

OTIMIZAÇÃO DOS LUCROS NA PRODUÇÃO DE QUEIJOS USANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR

Rosilene Carrilho Fernandes Barella^{1*}, Celso Correia de Souza², José Francisco dos Reis Neto², Sidney Maldonado³

¹Especialista em Matemática com ênfase em Informática Educacional - UFMS e Mestranda em Produção e Gestão Agroindustrial pela Universidade Anhanguera Uniderp.

²Professor do Mestrado em Produção e Gestão Agroindustrial da Uniderp.

³Mestrando em Produção e Gestão Agroindustrial da Uniderp.

Resumo

Nos últimos anos o processo de gestão das empresas é modificado na tentativa de responder mais rapidamente as mudanças ocorridas nas relações empresariais e nos cenários de negócios. A dinâmica é bastante complexa e requer que os gestores controlem e planejem suas ações na busca pelo sucesso e manutenção de suas firmas no mercado. Este artigo emprega a técnica de Programação Linear (PL) na otimização da produção de diversos tipos de queijos em uma empresa de laticínios de Mato Grosso do Sul (MS), utilizando a ferramenta Solver - Excel para a otimização do lucro. Como resultado, demonstra-se que o uso da PL na programação da produção de queijos, alcança-se uma ampliação do lucro de 30,98%.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional; Agronegócio; Derivados do leite.

Introdução

Para dar resposta à competitividade, as empresas procuram alcançar maior eficiência dos seus processos de produção e a pronta resposta às necessidades e desejos do mercado comprador. Ao focar nos seus processos produtivos, as modificações e melhorias devem ser hágeis. Neste processo de tomar decisões, é destacado por Maxmiano (2000) como uma tarefa gerencial relevante, desde que se compreenda o desempenho das pessoas e dos processos operacionais. Assim, a empresa consegue aumentar a sua produtividade e diminuir os seus custos, maximizando o lucro.

O empresário do agronegócio no Brasil enfrenta problemas na gestão do seu negócio, visto que, esse setor da economia é extremamente dinâmico (LOURENZANI; LOURENZANI, 2006). O agronegócio foi responsável por 23,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do país em 2017, a maior participação em 13 anos, conforme Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2017).

O estado de MS como produtor de leite, tem uma pequena participação no cenário brasileiro. Além da atual baixa produção de leite do Estado, os preços praticados na compra do produto pelas indústrias de laticínios estão muito aquém dos praticados em outros estados da federação, causando desestímulo dos empresários, inibindo um maior crescimento do setor.

Uma opção aos baixos valores pagos pelo leite no MS é que o próprio produtor de leite, ou um conjunto deles promova a industrialização do seu produto, agregando valor ao mesmo, que pode ser vendido no mercado consumidor a um melhor preço. Esse tipo de atividade é pouco praticada em várias regiões do Estado, com pequenos laticínios industrializando o leite fornecidos pelos pequenos produtores locais. Nesses laticínios são produzidos vários tipos de queijos, leite pasteurizado, bebidas lácteas, etc.

Uma característica deste setor industrial é o gerenciamento de forma intuitiva, sem muito embasamento científico, desta observação surgiu a seguinte pergunta de pesquisa: as produções desses laticínios poderiam ser melhoradas com a utilização de uma gestão mais eficaz? Apesar das indústrias produzirem satisfatoriamente, remunerando todos os envolvidos no empreendimento, essa remuneração não poderia ser melhorada com a aplicação de ferramentas mais consistentes de gestão? Pensando nisso, este estudo de caso propôs estimar a otimização da produção de um pequeno laticínio na região de Jaraguari (MS), com a aplicação de conceitos de pesquisa operacional.

A Pesquisa Operacional favorece a tomada de decisão, pois, à medida que se tem informações completas em planilhas alimentadas com dados, o gestor consegue realizar previsões de resultados e estimar riscos de produção, tornando as decisões mais eficazes, propiciando sistemas mais produtivos. Para se obter um valor ótimo do objetivo desejado as melhorias na distribuição de recursos são realizadas por meio da definições das variáveis de decisão e das restrições de mercado ou de capacidade produtiva (ANDRADE, 2009).

Assim, este estudo teve como objetivo utilizar recursos de programação linear na elaboração de um modelo com a finalidade de estimar a distribuição ótima dos recursos na produção de diversos tipos de queijos no laticínio de modo a otimizar seu lucro. Como objetivos específicos pode-se destacar: mostrar que a programação linear é uma metodologia matemática robusta capaz de proporcionar melhorias a todos os setores da economia, em especial para problemas de produção e contribuir com recomendações de melhores práticas nas ações estratégicas, direcionando a empresa na busca de maior competitividade e efeitos positivos em seu desempenho financeiro.

Metodologia

A coleta de dados foi realizada na fábrica de queijos em Jaraguari (MS), no período de maio a julho de 2018, junto aos encarregados de produção e do proprietário. Obteve-se um conjunto de dados primários

necessários ao processamento do problema de PL, com o intento de maximizar o lucro na venda dos produtos, considerando as restrições existentes: quantidade de mão-de-obra necessária na produção, quantidade de cada insumo utilizada para a fabricar cada produto e quantidade disponível de cada insumo. Os dados foram tabulados e organizados no Excel, para a utilização da ferramenta Solver.

A fábrica de queijos produzia à época quatro tipos de queijo: minas frescal; minas padrão, coalho e muçarela, com produção mensal de aproximadamente 1.436,89 kg; 954,64 kg; 438,55 kg e 1.761,67 kg, respectivamente, e utiliza cinco insumos: leite; coagulante; ácido láctico; cloreto de cálcio a 40% e sal. Para cada tipo de queijo era utilizada uma quantidade específica de insumos. A princípio, o fabricante usa uma receita com quantidades fixas de insumos para produção dos seus queijos, variando assim, a quantidade de quilos que cada receita rende, 69, 58, 55 e 100 quilos de queijo tipo minas frescal, minas padrão, coalho e muçarela, respectivamente. O volume de leite comprado mensalmente era de 53.500 litros, utilizando-se 2.500 litros em uma receita das, aproximadamente, 21 receitas produzidas por mês, descritos na Tabela 1

Tabela1. Descrição das quantidades específicas de cada insumo e a quantidade de quilos fabricados por receita.

Insumos	Produtos		Queijo Coelho	Muçarela	Restrições
	Queijo Minas Frescal	Queijo Minas Padrão			
Leite (l)	500	500	500	1000	2500
Coagulante (ml)	20	20	20	42	102
Cloreto de Cálcio (ml)	130	130	130	240	630
Ácido Láctico (ml)	160	160	0	0	320
Sal (kg)	3	3	4	8	18
Quantidade de kg/receita	69	58	55	120	302

Os valores mensais dos custos de produção foram obtidos a partir das notas fiscais apresentadas e para cada tipo de queijo foram calculados os custos com o leite, coagulante, cloreto de cálcio, ácido láctico, sal e horas/homem, incluindo custos de embalagens e rótulos, estimados em reais (R\$). Os custos fixos mensais foram divididos entre salários operacional e administrativo, despesas com telefone, energia elétrica, transporte e outras menos expressivas. Foram incluídas também despesas com materiais de higiene para a manipulação, como luvas, toucas e máscaras, descritos na Tabela2.

Tabela 2. Descrição dos custos para produção de um quilo de cada tipo de queijo.

DESPESAS	FRESCAL	PADRÃO	COALHO	MUÇARELA
Leite	8.6956	10.3448	10.9091	12.0000
Salários	5.5290	6.5780	6.9370	3.8150
Telefone	0.0006	0.0449	0.0473	0.0261
Energia Elétrica	0.83395	0.9921	1.0462	0.5754
Transportes	1 3/8	1.6472	1.7370	0.9536
Outras	0.01	0.01	0.01	0.01
Coagulante	0.072	0.086	0.091	0.091
Cloreto de Cálcio	0.016	0.019	0.02	0.02
Ácido Láctico	0.081	0.097	0	0
Sal	0.033	0.039	0.055	0.06
Embalagem	4.32	4.32	1,500	0.6700
Rótulo	0.1	0.1	0.14	0.0475
CUSTO	21.0712	24.2780	22.4926	18.2686

Os valores de venda por quilo dos produtos são R\$ 26,90 para os queijos minas frescal e minas padrão, R\$ 23,90 para o queijo coalho e R\$ 20,00 para a muçarela. A partir das informações coletadas e considerando que o lucro de produção da fábrica de queijos (L) é igual a receita (R) menos custos (C), ($L = R - C$). O custo total foi calculado e dividido por quilo de queijo produzido, gerando um modelo matemático L expresso na equação 1. (Eq.1).

$$L = 5,892 x_1 + 2,622 x_2 + 1,407 x_3 + 1,731x_4 \quad (\text{Eq.1})$$

Onde: x_1 = quantidade a ser produzida, por mês, do queijo tipo minas frescal; x_2 = quantidade a ser produzida, por mês, do queijo tipo minas padrão; x_3 = quantidade a ser produzida, por mês, do queijo tipo coalho e; x_4 = quantidade a ser produzida, por mês, do queijo tipo muçarela, são as variáveis de decisão. A função objetivo do

modelo de PL a ser maximizada será a função lucro L

Com o modelo matemático definido, o Solver nos disponibiliza dois relatórios, onde é possível identificar a solução ótima - através do relatório de resposta e avaliar os reflexos sobre eventuais alterações nos dados e condições do problema - através do relatório de sensibilidade.

Resultados e Discussão

Para esse estudo, foram realizadas duas simulações do modelo matemático de PL, sendo considerado na simulação 1: o coagulante, o ácido lácteo, sal e leite como restrições e nenhuma restrição de mercado e, na simulação 2: mantendo as restrições com exigências mínimas de mercado de 40% da produção.

Na simulação 1, o modelo de PL, composto da função objetivo e o conjunto de restrições é dado pelo modelo (Eq.2).

$$\text{Máx. } Z = 5,892 x_1 + 2,622 x_2 + 1,407 x_3 + 1,731x_4 \quad (\text{Eq.2})$$

Sujeito às restrições (Eq.3).

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,290 x_1 + 0,345 x_2 + 0,364 x_3 + 0,420 x_4 \leq 102 \quad \rightarrow \text{Coagulante} \\ 1,884 x_1 + 2,241 x_2 + 2,364 x_3 + 2,4 x_4 \leq 630 \quad \rightarrow \text{Cloreto de Cálcio} \\ 2,319 x_1 + 2,759 x_2 \leq 320 \quad \rightarrow \text{Ácido Láctico} \quad (\text{Eq. 3}) \\ 0,043 x_1 + 0,052 x_2 + 0,073 x_3 + 0,080 x_4 \leq 18 \quad \rightarrow \text{sal} \\ 7,246 + 8,621 x_2 + 9,091 x_3 + 10 x_4 \leq 2500 \quad \rightarrow \text{Leite} \end{array} \right.$$

$$\text{Com } x_1; x_2; x_3; x_4 \geq 0$$

A solução ótima encontrada pelo Solver, indicando ser esse o mix de produtos que gera a melhor margem de contribuição: 138 kg de queijo minas frescal; 148 kg de queijo muçarela e não produzir os queijos minas padrão e coalho, com lucro de R\$ 1.059,80 por receita e um lucro de R\$ 22.255,80 mensal. O relatório de restrições indica não haver sobras dos insumos coagulante e ácido lácteo, com sobra de 24,34 litros de leite, 630 ml de cloreto de cálcio e 0,26 kg de sal.

Pela solução obtida, pode ser feita a comparação dos ganhos que advêm da ampliação da capacidade restritiva da empresa, com os eventuais custos envolvidos. Ele representa a quantidade pela qual a função objetivo é alterada, dado um acréscimo de uma unidade na constante da restrição, assumindo que todos os outros coeficientes e constantes das restrições conservam-se inalterados. A interpretação econômica seria: até quanto se está disposto a pagar por uma unidade adicional de um recurso para aumentar a produção do respectivo produto (LACHTERMACHE, 2012). Na situação estudada, poderia ser pago um extra de R\$ 1,99 para cada unidade adicional de ácido lácteo e ser pago uma extra de R\$ 4,12 para cada unidade adicional de coagulante, para se manter a Margem de Contribuição Total original.

Com a análise de sensibilidade foram investigados os efeitos que determinadas alterações realizadas nos parâmetros na PL causariam na solução ótima (BELFIORE; FÁVERO, 2013), revelando as margens de contribuição unitária que cada produto pode variar em um intervalo. O laticínio produzia na época 69, 58, 55 e 100 quilos dos respectivos queijos minas frescal, minas padrão, coalho e muçarela, com valores de venda por quilo de R\$ 26,90 para os queijos minas frescal e minas padrão, R\$ 23,90 para o queijo coalho e R\$ 20,00 para a muçarela, com um lucro L = R\$ 809,11. Aplicando a ferramenta PL de gestão o seu lucro passaria a R\$ 1.059,80, um valor 30,98% acima do que o laticínio vinha lucrando.

Na Simulação 2, foi mantida a função objetiva e o modelo de Programação Linear composto da função objetivo e o conjunto de restrições é dado pelo modelo (Eq.4):

$$\text{Máx. } Z = 5,892 x_1 + 2,622 x_2 + 1,407 x_3 + 1,731x_4 \quad (\text{Eq.4})$$

Sujeito a seguintes restrições (Eq. 5).

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,290 x_1 + 0,345 x_2 + 0,364 x_3 + 0,420 x_4 \leq 102 \quad \rightarrow \text{Coagulante} \\ 1,884 x_1 + 2,241 x_2 + 2,364 x_3 + 2,4 x_4 \leq 630 \quad \rightarrow \text{Cloreto de Cálcio} \\ 2,319 x_1 + 2,759 x_2 \leq 320 \quad \rightarrow \text{Ácido Láctico} \\ 0,043 x_1 + 0,052 x_2 + 0,073 x_3 + 0,080 x_4 \leq 18 \quad \rightarrow \text{sal} \quad (\text{Eq. 5}) \\ 7,246 x_1 + 8,621 x_2 + 9,091 x_3 + 10 x_4 \leq 2500 \quad \rightarrow \text{Leite} \\ x_1 \geq 28 \quad \rightarrow \text{Minas Frescal} \\ x_2 \geq 23 \quad \rightarrow \text{Minas Padrão} \\ x_3 \geq 22 \quad \rightarrow \text{Coalho} \\ x_4 \geq 48 \quad \rightarrow \text{Muçarela} \end{array} \right.$$

Acrescentando ao modelo restrições de mercado, isto é, exigências mínimas de mercado de 40% da produção dos quatro tipos de queijo, a nova solução ótima encontrada pelo Solve indicava ser esse o mix de produtos que geraria a melhor margem de contribuição: 111 kg de minas frescal e 23 kg de minas padrão, 22 kg de coalho e 129kg de muçarela, com lucro de R\$ 958,56 por receita e um lucro de R\$ 20.129,76 mensal.

Ficou comprovado que os queijos padrão e coalho têm problemas de mercado, pois, só se deve produzir

as quantidades mínimas para o atendimento do mercado. Análises semelhantes poderiam ser feitas sobre o relatório de sensibilidade, que não foi rodado nessa simulação. Observe que, mesmo impondo as restrições de mercado em 40%, aplicando a ferramenta PL, o lucro foi de R\$ 958,56, que foi de 18,47% acima do que o laticínio vinha lucrando atualmente.

Conclusões

Utilizando-se de dados primários oriundos de uma pesquisa de campo em visitas realizadas na fábrica de queijos em Jaraguari (MS), foi possível identificar que a maior parte dos problemas da pequena indústria estão relacionadas a falta de gestão administrativa, financeira e gerenciais da organização, ausência de planilhas de cálculos bem alimentadas, identificando custos elevados na produção de queijos, por conta da forma intuitiva de gestão adotada.

A contribuição deste artigo no âmbito empresarial foi evidenciar que a utilização da PL como ferramenta de gestão, fornece conhecimentos e ferramentas multidisciplinares para que os gestores possam decidir por melhores decisões, decisões otimizadas em um ambiente de recursos escassos fazem a diferença na vantagem competitiva das pequenas indústrias no mercado. No caso em estudo, as simulações feitas com e sem restrições de mercado, evidenciaram a falta de planejamento na decisão da produção, que apesar de não indicar prejuízo, esse rendimento poderia ser maior se o gestor do laticínio usasse a PL, aumentando seu lucro em até 30,98%.

A análise de sensibilidade mostrou que não se deve produzir os queijos padrão e coalho, pois, levando-se em conta os preços que são vendidos, percebe-se que ambos provocam prejuízo ao laticínio.

Referências bibliográficas

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 4 ed., Rio de Janeiro: LTC, 2009.

BELFIORE, P.; FÁVERO, L. **Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. CNA-Brasil. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. O agronegócio cresceu. 2017. Disponível em: www.cnabrazil.org.br/pib. Acesso em 26 mai. 2018.

FIESP - **Outlook Fiesp 2023**: Projeções para o Agronegócio Brasileiro / Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. – São Paulo: FIESP, 2013. ISBN 978-85-7201-014-6. Disponível em: https://www.novacana.com/pdf/estudos/Estudo_Fiesp_MBagro.pdf. Acesso em 01 jun. 2018.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, p. 223, 2012. ISBN 9788576050933.

LOURENZANI, W. L.; LOURENZANI, A. E. B. S. Potencialidades do Agronegócio Brasileiro do Amendoim. In: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, n.44, 2006. **Anais** do XLIV SOBER. Fortaleza: SOBER, 1 CD.

MAXIMIANO, A. C. **Introdução à Administração**. 5ª edição. Revista e ampliada. São Paulo: Atlas, 2000.

ZOCCAL, R. **A força do agro e do leite no Brasil**, Balde Branco. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.baldebranco.com.br/forca-agro-e-leite-no-brasil/>. Acesso em 01 jun. 2018.