA, E. A Hierarquical Approach to Managing Dairy Routing. **Interfaces**, v.28, n.2, p.21–31, mar./apr. 1998.

ALMEIDA-JÚNIOR, J. F.; SILVA, C. A. B.; HELENO, G. Desenvolvimento de um Protótipo para a Otimização do Mix de Produção na Indústria de Laticínios. In: **IV Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e à Agroindústria**, 2.,2003, Porto Seguro. Anais...Lavras/MG: Universidade Federal de Lavras, 2003.

BAKER, G.L; CLARK, W.A.; FRUND, J.J.; WENDELL, R.E. Production Planning and Cost Analysis on a Microcomputer. **Interfaces**, v.17, n.4, p.53-60, jul./aug. 1987.

BALINTFY, J. L. A Mathematical Programming System for Food Mangement Applications. **Interfaces**, v.6, n.1, p.13-31 , nov. 1975.

BEAUCLAIR, E. G. F.; KAZAN, B.; PENTEADO, C. R. Mastersafra - Uma Ferramenta de Planejamento Estratégico para a Agroindústria Sucro-Alcooleira. In: **IV Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e à Agroindústria**, 2.,2003, Porto Seguro. Anais...Lavras/MG: Universidade Federal de Lavras, 2003.

BERMON, S.; HOOD, S. J. Capacity Optimization Planning System. **Interfaces**, v.29, n.5, p.31-50, sep./oct. 1999.

BOWERS, M.R.; AGARWAL, A. Lower In-Process Inventory and Better On-Time Performance at Tanner Companies, Inc. **Interfaces**, v.25, n.4, p.30-43, jul./aug. 1995.

BRAGA, J. L. **Tecnologia da Informação.** Apostila MBA Agronegócio. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2001. 76p.

BROWN, G. et al. Optimizing Plant-Line Schedules and an Application at Hidden Valley Manufacturing Company. **Interfaces**, v.32, n.3, p.1–14, may./jun. 2002.

BROWN, G. et al. The Kellogg Company Optimizes Production, Inventory, and Distribuition. **Interfaces**, v.31, n.6, p.1–15, nov./dec. 2001.

BUEHLMANN, U.; RAGSDALE, C.T.; GFELLER, B. A Spreadsheet-based Decision Support System for Wood Panel Manufacturing. **Decision Support Systems**, v.29, n.207–227, 2000.

CABRAAL, R.A. Production Planning in a Sri Lanka Coconut Mill Using Parametric Linear Programming. **Interfaces**, v.11, n.3, p.16-23, jun. 1981.

CAIXETA-FILHO, J. V.; van SWAAY-NETO, J. M.; WAGEMAKER, A. P. Optimization of the Production Planning and Trade of Lily Flowers at Jan de Wit Company. **Interfaces**, v.13, n.1, p.35–46, jan./feb. 2002.

CASTRO, E.L.; TABUCANON, M.T.; NAGARUR, N. N. A Production Order Quantity Model with Stochastic Demand for a Chocolate Milk Manufacturer. **International Journal of Production Economics**, v.49, p.145-156, 1997.

COWLING, P. A Flexible Decision Support System for Steel Hot Rolling Mill Scheduling. **Computers & Industrial Engineering**, v.45, p.307–321, 2003.

DRUMOND, F. P**. Sistema de Apoio à decisão para Planejamento da Produção de um Terminal Portuário**. 1998. 86p. Tese (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FINCKE, U.; VAESSEN, W. Reducing Distribuition Costs in a Two-Level Inventory System at Ciba-Geigy. **Interfaces**, v.18, n.6, p.92-104, nov./dec. 1988.

FORNETTI, M. **Uso de Modelos Computacionais de Gerenciamento e Controle da Produção na Indústria de Laticínios.** 1988. 97p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG.

GAZMURI, P.; ARRATE, I. Modeling and Visualization for a Production Planning Decision Support System**. International Trans. Operational Research**, v.2, n.3, p.249-258, 1995.

GIANNELOS, N. F.; GEORGIADIS, M. C. Efficient Scheduling of Consumer Goods Manufacturing Processes in the Continuos Time Domain. **Computers & Operations Research**, v.30, p.1367-1381, 2003.

GOTHE-LUNDGREN, M.; LUNDGREN J. T.; PERSSON, J. A. An Optimization Model for Refinery Production Scheduling. **International Journal of Production Economics**, v.78, p.255-270, 2002.

HARRISON, H.; WILLS, D.R. Product Assembly and Distribuition Optimization in na Agribusiness Cooperative. **Interfaces**, v.13, p.1-9, apr. 1983.

HARRISON, H. Management Science and Productivity Improvement in Irish Milk Cooperatives. **Interfaces**, v.16, n.4, p.31-40, jul./aug. 1986.

HUDA, A. M.; CHUNG, C. A. Simulation Modeling and Analysis Issues for High-Speed Combined Contonuos and Discrete Food Industry Manufacturing Process. **Computers & Industrial Engineering**, v.43, p.473-483, 2002.

JAIN, S. K.; STOTT, K. L.; VASOLD, E. G. Orderbook Balancing Using a Combination of Linear Programming and Heuristic Techniques. **Interfaces**, v.9, n.1, p.55-67, nov. 1978.

KATOK, E.; OTT, D. Using Mixed-Integer Programming to Reduce Label Changes in the Coors Aluminum Can Plant. **Interfaces**, v.30, n.2, p.1-12, mar./apr. 2000.

KHOONG, C. M.; LAU, H. C. ROMAN: An Integrated Approach to Manpower Planning and Scheduling. **Computer Science and Operations Research**, Great Britain: Pergamon Press, 1992

KING, R.H.; LOVE JR., R.R. Cordinating Decisions for Increased Profits. **Interfaces**, v.10, n.6, p.4-19, dez. 1980.

LEACHMAN, R. C. et al. IMPReSS: An Automated Production-Planning and Delivery-Quotation System at Harris Corporation - Semiconductor Sector. **Interfaces**, v.26, n.1, p.6-37, jan./feb. 1996.

LEE, T.; KAO, J.; WU, C. Application of PDSS to Improve the Price Eficiency of Wholesale Fish Market. **Simulation Practice and Theory**, v.9, p.241-253, 2002..

LIBERATORE, M.J.; MILLER, T. A Hierarquical Production Planning System. **Interfaces**, v.15, n.4, p.1-11, jul./aug. 1985.

LOVE JR., R.R.; HOEY, J. M. Management Science Improve Fast-Food Operations. **Interfaces**, v.20, n.2, p.21-29, mar./apr. 1990.

MACLEOD, B.; MOLL, R. A Principled Approach to Solving Complex Discrete Optimization Problems. **Computer Science and Operations Research**, Great Britain: Pergamon Press, 1992

MÜLLER, B. Optimal utilization of production capacities in a dairy at risk. **Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte**, v.53, n.2, p.93-122, 2001.

MÜLLER, B. Simultaneous optimization of price and quantity at the example of production program planning in dairies. **Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte**, v.52, n.3, p.245-267, 2000.

NEBOL, E. Macro Production Planning: An Applied Research Project. **Interfaces**, v.17, n.4, p.71-77, jul./aug. 1987.

ÖZDAMAR, L.; BOZYEL M. A.; BIRBIL, S.I. A Hierarquical decision Support System for Production Planning (with case study). **European Journal of Operational Research**, v.104, p.403-422, 1998.

PAREDIS, J.; van RIJ, T. Intelligent Modeling, Simulation and Scheduling of Discrete Production Process. **Computer Science and Operations Research**, Great Britain: Pergamon Press, 1992

PORTOUGAL, V. Production Scheduling in the Snack-Food Industry. **Interfaces**, v.27, n.6, p.51-64, nov./dec. 1997.

POWER, D. J. A Brief History of Decision Support Systems. **DSSResorces.COM**, version 2.8, may. 2003. Disponível em: http://DSSResorces.COM/history/dsshistory.html. Acesso em: 04 fev. 2004.

RANDHAWA, S.U.; BJARNASON, E.T. A decision Aid for Coordinating Fishing and Fish Processing. **European Journal of Operational Research**, v.81, p.62-75, 1995.

RECIO, B.; RUBIO, F.; CRIADO, J. A. A Decision Support System for Farm Planning using AgriSupport II. **Decision Support Systems** (In Press), v.1020, 15p., 2002.

ROY, A.; FALOMIR, E.E.; LASDON, L. An Optimization-based decision support system for a Product Mix Problem. **Interfaces**, v.12, n.2, p.26-33, apr. 1982.

SANKARAN, J.K.; UBGADE, R.R. Routing Tankers for Dairy Milk Pickup. **Interfaces**, v.24, n.5, p.59-66, sep./oct. 1994.

SEM, S.; HIGLE, J. L. An Introductory Tutorial on Stochastic Linear Programming Models. **Interfaces**, v.29, n.2, p.33-61, mar./apr. 1999.

SINGER, M.; DONOSO, P.; POBLETE, F. Semi-Autonomus Using Linear Programming in the Chilean General Treasury. **European Journal of Operational Research**, v.140, p.517-529, 2002.

SULLIVAN, R. S.; SECREST, S. C. A Simple Optmization DSS for Production Planning at Dairyman's Cooperative Creamery Association. **Interfaces**, v.15, n.5, p.43-56, sep./oct. 1985.

SUNDARARAJAN, S. et al. Application of a Decision Support System for Operational Decisions. **Computers & Industrial Engineering**, v.35, n.1-2, p.141-144, 1998.

SWART, W.; DONNO, L. Simulation Modeling Improves Operations, Planning and Productivity of Fast Food Restaurants. **Interfaces**, v.11, n.6, p.35-47, dec. 1981.

TAUBE-NETTO, M. Integrated Planning for Poltry Production at Sadia. **Interfaces**, v.26, n.1, p.38-53, jan./feb. 1996.

TSUBONE, H.; MATSUURA, H.; KIMURA, K. Decision Support System for Production Planning - Concept and Prototype. **Decision Support Systems**, v.13, p.207-215., 1995.

TURBAN, E. & ARONSON, J. E. **Decision Support Systems and Intelligent Systems** Prentice-Hall : New Jersey, 1998. 589p.

ZHANG, B.; PLONKA, F. Optimization of Work loading for the Die and Tool Shop. **Computers & Industrial Engineering**, v.35, n.1-2, p.41-44, 1998.

Capítulo 3

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM LATICÍNIOS

EXTRATO

No intuito de atender a forte demanda e suprir a carência das indústrias de laticínios brasileiras quanto a “softwares” específicos de apoio às decisões gerenciais, este trabalho objetivou desenvolver um protótipo de sistema de suporte aos gerentes e técnicos laticinistas na definição semanal dos planos de produção. Orientado por um modelo de programação linear de objetivo único - a maximização da margem de contribuição - considerando restrições de volume de leite recebido, creme e soro de leite gerados, disponibilidade de mão-de-obra operacional, capacidade dos equipamentos críticos e limites mínimos e máximos de vendas, o sistema foi construído em planilha eletrônica convencional conjuntamente com a automatização de tarefas em código VBA (*Visual Basic for Applications*). Com interface auto-explicativa e amigável, permite a inserção dos dados que compõem o problema do mix de produção (coeficientes técnicos diversos, preços, custos, limites mercadológicos e disponibilidades totais dos recursos produtivos) através de caixas de diálogo. Os resultados gerados municiam os gerentes com um conjunto de informações mostradas na forma de relatórios, gráficos e tabelas, agilizando e melhorando a qualidade da decisão referente à determinação do mix semanal de produtos. Além da descrição e apresentação do protótipo, o trabalho ilustra os resultados de um teste preliminar realizado a partir de dados reais de uma indústria de laticínios de pequeno porte.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços na área de ciência da computação e tecnologia da informação marcaram de forma indubitável a sociedade global no século passado. No Brasil, assim como em outros países, a forte disseminação das tecnologias de informática, evidenciada pelo advento da Internet e dos sistemas e softwares interativos nos últimos anos, deu nova dinâmica às atuais relações e atividades empresariais, ocasionando impacto especial na competitividade do setor industrial.

De acordo com o recente estudo feito pelo SEBRAE (2003), que avaliou o atual estágio de uso da informática nas micro e pequenas empresas do estado de São Paulo, a informatização empresarial pode hoje atuar antagonicamente, desde agente colaborador até excludente, no que se refere às oportunidades de negócios e competitividade. Ainda neste estudo foram identificadas as atuais atividades econômicas mais e menos informatizadas. No setor industrial os maiores índices ocorrem nas atividades produtivas de plástico e borracha, equipamentos, edição e gráfica e de construção civil. Em contrapartida as indústrias menos informatizadas são às de couros e calçados, móveis, têxteis, metalúrgica e de alimentos, onde se insere a indústria de leite e derivados.

Embora tradicional na economia brasileira, com a sexta maior produção em volume de leite do globo e efetiva participação na geração de empregos e renda para a sociedade, a indústria de laticínios ainda é consideravelmente desprovida de ferramentas de informática, especialmente no que se refere a softwares específicos para o apoio gerencial. O ramo industrial de laticínios do Brasil, que iniciou seu processo de informatização a partir de 1980 (com impulso entre meados dessa década e o princípio dos anos 90), possui maior carência de programas direcionados às áreas de custos, gerenciamento da recepção de leite e otimização/planejamento da produção (CARVALHO & SILVA, 1997). Como se pode notar, tais necessidades requerem, além das ferramentas computacionais, a contribuição das ciências gerenciais.

No panorama atual do setor de laticínios, dentre as várias atividades gerenciais, a utilização das técnicas de planejamento e controle da produção, em particular, assume função primordial no auxílio à alocação ótima dos recursos produtivos disponíveis. A elaboração de planos de produção e vendas e a determinação de níveis ótimos de estoques e planos de distribuição têm sido aplicadas em indústrias de alimentos nesse contexto, principalmente no exterior, com o embasamento de técnicas oriundas da área de pesquisa operacional (PO), como a programação linear (PL). Trabalhos como o de HARRISON (1986), CLAASSEN & van BEEK (1993) e BROWN et al. (2001), exemplificam esses argumentos.

Os modelos de programação linear permitem conduzir, por exemplo, estudos que auxiliem na determinação do mix de produtos a ser adotado para que haja maximização da margem de contribuição, de acordo com as restrições operacionais e mercadológicas das empresas. A análise de mix de produtos é normalmente simples de ilustrar e os resultados são de fácil compreensão, tendo grande aplicabilidade inclusive em pequenas e microempresas, como as indústrias de laticínios de menor porte.

Definir claramente o problema e os objetivos, coletar, classificar e registrar os dados necessários, desenvolver novos cenários para realização de análises de mix complementares, selecionar o perfil ótimo de mix de produção e mapear a atual seqüência de produção, são alguns passos básicos que podem ajudar na redução das chances de insucesso em um estudo de mix de produtos (HSIANG, 2002). Alguns exemplos dos benefícios trazidos pela aplicação prática desse tipo de análise podem ser encontradas em ROY et al. (1982) e em RANDHAWA & BJARNASON (1995)

Retomando a atenção para as ferramentas computacionais hoje disponíveis, pode-se agora discorrer melhor sobre a implementação dos modelos matemáticos de programação linear aplicados ao gerenciamento da produção, caso aplicável nos problemas de definição de mix de produção.

Atualmente, com a economia global, muitos são os fatores que podem influenciar a tomada de decisão dos gerentes industriais. Fatores extrínsecos

como estabilidade política, intervenções governamentais, competição, hábitos de consumo, complexidade da estrutura dos negócios e tecnologia da informática, aliados aos intrínsecos, como dados financeiros e de produção, tornam decisões aparentemente simples (como a definição do mix de produtos) em questões de risco competitivo para as indústrias nacionais e internacionais (BRAGA, 2001).

Conseqüentemente a eficiência na condução e implementação de modelos de PL que apóiem as decisões de definição do mix de produção depende primordialmente do auxílio de ferramentas computacionais. Registro de dados, desenvolvimento de novos cenários e seleção do perfil ótimo não são tarefas trivialmente realizadas sem a ajuda de computadores.

Alem disso, segundo HSIANG (2002), uma concisa análise de mix de produção não é tão simples como parece. A grande quantidade de dados necessários ao estudo não é, em geral, obtida na forma mais conveniente para análises preliminares. Isso pode demandar tempo, de acordo com os objetivos e com a complexidade do problema. Outro ponto importante diz respeito à dificuldade de implementação de algumas restrições operacionais. Algumas delas podem não estar bem especificadas para a modelagem do problema de otimização, como a disponibilidade de matéria-prima, sazonalidade da demanda de clientes e “gargalos” na produção. Por envolver uma extensa série de requisitos, restrições e informações a respeito do processo de produção, do mercado e do ambiente externo, a qualidade da decisão do mix de produtos pode ficar prejudicada caso se baseie exclusivamente na experiência e na habilidade da mente humana. Desse modo, a modelagem e implementação desse problema gerencial requerem, indispensavelmente, o emprego de apoio computacional através do uso e construção de protótipos e softwares específicos, como forma de melhorar a qualidade dessa importante decisão gerencial.

Nos últimos anos, diferentes softwares e linguagens de programação têm sido utilizados na implementação dos modelos de PL que descrevem o problema do mix de produtos em pequenas e médias empresas. Incluem-se nesse grupo os “solvers” tradicionais e planilhas eletrônicas, além dos códigos das linguagens GAMS, AMPL, Visual Basic e Delphi.

Em razão da sua ampla disseminação, boa acessibilidade, grande facilidade e versatilidade de uso, inclusive por usuários comuns, as planilhas eletrônicas aparecem como uma ferramenta muito poderosa no apoio ao gerenciamento de empresas. Além disso, as planilhas podem hoje possuir conjunção com programas complementares, como os “solvers” e o código VBA (*Visual Basic for Applications*), facilitando a implementação de modelos e protótipos de otimização a um custo reduzido e com boa adequação à realidade das micro, pequenas e médias indústrias. Exemplos dessas aplicações podem ser encontrados nos estudos de BUEHLMANN et al. (2000) e CAIXETA-FILHO (2002).

Mesmo que de forma sucinta, os argumentos acima constituíram o referencial para o presente trabalho de pesquisa, que por sua vez consistiu no desenvolvimento e teste preliminar de um protótipo de sistema de apoio à decisão aplicado na otimização do mix de produção em indústrias de laticínios de pequeno e médio porte.

2. OBJETIVOS

No intuito de atender as necessidades do ramo industrial brasileiro de laticínios por sistemas específicos para o auxílio em processos decisórios no ambiente gerencial frente ao novo cenário competitivo, este trabalho visou contribuir, através do desenvolvimento de um protótipo de sistema de apoio à decisão baseado em otimização, com a melhoria da eficiência gerencial dos pequenos e médios laticínios.

Especificamente pretende-se:

i. Com base nas necessidades identificadas em levantamento previamente realizado junto às indústrias mineiras do setor, desenvolver um sistema flexível, acessível e de fácil utilização por laticínios de pequeno e médio porte, baseado em planilha eletrônica e na edição de códigos VBA;

ii. Implementar, além das saídas para a geração dos relatórios de mix ótimo de produção e de sobra e uso dos recursos produtivos (incluindo cálculo do ponto de equilíbrio), outras duas formas de apreciação de resultados destinadas à geração do relatório de análise de sensibilidade e de gráfico comparativo (lucro gerado *versus* consumo percentual de matéria-prima, por produto produzido).

iii. Realizar teste preliminar do protótipo a partir de dados reais de uma indústria de laticínios de médio porte, obtendo informações iniciais sobre a efetividade do sistema desenvolvido.

3. METODOLOGIA

O desenvolvimento do protótipo seguiu a metodologia de prototipação proposta por TURBAN (1998), que envolve os seguintes passos iniciais:

i. Pesquisa e Análise

Essa etapa consistiu numa ampla revisão de literatura sobre o uso de modelos e ferramentas de suporte à decisão em ambientes produtivos, nos mais diversos setores, não apenas na área de laticínios e de alimentos. Posteriormente, foram levantadas as opções de ferramentas aplicáveis e sua relação com os recursos financeiros, humanos e operacionais disponíveis para a pesquisa. A opção inicial por planilhas eletrônicas deu-se basicamente pelos seguintes motivos: resultados do levantamento feito com as indústrias de laticínios (onde quase 70% das empresas de Minas Gerais que usam algum software na programação da produção, adotam planilhas eletrônicas), versatilidade dos softwares de planilhas disponíveis atualmente (interação direta com “solvers” de PL e linguagens de programação, como VBA) e alguns resultados da revisão de literatura (trabalhos de BUEHLMANN et al. (2000) e CAIXETA-FILHO (2002) exemplificam boa aplicabilidade e relação

custo-benefício na construção de protótipos a partir de planilhas e código VBA).

ii. Planejamento e Design

Após a escolha pela utilização de planilhas eletrônicas (Microsoft Excel 2000) em consórcio com a linguagem VBA na construção do sistema, o procedimento posterior foi definir de forma generalizada a estrutura do modelo de programação linear que melhor representaria o problema do mix de produção na indústria de laticínios. O apoio necessário foi obtido em BENEKE & WINTERBOER (1973). Optou-se por uma função-objetivo de maximização da margem de contribuição, em razão da maior facilidade de interpretação dos resultados da otimização. A definição das restrições do problema baseou-se na análise das respostas obtidas no levantamento feito com as indústrias de laticínios do Estado de Minas Gerais. O desenho do sistema, feito a partir das características do modelo de otimização, foi dividido em 4 subsistemas: módulo de interface I (entrada de dados), módulo de base de dados, módulo de base do modelo e módulo de interface II (saída de relatórios).

iii. Construção

O protótipo, construído em planilha do software Microsoft Excel 2000 (com interface amigável), foi feito a partir da automatização de tarefas utilizando-se macros e sub-rotinas com edição de código VBA. A base de trabalho dessa etapa foi obtida em ALBRIGHT (2001). O sistema foi desenvolvido em uma pasta de trabalho que aloja os quatro módulos (planilhas). O módulo de interface I, composto por uma única planilha de apresentação, suporta toda a entrada de dados do modelo pelo usuário. Para isso, foram arquitetados em código VBA vários botões automatizados e caixas de diálogo. Os dados inseridos são então enviados e armazenados no módulo de base de dados (planilha de

dados). Em outra planilha foi construído o modelo de PL (módulo de base do modelo) de acordo com o formato de entrada do *solver* (*add-in* do Excel). Esse módulo foi diretamente vinculado ao de base de dados, permitindo a alimentação propriamente dita do modelo matemático. O módulo de interface II foi composto por três planilhas. A primeira se refere à recepção dos relatórios de mix de produtos e de uso e sobra dos recursos. A segunda, à geração do gráfico de percentagem de lucro versus percentagem de uso de leite cru. E finalmente a terceira é gerada para exibir dados oriundos da análise de sensibilidade.

iv. Implementação

Nesta fase o protótipo foi inicialmente testado com pequenos modelos de otimização de mix de produção, permitindo detectar falhas potenciais. Depois de realizadas as devidas correções o sistema sofreu um teste preliminar, a partir da obtenção de dados reais de um laticínio de médio porte da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, possibilitando averiguar em termos práticos a sua validação (através da comparação do atual plano de produção da empresa com o plano ótimo gerado pelo protótipo). Esse modelo, que representa a problema do mix de produtos do supracitado laticínio, foi também implementado em uma nova planilha utilizando o “solver” de forma convencional para atestar a veracidade dos resultados obtidos.

4. RESULTADOS

4.1 O Modelo

Em razão da facilidade de compreensão, o problema de mix de produtos tem sido muito utilizado por vários autores como forma de introduzir conceitos básicos de otimização. Além disso, diversos trabalhos têm empregado a programação linear como forma de representar matematicamente a análise de mix, principalmente pela boa relação “simplicidade-realidade” que essa técnica de modelagem possui.

No presente estudo o problema do mix de produção na indústria de laticínios foi descrito através de um modelo semanal de PL de objetivo único, a maximização da margem de contribuição, com restrições de volume de leite recebido, creme e soro de leite gerados, disponibilidade de mão-de-obra operacional, capacidade dos equipamentos críticos, incluindo o módulo de estocagem (câmara fria) e limites mínimos e máximos de vendas por item produzido. A base semanal foi escolhida por dois motivos básicos: variação normalmente desprezível na oferta de leite no decorrer de uma semana e definição dos planos de produção por grande parcela das indústrias de laticínios e de alimentos ser feita semanalmente.

A função-objetivo expressa a maximização da função “margem de contribuição total” obtida de um determinado mix de produção (tipos de produtos e suas respectivas quantidades produzidas). Sua montagem depende da lista total de itens fabricados, além do conhecimento prévio e preciso dos custos e preços de venda unitários. Como mostrado a seguir, a função-objetivo representa a maximização da soma dos produtos das respectivas quantidades produzidas pelas margens unitárias de contribuição:

$$\max M = \Sigma\, (P_j - C_j) \,.\, X_j$$

onde;

X_j = atividade j, que corresponde a quantidade de unidades produzidas do produto j.

$_j$ = número do item produzido ou atividade (j = 1, 2, ..., 50).

M = margem de contribuição total.

P_j = preço unitário de venda do produto j.

C_j = custo unitário de produção do produto j.

A primeira restrição listada (1) refere-se à disponibilidade semanal de leite cru (matéria-prima principal). Nesse caso, a soma das parcelas de leite destinada à produção de cada um dos produtos não pode ultrapassar o volume total recebido em uma semana. O somatório das multiplicações das quantidades produzidas, pelos volumes de leite cru gasto na produção de uma unidade de cada produto (coeficiente-técnico de consumo de leite cru), representa o dispêndio total de matéria-prima, como mostrado abaixo.

$$S\ \mathbf{a_{1j} \cdot X_j}\ £\ \mathbf{b_1} \qquad (1)$$

onde;

a_{1j} = volume, em L, de leite cru gasto na produção da unidade do produto j.

b_1 = volume total, em L, de leite cru disponível na semana (previsto).

A restrição seguinte diz respeito à relação entre creme de leite gerado (na etapa de padronização do leite) e consumido (na fabricação de alguns derivados). Nesse caso, obviamente, a quantidade total consumida não pode superar a gerada. Para melhor representação tal restrição foi subdividida em outras duas. A primeira (2) refere-se ao creme de leite gasto, que corresponde ao somatório dos produtos das quantidades fabricadas pelos respectivos coeficientes de consumo de creme dos produtos que o utilizam. A outra (3), da mesma forma, responde pela soma dos produtos da quantidade produzida pelo coeficiente de geração de creme, no processamento de cada item. Analogamente, para a restrição de consumo e geração de soro de leite no processamento dos derivados, foram obtidas as relações 4 e 5.

$$\Sigma\ \mathbf{a_{2j} \cdot X_j \leq b_2} \qquad (2)$$

$$\Sigma\ \mathbf{a_{3j} \cdot X_j = b_3} \qquad (3)$$

$$\Sigma\ \mathbf{a_{4j} \cdot X_j \leq b_4} \qquad (4)$$

$$\Sigma\ \mathbf{a_{5j} \cdot X_j = b_5} \qquad (5)$$

onde;

a_{2j} = volume, em L, de creme de leite gasto na produção de uma unidade do produto j.

a_{3j} = volume, em L, de creme de leite gerado na produção de uma unidade do produto j.

a_{4j} = volume, em L, de soro de leite gasto na produção de uma unidade do produto j.

a_{5j} = volume, em L, de soro de leite gerado na produção de uma unidade do produto j.

b_2 = volume total, em L, de creme de leite gerado na semana.

b_3 = volume total, em L, de soro de leite gerado na semana.

Com relação à disponibilidade de mão-de-obra operacional foi implementada uma restrição que corresponde ao somatório dos produtos das quantidades produzidas de cada item (produto) pelo coeficiente técnico de consumo de horas de trabalho (conhecido também como UTS ou unidade de tempo de serviço). Essa soma não pode ultrapassar a oferta semanal total de horas de mão-de-obra operacional, como mostra a relação 6.

$$\Sigma\ \mathbf{a_{6j} \cdot X_j \leq b_4} \qquad (6)$$

onde;

a_{6j} = tempo, em h, de mão-de-obra operacional gasto na produção de uma unidade do produto j

b_4 = tempo total, em h, de mão-de-obra operacional disponível na semana.

No que se refere aos limites operacionais (equipamentos e máquinas) das indústrias de laticínios, foram elaborados dois módulos de restrições.

O primeiro representa o limite de estocagem da câmara fria. Nesse módulo o volume em metros cúbicos (m^3) disponível para uso na semana seguinte (semana de efetuação do plano atual de produção) corresponde ao volume total da câmara fria menos o volume atualmente ocupado (no dia de elaboração do plano de produção), mais o volume de saída previsto durante a próxima semana (até o dia de elaboração do plano seguinte de produção). O total de volume ocupado pelas unidades produzidas é obtido pela soma dos produtos dessas quantidades com os respectivos volumes ocupados por cada item individualmente. Esse total não pode superar o volume disponível estimado para a semana seguinte.

$$\mathrm{S}\ \mathbf{a_{7j}\ X_j}\ £\ \mathbf{b_5} \qquad (7)$$

onde;

a_{7j} = volume, em m^3, ocupado na câmara fria por uma unidade do produto j

b_5 = volume disponível, em m^3, da câmara fria na próxima semana*

* $b_5 = b_{TOT} - b_{UTI} + b_{SAP}$, sendo:

b_{TOT} = volume total, em m^3, da câmara fria

b_{UTI} = volume utilizado, em m^3, da câmara fria no final da semana atual

b_{SAP} = volume de saída previsto, em m^3, da câmara fria na próxima semana

O segundo módulo diz respeito à capacidade limite dos cinco equipamentos considerados mais críticos no processo produtivo, de acordo com a realidade de processamento de cada empresa. Todas correspondem à relação entre o tempo efetivo de uso de cada equipamento (representado pela soma dos produtos das quantidades produzidas pelos respectivos coeficientes individuais de utilização dos equipamentos) e a disponibilidade semanal total dos mesmos. As relações 8,9,10,11 e 12 expressam que o tempo efetivo de uso não pode suplantar as disponibilidades semanais.

$$\mathrm{S}\ \mathbf{a_{8j}\ .\ X_j}\ £\ \mathbf{b_6} \qquad (8)$$

$$\mathrm{S}\ \mathbf{a_{9j}\ .\ X_j}\ £\ \mathbf{b_7} \qquad (9)$$

$$S\ a_{10j} \cdot X_j \leq b_8 \quad (10)$$

$$S\ a_{11j} \cdot X_j \leq b_9 \quad (11)$$

$$S\ a_{12j} \cdot X_j \leq b_{10} \quad (12)$$

onde;

a_{8j} = tempo, em h, de máquina do equipamento crítico 1 na produção de uma unidade do produto j

a_{9j} = tempo, em h, de máquina do equipamento crítico 2 na produção de uma unidade do produto j

a_{10j} = tempo, em h, de máquina do equipamento crítico 3 na produção de uma unidade do produto j

a_{11j} = tempo, em h, de máquina do equipamento crítico 4 na produção de uma unidade do produto j

a_{12j} = tempo, em h, de máquina do equipamento crítico 5 na produção de uma unidade do produto j

b_6 = tempo total, em h, de máquina do equipamento 1 disponível na semana

b_7 = tempo total, em h, de máquina do equipamento 2 disponível na semana

b_8 = tempo total, em h, de máquina do equipamento 3 disponível na semana

b_9 = tempo total, em h, de máquina do equipamento 4 disponível na semana

b_{10} = tempo total, em h, de máquina do equipamento 5 disponível na semana

Finalizando o modelo, foram incluídas as restrições mercadológicas que correspondem aos limites mínimos e máximos de venda de cada produto. Tais limites podem ser representados pelos históricos de vendas (mínimo ou máximo produzido de cada item ao longo dos últimos 12 meses, por exemplo) ou pelo volume de pedidos e encomendas de clientes para a semana seguinte (no caso dos limites mínimos), registrados até o dia de elaboração do plano de produção. O número de restrições, nesse caso, será igual ao número de produtos (itens) incluídos na análise de mix. As relações 13 e 14 expressam esses grupos de restrições.

$$X_j \geq b_{1j} \quad (13)$$

$$X_j \leq b_{2j} \quad (14)$$

onde;

b_{1j} = quantidade mínima semanal de vendas, em unidades, do produto j

b_{2j} = quantidade máxima semanal de vendas, em unidades, do produto j

A representação completa do problema do mix de produção na indústria de laticínios pode ser visualizada no Anexo 1 deste capítulo.

4.2 O Protótipo

Como mencionado anteriormente o protótipo foi desenvolvido para auxiliar potenciais gerentes e técnicos de laticínios na tomada de decisão referente à definição do mix semanal de produção (quais produtos e quantidades serão produzidas). O sistema foi construído em planilha eletrônica (Microsoft Excel 2000) com automatização de tarefas a partir do código de programação VBA (Visual Basic for Applications).

De maneira geral, o protótipo permite que os usuários acessem o sistema, inserindo novos e modificando antigos dados a respeito do problema para obter resultados relativos ao mix ótimo de produtos.

Em interface amigável, a entrada de dados foi dividida em duas seções: seção de cadastro, onde são inseridos os dados fixos do problema (que sofrem pouca alteração ao longo do tempo) e seção de preparação, referente à entrada de dados variáveis (que se modificam consideravelmente no tempo). Efetuada a entrada de dados, o modelo de otimização composto pela função-objetivo e restrições é então executado e os resultados (relatório de mix ótimo e análises complementares, como análise de sensibilidade) exibidos na tela de saída (Figura 1). Nota-se que o usuário não possui acesso ao modelo de programação linear, não podendo alterar sua estrutura.

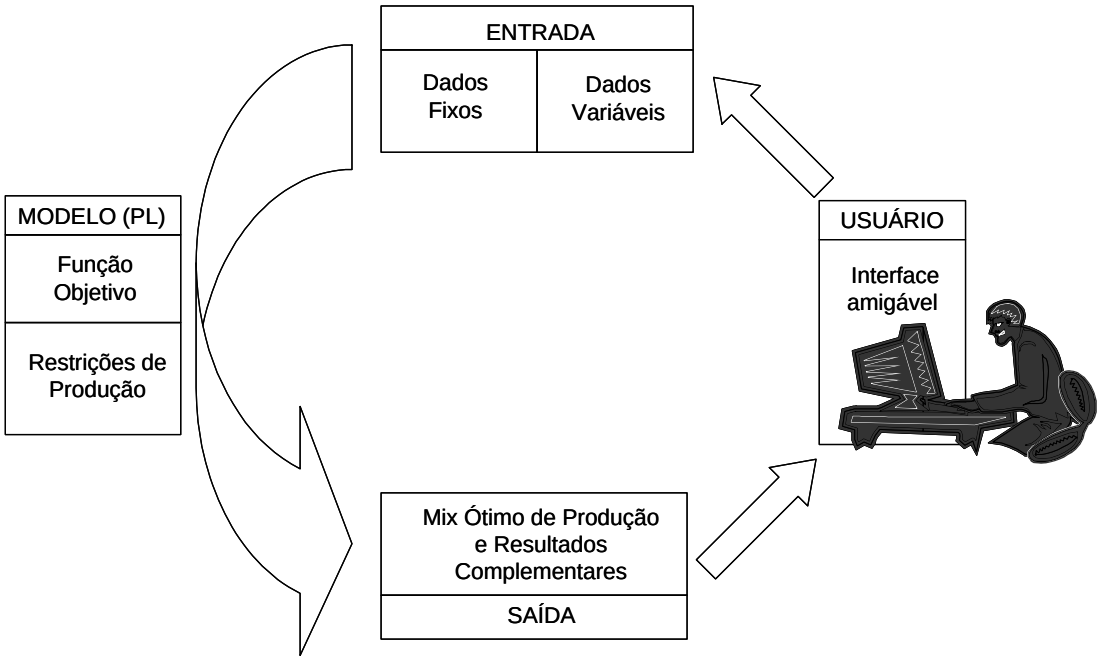

Figura 1 – Estrutura geral do protótipo e sua interação com o usuário.

Numa visão mais detalhada (Figura 2), o protótipo é constituído por 4 subsistemas interligados seqüencialmente: módulo de interface I (entrada de dados fixos e variáveis), módulo de base de dados (armazenamento de todo o corpo atual de dados), módulo de base do modelo (armazenamento do corpo do modelo) e módulo de interface II (saída dos relatórios de otimização e resultados complementares). Todo os módulos do sistema foram construídos em uma única pasta de trabalho do Microsoft Excel.

O módulo de interface I é composto por uma planilha de entrada onde se encontram vários botões automatizados para a inserção e envio, através de caixas de diálogo, dos dados fixos (cadastro de produtos e dos equipamentos críticos, coeficientes de uso das matérias-primas, de utilização dos equipamentos críticos cadastrados e da câmara fria e do consumo de mão-de-obra operacional) e dados variáveis (limites semanais de vendas dos produtos, percentual de custos fixos para obtenção do ponto de equilíbrio[1], custos e

[1] O ponto de equilíbrio ou de nivelamento corresponde ao nível de produção, percentual ou absoluto, que iguala os custos totais de produção à receita bruta operacional.

preços unitários de venda atualizados, disponibilidades semanais dos equipamentos críticos, câmara fria, mão-de-obra operacional e de leite cru) para o módulo de base de dados. Vale destacar que mais de 80% do volume total de dados inseridos no protótipo referem-se aos dados fixos, que não devem necessariamente ser atualizados toda semana (caso dos dados variáveis).

O armazenamento dos dados oriundos do módulo de interface I é feito em uma planilha individual (módulo de base de dados). Essa planilha foi, por sua vez, diretamente vinculada com a planilha do módulo de base do modelo, alimentando assim os requerimentos da formulação de Programação Linear (função-objetivo e restrições) implementadas no formato do "solver" ("*add-in do Excel*").

Os resultados gerados pela execução do modelo são exibidos em três planilhas de relatório distintas. Na planilha inicial são apresentados os resultados básicos do problema (relação do mix ótimo de produção, custos, receitas e lucros por produto, uso e sobra individual de cada recurso produtivo e ponto de equilíbrio da produção).

A partir desta podem ser geradas duas novas planilhas. Uma que exibe o gráfico comparativo, por produto do mix ótimo, dos níveis percentuais de consumo de leite cru e de lucro. A outra apresenta uma pequena tabela de análise de sensibilidade, com os valores pertinentes dos preços-sombra[2] e custos reduzidos[3].

---

[2] O preço-sombra expressa a taxa de variação sofrida pela função-objetivo quando ocorre o aumento ou diminuição de uma unidade de um determinado recurso com folga nula (LUNA & GOLDBARG, 2000).

[3] O custo reduzido expressa a taxa de variação sofrida pela função-objetivo quando ocorre a variação unitária em uma atividade não básica. (LUNA & GOLDBARG, 2000).

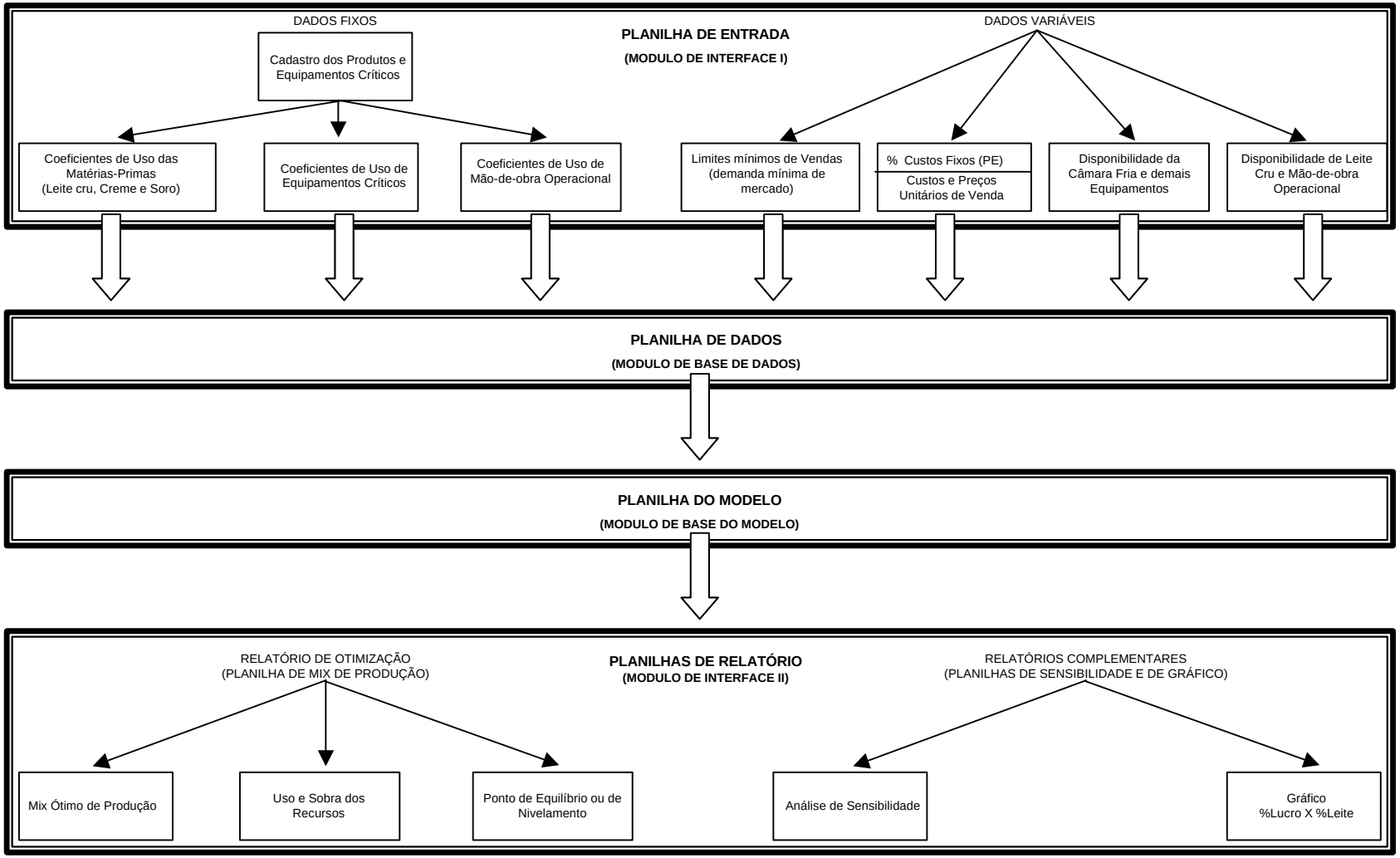

Figura 2 - Estrutura detalhada do protótipo desenvolvido.

Em seguida serão exibidas, para melhor entendimento e visualização do sistema desenvolvido, algumas imagens reais das planilhas do protótipo.

O sistema, denominado LAT MIX, é inicializado através de um arquivo comum do Excel (com macros). Primeiramente é exibida a tela de apresentação que dá acesso aos comandos de entrada de dados e de execução do protótipo (Figura 3). Durante a inserção de dados são mostradas as caixas de diálogo acionadas pelos devidos botões automatizados (Figura 4). Depois de inseridos todos os dados do problema, o sistema pode ser então executado e, através da resolução do modelo de otimização do mix de produção, é gerada a tela de relatório inicial (Figura 5). A partir desta podem ser obtidos o gráfico de lucro versus consumo de leite cru (Figura 6) e a tabela de análise de sensibilidade (Figura 7).

Figura 3 – Planilha de entrada do protótipo

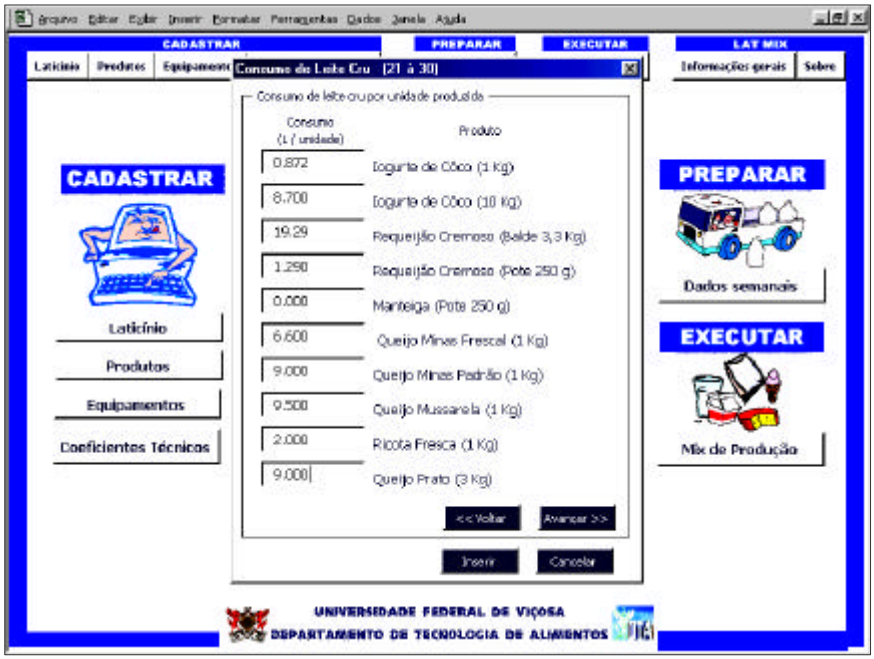

Figura 4 – Tela demonstrativa da inserção de dados usando caixas de diálogo

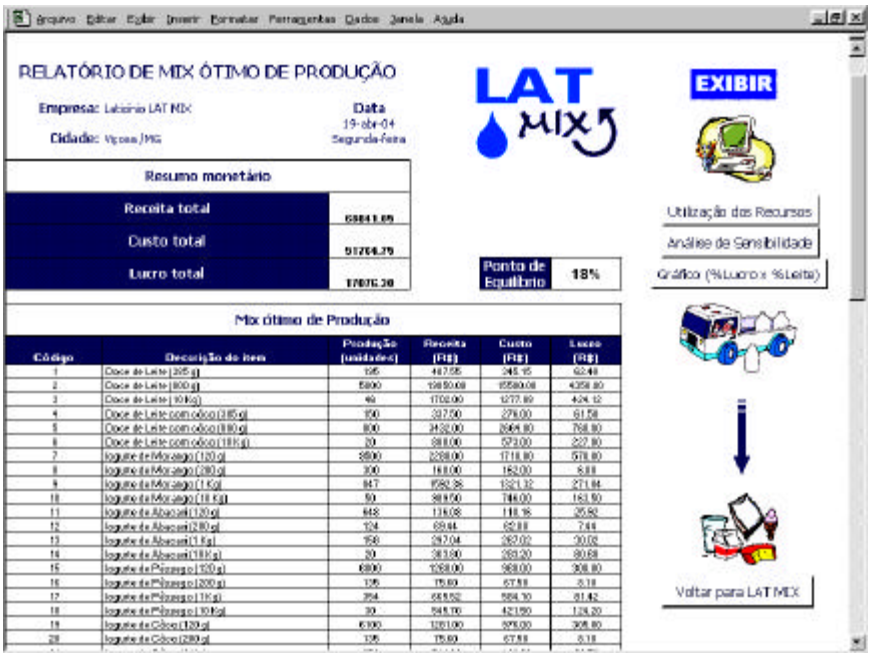

Figura 5 – Planilha de relatório inicial do protótipo

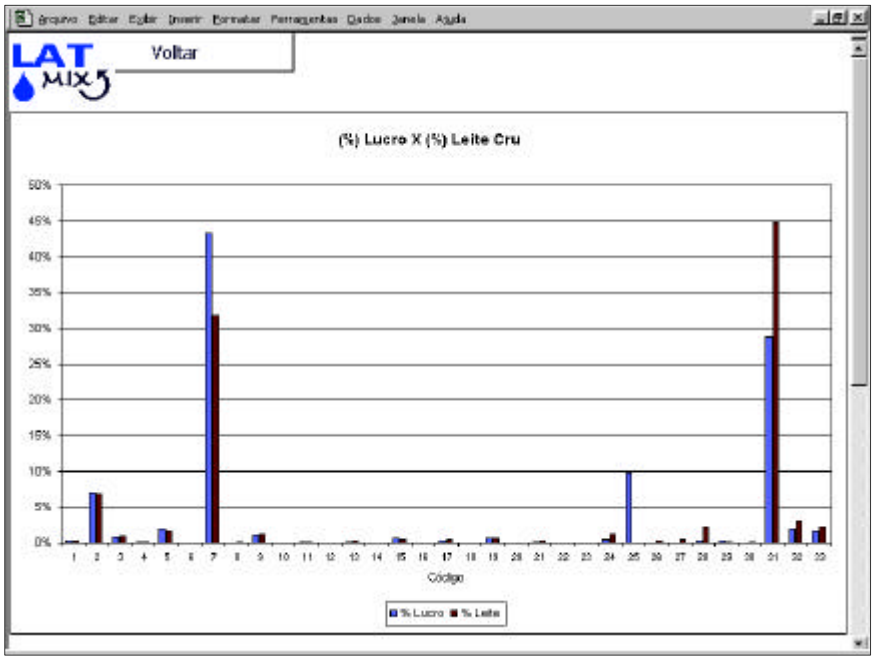

Figura 6 – Planilha de gráfico (%Leite x %Lucro)

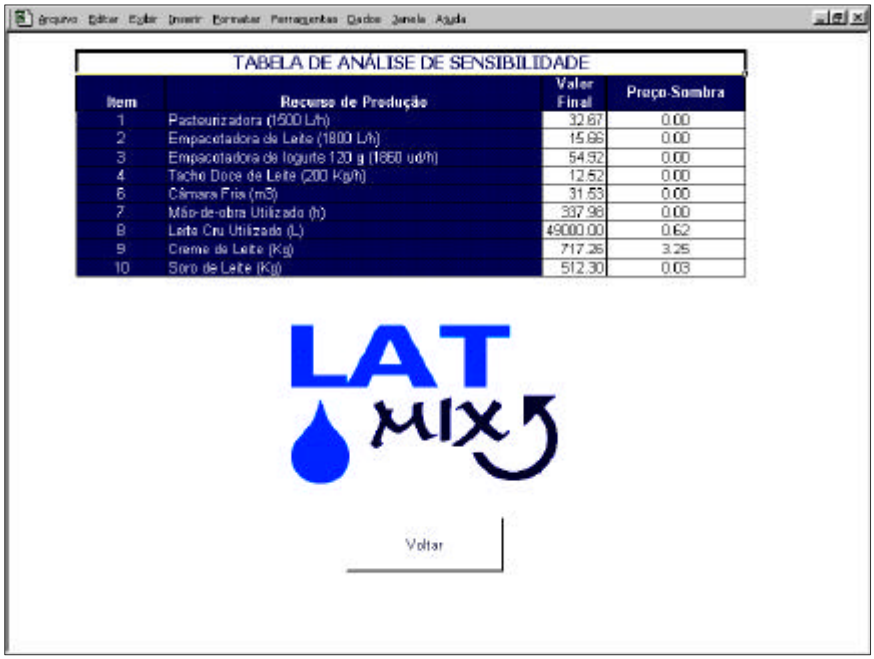

TABELA DE ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Item	Recurso de Produção	Valor Final	Preço-Sombra
1	Pasteurizadora (1500 L/h)	32.87	0.00
2	Empacotadora de Leite (1800 L/h)	15.66	0.00
3	Empacotadora de Iogurte 120 g (1860 ud/h)	54.92	0.00
4	Tacho Doce de Leite (200 Kg/h)	12.52	0.00
6	Câmara Fria (m3)	31.53	0.00
7	Mão-de-obra Utilizado (h)	337.98	0.00
8	Leite Cru Utilizado (L)	49000.00	0.62
9	Creme de Leite (Kg)	717.26	3.25
10	Soro de Leite (Kg)	512.30	0.03

Figura 7 – Planilha de análise de sensibilidade.

Em suma o protótipo foi desenvolvido de acordo com conceitos básicos de arquitetura de sistemas de apoio à decisão, possuindo uma interface auto-explicativa e amigável que torna o seu uso simples e rápido, estimulando gerentes e técnicos de laticínios a adotarem sistemas informatizados de suporte às decisões relativas ao processo de programação da produção.

4.3 Teste do protótipo

O protótipo foi testado a partir de dados reais de uma indústria de laticínios de pequeno porte do Estado de Minas Gerais, visando obter noções iniciais sobre a efetividade do sistema. Para isso foram obtidas, diretamente com a gerência administrativa, de vendas e de produção da empresa, todo o corpo de dados e informações disponíveis relativos a uma semana típica do mês de fevereiro do ano de 2004. Alguns dados, que não eram ainda conhecidos pela empresa ou não estavam disponíveis no momento, tiveram que ser estimados (caso dos coeficientes unitários de uso dos equipamentos críticos e de consumo e geração de creme e soro de leite por item fabricado) ou medidos (no caso dos coeficientes de uso da câmara fria pelos produtos).

A empresa, que recebe em média 10.000 litros de leite por dia, tem uma variedade de produtos que supera 40 itens diferentes. Incluem-se nessa linha de produtos, itens iguais com embalagens de tamanhos diferentes, produtos que usam e geram creme e soro de leite em seus respectivos processos produtivos. O laticínio possui destacada organização com departamentos distintos de compras, vendas, administrativo e de produção, realizando semanalmente um efetivo controle e apuração de seus custos de produção (baseado em software específico para essa atividade gerencial). Esses fatores, primordialmente, facilitaram e estimularam a escolha de tal empresa para realizar o teste preliminar do sistema desenvolvido.

No teste foram cadastrados, no protótipo, trinta e três (33) produtos diferentes, os quais podiam efetivamente ser produzidos na semana analisada.

No cadastro de equipamentos foram incluídas, segundo sugestões do gerente de produção da empresa, quatro máquinas consideradas críticas dentro do ambiente de processamento, como o pasteurizador de placas e a empacotadora de iogurte.

Posteriormente foram inseridos todos os coeficientes técnicos dos 33 produtos, referentes às matérias-primas, equipamentos e mão-de-obra operacional, além dos dados semanais de limites mínimos e máximos de vendas (histórico de vendas), custos, preços e disponibilidades totais operacionais do laticínio. O problema montado representou algebricamente uma matriz de tamanho 33 x 78 (sendo número de atividades versus número de restrições respectivamente, sem contabilizar as variáveis de folga), o que gerou um total de aproximadamente 2500 elementos.

Com todo o corpo de dados pronto, o sistema foi executado, gerando o mix ótimo de produtos. Tal mix foi então, na semana seguinte, comparado com a produção efetivamente feita durante esse período. A Tabela 1 mostra a diferença percentual entre o número total de unidades por produto do mix ótimo (obtido pela resolução do modelo de programação linear do protótipo) e o total de unidades realmente fabricadas durante a semana. Valores positivos representam quão maior foi a produção efetiva em relação ao nível ótimo. Já valores negativos expressam o contrário.

Tabela 1 – Diferença percentual entre o nível ótimo e o produzido, por produto.

Produto	Diferença%	Produto	Diferença%	Produto	Diferença%
Doce de Leite 1	10.77%	Iogurte 6	29.03%	Requeijão 1	0.00%
Doce de Leite 2	-52.00%	Iogurte 7	44.30%	Requeijão 2	116.00%
Doce de Leite 3	-47.83%	Iogurte 8	0.00%	Manteiga 1	-4.62%
Doce de Leite 4	-20.00%	Iogurte 9	-46.67%	Queijo 1	42.86%
Doce de Leite 5	-25.00%	Iogurte 10	18.52%	Queijo 2	150.00%
Doce de Leite 6	0.00%	Iogurte 11	5.08%	Queijo 3	112.50%
Iogurte 1	-14.74%	Iogurte 12	-90.00%	Ricota 1	-20.00%
Iogurte 2	20.00%	Iogurte 13	36.07%	Queijo 4	400.00%
Iogurte 3	10.51%	Iogurte 14	18.52%	Leite Pasteurizado 1	21.42%
Iogurte 4	-94.00%	Iogurte 15	5.88%	Leite Pasteurizado 2	12.60%
Iogurte 5	54.32%	Iogurte 16	-75.00%	Leite Pasteurizado 3	14.89%

Como pode-se verificar na Tabela 1, dos trinta e três (33) itens apenas três (3) foram produzidos exatamente no nível ótimo de produção (Doce de Leite 6, Iogurte 4 e Requeijão 1), ou seja, a diferença percentual na semana investigada foi nula. Outros três (3) produtos tiveram suas quantidades produzidas bem próximas dos valores considerados ótimos pelo protótipo (Iogurtes 11 e 15 e Manteiga 1).

Por outro lado, a grande maioria dos produtos da empresa não foi produzida em níveis adequados, merecendo destaque aqueles com quantidades fabricadas muito distante do padrão ótimo, superando 100% de diferença (Requeijão 2 e os Queijos 2, 3 e 4).

Em relação à sobra e uso dos recursos disponíveis, foram obtidas expressivas indicações de ociosidade no ambiente produtivo, mesmo que a empresa venha a trabalhar em condições ótimas. Os quatro equipamentos inseridos na análise, apesar de considerados críticos no processamento, trabalhariam com capacidades inativas, apresentando sobras de tempo superiores a 70% do total disponível. A câmara fria teria, por sua vez, uma sobra de volume útil próximo de 50% da sua capacidade total nas condições supracitadas. Além disso, os resultados relativos ao uso de mão-de-obra mostraram de forma preliminar, que a empresa possui pessoal operacional ocioso. Mais de 80% do tempo semanal ofertado desse recurso, em níveis ótimos, não seria necessário diretamente para fabricação dos produtos.

A tabela de análise de sensibilidade, em conseqüência das ociosidades detectadas, apresentou valores nulos de preço-sombra para a maior parte dos recursos. As exceções foram os relativos às matérias-primas de processamento. O aumento de um litro de leite cru, de soro de leite e de um quilograma de creme, no caso estudado, provocariam acréscimos respectivos de R$ 0,62, R$0,03 e R$3,25 na margem de contribuição total da empresa.

Segundo resultados obtidos na execução do protótipo (para a semana analisada), tais fatos podem pesar diretamente nos aspectos financeiros da empresa. A produção em níveis longínquos dos padrões ótimos, aliada às ociosidades no ambiente produtivo, apesar de apresentarem uma potencial

redução de 15% nos custos de produção, revelam uma potencial “perda” de acréscimo de 14% na receita bruta em relação ao efetivamente gerado. Esses fatores poderiam se reverter em um aumento de até 12% dos lucros totais da empresa.

Vale apenas advertir que as comparações e argumentos acima levantados, além de se referirem a uma análise isolada de uma única semana, têm caráter estritamente teórico e ilustrativo, não possuindo nenhuma intenção de detectar problemas ou servir de base para mudanças reais na empresa investigada.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do protótipo de sistema de apoio à decisão descrito no presente trabalho permitiu revelar alguns pontos relativos às suas dificuldades, requerimentos mínimos, vantagens e benefícios.

Na fase de modelagem o principal problema foi representar de forma generalizada a qualquer laticínio de pequeno e médio porte, o problema do mix de produção. Apesar da boa amplitude do modelo proposto, sabe-se que cada indústria, principalmente no setor em questão, tem suas próprias características e peculiaridades, fazendo com que nem sempre tal modelo se adapte perfeitamente à realidade de todas às empresas. Além disso, não se deve deixar de questionar as limitações inerentes aos modelos de programação linear simples, especialmente no que se refere aos fatores de proporcionalidade (poder de barganha em compra e vendas de matéria-prima, insumos e produtos é desprezado) e veracidade (confiança e certeza plena nos dados de preços, limites e coeficientes técnicos do modelo).

As etapas de “design” e programação do sistema mostraram também algumas dificuldades. A montagem de toda estrutura de entrada de dados, interface, conexões do sistema e geração de relatórios e gráficos do problema não são triviais, requerendo pessoal especializado e com formação específica em computação ou ciências correlatas. Inclusive reconhece-se aqui a

necessidade de aprimoramento e evolução do sistema desenvolvido no que se refere a tais pontos.

Mesmo com tais dificuldades, a avaliação da versão final do protótipo revelou um sistema de boa funcionalidade, facilidade de uso, além de uma interface amigável (com cores, botões e desenhos amistosos) e auto-explicativa, estimulando gerentes e técnicos de laticínios a adotarem sistemas informatizados de suporte às decisões relativas ao processo de programação da produção. Assim como em outras aplicações semelhantes descritas na literatura, a ferramenta desenvolvida pode certamente oferecer maior precisão e dinamismo à definição semanal do mix de produtos, proporcionando paralelamente aos gestores envolvidos no seu uso, maior conhecimento e novas visões do processo produtivo e do mercado de leite e derivados. Adicionalmente, é importante ressaltar que a elaboração do sistema não necessitou de grandes investimentos, quando comparado aos de pacotes de softwares encontrados no mercado.

Testes iniciais realizados com o protótipo mostraram, dentre outros aspectos, alguns requerimentos mínimos que os laticínios devem possuir antes de desenvolver e implementar sistemas de apoio similares ao descrito neste estudo. Pelo fato de estar diretamente ligado ao processo de definição do mix de produtos, a realização de um efetivo e apurado controle dos custos de produção é essencial. O uso de protótipo desenvolvido não seria recomendado, portanto, em laticínios que não conhecem precisamente todos os seus custos. Além do mais, os potenciais usuários (gerentes, técnicos, diretores) devem possuir sólidos conhecimentos sobre processamento e noções básicas de engenharia econômica e administração, para que os benefícios do uso do sistema sejam efetivamente repassados para a empresa.

Com relação ao teste de aplicação realizado, reforça-se aqui o seu caráter ilustrativo e científico, visando apenas averiguar a funcionalidade e efetividade do protótipo criado, sem o desígnio direto de avaliar o problema do mix de produção na empresa estudada. Mesmo porque, em caso de implementação e uso do sistema em termos práticos, seriam necessários períodos mais longos

(talvez da ordem de meses) e exames mais minuciosos da empresa (com contato direto e freqüente com o pessoal administrativo e operacional) para que pudessem ser sugeridas quaisquer mudanças no atual mix de produtos. De qualquer forma, a aplicação confirmou o potencial deste tipo de ferramenta computacional para a melhoria dos processos gerenciais e conseqüente aumento da competitividade das empresas laticinistas.

6. REFERÊNCIAS

ALBRIGHT, S.C. **VBA for Modelers : Developing Decision Support Systems with Microsoft Excel**. USA : Pacific Grove, Duxbury, 2001. 549p.

BENEKE, R.R.; WINTERBOER, R. **Linear Programming Applications to Agriculture**. USA : Ames, Iowa, The Iowa State University Press, First Edition 1973. 244p.

BRAGA, J. L. **Tecnologia da Informação** : Apostila MBA Agronegócio. Viçosa, 2001. 76p.

BROWN, G. et al. The Kellogg Company Optimizes Production, Inventory, and Distribution. **Interfaces**, USA: Monterey, v.31, p.1-15, nov./dec. 2001.

BUEHLMANN, U., RAGSDALE, C.T.; GFELLER, B. A Spreadsheet-based Decision Support System for Wood Panel Manufacturing. **Decision Support Systems**, USA : Raleigh, v.29, p.207-277, 2000.

CAIXETA-FILHO, J. V.; SWAAY-NETO, J. M.; WAGEMAKER, A. P. Optimization of the Production Planning and Trade of Lily Flowers at Jan de Wit Company. **Intefaces**, USA, v.13, n.1, p.35-46, 2002

CARVALHO, A.J.R.; SILVA, C.A.B**. Sistema Informatizado Aplicado à Análise dos Custos de Produção na Indústria de Laticínios**. Universidade Federal de Viçosa, Tese. Viçosa, 1997 110p.

CLASSEN, G.D.H & van BEEK P. Planning and Scheduling and Packaging in Food Industry. **European Journal of Operational Research**, The Netherlands: Wageningen, nº70, p.150-158 1993.

HARRISON, H. Management Science and Productivity Improvement in Irish Milk Cooperatives. **Interfaces**, Ireland: Dublin, v.16, p.31-40, jul./aug. 1986

HSIANG, T. How to conduct product mix analysis. **OR/MS Today**, USA, p.36-39 jun. 2002

LUNA, H.P.L. & GOLDBARG, C.M. **Otimização Combinatória e Programação Linear**. Editora Campus, Rio de Janeiro, 2000, 649 pp.

RANDHAWA, S.U. & BJARNASON, E.T. A Decision Aid for Coordinating Fishing and Fish Processing. **European Journal of Operational Research**, USA : Corvallis, nº81, p.62-75 1995.

OY, A., FALOMIR, E.E. & LASDON,L. An Optimization-based Decision Support System for a Product Mix Problem. **Interfaces**, México : Chihuahua, v. 12, n.2, p.26-33, apr. 1982

SEBRAE/SP **A Informatização nas MPEs Paulistas**. Relatório de Pesquisa, Assessoria de Pesquisas, São Paulo, 2003 39p.

TURBAN, E. & ARONSON, J. E. **Decision Support Systems and Intelligent Systems**. Prentice-Hall : New Jersey, 1998. 589p.

ANEXO 1

Modelo para Otimização do Mix de Produção na Indústria de Laticínios

Margem de contribuição	$\max M = \Sigma (P_j - C_j) . X_j$	
sujeito à		
Leite cru disponível	$\Sigma a_{1j} . X_j \leq b_1$	(1)
Creme utilizado	$\Sigma a_{2j} . X_j \leq b_2$	(2)
Creme gerado	$\Sigma a3j . X j = b2$	(3)
Soro utilizado	$\Sigma a4j . X j \leq b3$	(4)
Soro gerado	$\Sigma a_{5j} . X_j = b_3$	(5)
Mão-de-obra disponível	$\Sigma a6j . X j \leq b4$	(6)
Câmara fria	$\Sigma a_{7j} . X_j \leq b_5$	(7)
Equipamento 1	$\Sigma a_{8j} . X_j \leq b_6$	(8)
Equipamento 2	$\Sigma a_{9j} . X_j \leq b_7$	(9)
Equipamento 3	$\Sigma a_{10j} . X_j \leq b_8$	(10)
Equipamento 4	$\Sigma a_{11j} . X_j \leq b_9$	(11)
Equipamento 5	$\Sigma a_{12j} . X_j \leq b_{10}$	(12)
Limite de vendas	$X_j \geq b_{1j}$	(13)
	$X_j \leq b_{2j}$	(14)

Variáveis e parâmetros:

X_j = atividade j, que corresponde a quantidade de unidades produzidas do produto j

$_j$ = número de atividades do modelo (j = 1, 2, ..., 50)

$_m$ = número de restrições do modelo (m = 1, 2, ..., 12+2j)

M = margem de contribuição total

P_j = preço unitário de venda do produto j

C_j = custo unitário de produção do produto j

a_{1j} = volume, em L, de leite cru gasto na produção de uma unidade do produto j

a_{2j} = volume, em L, de creme de leite gasto na produção de uma unidade do produto j

a_{3j} = volume, em L, de creme de leite gerado na produção de uma unidade do produto j

a_{4j} = volume, em L, de soro de leite gasto na produção de uma unidade do produto j

a_{5j} = volume, em L, de soro de leite gerado na produção de uma unidade do produto j

a_{6j} = tempo, em h, de mão-de-obra operacional gasto na produção de unidade do produto j

a_{7j} = volume, em m^3, ocupado na câmara fria por uma unidade do produto j

a_{8j} = tempo, em h, de máquina do equipamento 1 na produção de uma unidade do produto j

a_{9j} = tempo, em h, de máquina do equipamento 2 na produção de uma unidade do produto j

a_{10j} = tempo, em h, de máquina do equipamento 3 na produção de uma unidade do produto j

a_{11j} = tempo, em h, de máquina do equipamento 4 na produção de uma unidade do produto j

a_{12j} = tempo, em h, de máquina do equipamento 5 na produção de uma unidade do produto j

b_1 = volume total, em L, de leite cru disponível na semana

b_2 = volume total, em L, de creme de leite gerado na semana

b_3 = volume total, em L, de soro de leite gerado na semana

b_4 = tempo total, em h, de mão-de-obra operacional disponível na semana

b_5 = volume disponível, em m^3, da câmara fria na próxima semana*

* $b_5 = b_{TOT} - b_{UTI} + b_{SAP}$, sendo:

b_{TOT} = volume total, em m^3, da câmara fria

b_{UTI} = volume utilizado, em m^3, da câmara fria no final da semana atual

b_{SAP} = volume de saída previsto, em m^3, da câmara fria na próxima semana

b_6 = tempo total, em h, de máquina do equipamento 1 disponível na semana

b_7 = tempo total, em h, de máquina do equipamento 2 disponível na semana

b_8 = tempo total, em h, de máquina do equipamento 3 disponível na semana

b_9 = tempo total, em h, de máquina do equipamento 4 disponível na semana

b_{10} = tempo total, em h, de máquina do equipamento 5 disponível na semana

b_{1j} = quantidade mínima semanal de vendas, em unidades, do produto j

b_{2j} = quantidade máxima semanal de vendas, em unidades, do produto j

COMENTÁRIOS FINAIS

O presente trabalho representa uma contribuição pioneira na identificação e análise das reais minúcias envolvidas no processo de definição dos planos de produção em indústrias de laticínios do Brasil. Em razão de sua grande extensão e complexidade no âmbito gerencial das empresas, deve-se, apesar disso, reconhecer aqui que há ainda muito o que ser avaliado e estudado nesse contexto, para que se determinem de forma mais pontual e precisa os pontos positivos e negativos, permitindo ações eficientes por parte das próprias empresas e órgãos e entidades do setor, para que efetivamente o planejamento da produção possa operar como agente de melhoria competitiva.

A identificação de que grande parcela das indústrias de laticínios ainda não desfruta de métodos e ferramentas de apoio a programação da produção, definindo seus planos produtivos mais com base em aspectos subjetivos do que em aspectos objetivos era, de certa maneira, uma faceta previsível. Trabalhos e diagnósticos anteriores, apesar de não entrarem muito no mérito da questão de definição de planos de produção, já retratavam uma indústria desprovida de recursos gerenciais qualificados, sejam humanos ou computacionais, em outras atividades como o controle e apuração de custos.

Nesse sentido, o protótipo computacional desenvolvido procurou mostrar, mesmo que de forma preliminar, que a construção e implementação de sistemas de apoio às decisões relativas ao planejamento da produção podem ser plenamente aplicáveis nas pequenas e médias indústrias de laticínios, não requerendo altos investimentos e sendo facilmente manipuladas por técnicos e gerentes laticinistas. Além disso, assim como em casos de ferramentas muito semelhantes relatadas na literatura, os benefícios podem ser significativos, provocando melhor alocação dos recursos de produção, com conseqüente redução de custos e lançamento de produtos no mercado a preços mais competitivos.

Portanto, espera-se que os resultados disponibilizados neste estudo possam contribuir, de forma direta ou indireta, para que as indústrias de laticínios de pequeno e médio porte possam evoluir seus processos gerenciais relativos à programação da produção, operando no mercado de forma mais nivelada com as grandes indústrias.