AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

# A LOGÍSTICA COMO DIRECIONADOR PARA A FORMAÇÃO DE CADEIA DE VALOR: UM ESTUDO APLICADO NA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DO SORO DE QUEIJO

## Logistics as a driver to the structure of the value chain: a study of the whey cheese processing industry


**RESUMO**

Objetivou-se, neste trabalho, encontrar viabilidade técnico-econômica para a formação da cadeia de processamento do soro de queijo, recuperando seu valor enquanto matéria-prima para produtos nobres. Com base nas informações dos 92 laticínios localizados em 52 municípios de Minas Gerais, o problema aqui tratado, da localização de unidade de beneficiamento do soro de queijo e identificação dos respectivos fornecedores, envolve a sugestão do local para instalação da indústria que minimiza os custos de obtenção do soro resfriado e/ou pré-concentrado para o processamento, bem como os valores que viabilizam o empreendimento. A partir dos indicadores de logística, foram agregados critérios outros de caráter financeiro para a análise do empreendimento. Além da indicação da implantação de unidades de beneficiamento do soro de queijo, ficou também constatado que os custos internos não são competitivos, atualmente, frente à oportunidade de importação do soro de queijo, sendo que tal situação coloca um desafio para as empresas dessa cadeia agroindustrial e também para os entes governamentais.



Ricardo Silveira Martins
Professor de Gestão de Operações e Logística
Universidade Federal de Minas Gerais
ricardomartins.ufmg@gmail.com

Osmar Vieira de Souza Filho
Professor Convidado de Logística e Gestão de Cadeias de Suprimentos
Fundação Dom Cabral
Pontífica Universidade Católica de Minas Gerais
osmar.br@gmail.com

Débora da Silva Lobo
Professora Associada
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
dlobo@unioeste.br



Recebido em 12/09/2011. Aprovado em 11/03/2013.
Avaliado pelo sistema blind review
Avaliador científico: Cristina Lelis Leal Calegario



**ABSTRACT**

This study aimed to find technical and economic viability for the formation of the processing chain of whey, retrieving its value as a raw material for special products. Based on information from 92 dairies located in 52 cities of Minas Gerais State, it was suggested the location of processing units of whey – and identification of its suppliers – that minimizes the costs involved in the acquisition and processing, as well as the values that makes the enterprise viable. Logistics and financial indicators were combined in the analysis of the enterprise. The results indicate strong challenges to this agribusiness chain and government entities due to the fact that costs of whey logistics and processing are high in Brazil when compared to imported whey.



**Palavras-chave:** Rede logística, cadeia produtiva, mercado de lácteos.

**Keywords**: Logistics chain, productive chain, dairy industry.


## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os agronegócios da economia mineira, o leite possui posição de destaque, produzindo números importantes, tanto no aspecto produção de derivados, quanto na socioeconomia resultante. Minas Gerais é o estado líder na produção primária, detendo cerca de 30% da produção nacional. Dentre as 12 mesorregiões, o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba destaca-se como maior produtora, com cerca de 1,8 bilhões de litros/ano, seguida pelo Sul/Sudoeste de Minas com 1,3 bilhões de litros e pela Zona da Mata de Minas Gerais, com 762 milhões de litros.

Em termos de processamento de produtos lácteos, Minas Gerais destaca-se novamente como a unidade da Federação com maior concentração em número de laticínios e quantidade processada, sendo que 31,7% de toda a indústria de laticínios brasileira encontra-se instalada no estado (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS, 2003).

Como resíduo da produção de queijo, o soro é uma importante reserva de alimentos proteicos. Segundo Silva (2000), cada 100 g de soro de leite contém, em média: calorias 29,69 g; glicídios 5,76 g; proteínas 0,84 g; lipídios 0,36g; cálcio 105 mg; fósforo 97 mg; ferro 0,10 mg. Dadas propriedades nutricionais e funcionais e de seus componentes, tem sido evidenciada a possibilidade do aproveitamento industrial do soro de queijo, que já é processado nos Estados Unidos, Europa e Pacífico Sul.

Embora o uso potencial do soro para fins nutritivos já seja conhecido há décadas, por muito tempo foi considerado pelos produtores de queijo como um subproduto da fabricação, com baixo ou nenhum valor comercial. Essa transformação ocorreu com a descoberta de propriedades funcionais e bioativas de seus componentes (BIASUTTI et al., 2008), principalmente das proteínas, que têm sido apontadas como nutrientes portadores de atividade funcional, capazes de modular algumas respostas fisiológicas do organismo animal (PACHECO et al., 2006; SGARBIERI, 2004; GAUTHIER; POULIOT, 2003).

Hoje, o desenvolvimento de mercados utilizando o soro de leite em pó e frações de soro como ingredientes nos gêneros alimentícios para o consumo humano e animal, transformou o então subproduto em um produto valioso para a indústria de laticínios e queijos. As aplicações do soro são inúmeras, englobando as indústrias de lácteos, carnes, misturas secas (para condimentar), panificação, chocolate, aperitivos e bebidas, farmacêutica, entre outras.

Apesar das várias possibilidades de utilização, aproximadamente metade da produção mundial de soro é descartada em efluentes, sem qualquer tratamento.Assim, o soro de queijo, devido a sua alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), entre 30.000 a 60.000 mg de $O_2$/L, associada, principalmente, à presença de lactose e proteínas, constitui-se num forte agente de poluição ambiental (SISO, 1996). Em média, cada tonelada de soro não tratado despejado por dia no sistema de tratamento de esgoto equivale à poluição diária de cerca de 470 pessoas.

Para contrapor-se a esta indesejada e inadequada disposição do resíduo, é necessário encontrar viabilidade técnico-econômica referente ao processamento do soro, recuperando seu valor enquanto matéria-prima para produtos nobres, levando-se em conta aspectos diversos, como o de localização e logística, específicos para empreendimentos que considerem pequena e média escala de produção e a significativa dispersão geográfica da matéria-prima, condicionados pelo caráter de extrema perecibilidade do soro.

Objetivou-se, neste trabalho,estudar a viabilização da cadeia de produção do soro beneficiado, tendo como parâmetro de orientação alguns critérios de logística, o que implica coletar soro líquido nos laticínios produtores de queijo e beneficiá-lo até obter o produto em pó.

O estudo está baseado na Teoria da Localização, utilizando-se como ferramenta modelos matemáticos de otimização. De acordo com Ballou (2001, p.21) "a missão da logística é dispor a mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo em que fornece maior contribuição à empresa." É nesse sentido que a teoria da localização traz uma grande contribuição à fase de planejamento de qualquer empresa, que a partir de modelos matemáticos de otimização, pode decidir com mais segurança sobre variáveis que não são o fim, mas o meio necessário para se alcançar o objetivo final do negócio.

A contribuição acadêmica e gerencial deste estudo foi a conjugação de aspectos teóricos de logística empresarial e de localização, com ferramentas de otimização e de finanças para a determinação da localização ótima, dessa forma, utilizando a logística como principal parâmetro na orientação de posicionamento de organizações e respectivos investimentos para a formação de uma cadeia de negócios.

## 2 CONTEXTO TEÓRICO

As questões sobre *o quê*, *como* e *quanto* produzir são intrigantes e sempre estiveram na literatura econômica como a tríade de problemas econômicos básicos. Além desses, o problema de ***onde*** produzir representou uma preocupação que remonta aos economistas clássicos, nas primeiras décadas do século XIX (HOLANDA, 1983).

Para Capello (2007), dois grupos de teorias pretendem explicar a localização de empresas. São elas as Teorias de Localização, que privilegiam os mecanismos econômicos na explicação da distribuição das atividades no espaço, e as Teorias do Crescimento e Desenvolvimento Regional, que concentram-se nos aspectos espaciais do crescimento econômico e sua da distribuição.

Os custos com transporte exercem papel importante, se não determinantes na definição da localização de empreendimentos, conforme o valor agregado dos produtos. Assim, os custos com transporte foram a variável básica ,em torno da qual evoluiu a Teoria da Localização, a partir dos modelos tradicionais de Von Thünen, Alfred Weber, August Losch e Walter Isard. Von Thünen baseou seus estudos da explicação do padrão de ocupação do solo agrícola na análise da distância e dos custos para vencê-la.

A Teoria da Localização foi formalmente introduzida por Alfred Weber, que tratou o problema de localizar um armazém, minimizando a distância total percorrida entre as instalações e os clientes. Isard amplificou esse estudo, dando uma conotação de localização industrial, uso de solo e outros problemas econômicos correlacionados (BRANDEAU; CHIU, 1989).

No entanto, o desenvolvimento teórico proporcionou maior sofisticação e complexidade à análise da localização. Essa deu-se com a inclusão de mais variáveis, redundando na queda gradativa da aplicabilidade de tais modelos para obter a localização ótima das empresas.principalmente, para empresas que trabalham com produtos de alto valor agregado ou naquelas em que é menos relevante a importância da proximidade da matéria-prima para a localização da planta.

As teorias de crescimento/desenvolvimento regional acrescentaram forças endógenas na explicação da atratividade da localização, iniciando-se pela Teoria de Base de Exportação, na década de 1950. Pelos preceitos dessa Teoria, a região passa a existir para o resto do mundo, a partir do momento em que oferece um produto de interesse para outros mercados e de forma competitiva. O crescimento e desenvolvimento da região decorrerão do dinamismo da comercialização do produto e de sua capacidade de difusão para a economia regional.

Outra Teoria de forte impacto na capacidade de explicação de diversas situações práticas experimentadas, segundo Richardson (1975), é a Teoria do Lugar Central apresentada pelo geógrafo alemão Walter Christaller, na década de 1930. Conforme a teoria, o crescimento de um espaço geográfico depende de sua especialização, em que a sua principal função é atuar como centro de serviços para o interior imediatamente próximo a ela. Em outras palavras, em termos dos propósitos deste estudo, a Teoria tem como objetivo principal explicar a localização relativa e a dimensão de unidades.

Porém, os custos com transporte têm ainda importância significativa para boa parcela das cadeias agroindustriais, como alguns estudos têm demonstrado. Adicionalmente aos custos com transporte, este estudo propôs a conjugação de critérios logísticos e indicadores de viabilidade financeira como formas adicionais para se chegar à determinação da localização ótima.

Nos aspectos teóricos no campo da logística, para Ballou (20061), as decisões sobre localização são fortemente condicionadas por um fator fundamental. Assim, a localização do varejo é primordialmente condicionada pelo potencial de receitas, enquanto a localização de unidades fabris e armazéns é preponderantemente condicionada pelos custos.

Assim, os estudos de localização devem ter como insumos básicos o número de pontos, no caso de mais de uma instalação, respectivas capacidades e demais fatores relevantes relativos aos sistemas de transporte, tais como malha rodoviária, localização e volume de fornecedores, localização e capacidade de armazéns, filiais de varejo e centros de serviço, pontos na rede em que os produtos param temporariamente, e os usuários ou consumidores finais. É desse interesse em minimizar distâncias que iniciaram-se os estudos de localização. Os problemas de localização, portanto, correspondem a uma busca pelas mínimas distâncias, dado um espaço de soluções.

O problema aqui tratado, da localização de unidade de beneficiamento do soro de leite e identificação dos respectivos fornecedores, envolve a otimização dos custos de transporte de soro, com vistas a otimizar o sistema, ou seja, o local para instalação da indústria que minimiza os custos de obtenção do soro resfriado e/ou pré-concentrado para o processamento.

Para efeito deste estudo, importa estimar os fluxos que serão gerados entre pares origem-destino, considerando-se o potencial de produção de disponibilidade de soro, o nível de exigência operacional requerido aos sistemas de transporte, e uma impedância que espelhe a dispersão geográfica e econômica regional. Conforme destaca Novaes (1986), a função impedância pode ser interpretada por parâmetros, tais como tempo de viagem, custo de transporte, distância física ou distância real.

Este é um problema que enquadra-se nos preceitos da Teoria do Lugar Central. Segundo Almeida (1981), essa Teoria está baseada em dois conceitos básicos, a extensão e o limiar. Por extensão, pode-se entender como a *distância* a ser percorrida, que, no contexto deste estudo, pretende-se minimizar. O limiar pode ser entendido como um *volume mínimo* necessário para viabilizar técnica, econômica e operacionalmente uma unidade de beneficiamento de soro de queijo (de pré-concentração e/ou secagem). Dessa forma, lugar central quer dizer um ponto capaz de produzir um agrupamento econômico de Municípios, conforme a disponibilidade de soro de leite.

Esta análise tem suporte teórico-ferramental em modelos de interação espacial. Os problemas de interação espacial são, normalmente, apresentados na forma de programação matemática, por modelos lineares e não lineares. Os modelos do primeiro tipo implicam relações lineares entre funções e argumentos, sendo usados para

problemas econômicos e regionais que tenham como objetivo, por exemplo, tratar de minimização de custos de transporte (CAIXETA-FILHO, 1996).

Tendo como ponto de partida as alternativas de localização, o processo produtivo pode ser desdobrado em pelo menos quatro operações: 1) aquisição de matéria-prima; 2) transporte da matéria-prima para a indústria; 3) processamento industrial; e 4) transporte dos produtos acabados para o mercado. Em termos espaciais, essas operações podem ser realizadas em três pontos geográficos distintos, com referências divergentes sobre a decisão final: 1) fontes de matérias primas; 2) local de processamento; e 3) áreas de mercado (HOLANDA, 1983).

São identificados, assim, dois tipos principais de custos, respectivamente aos fluxos: os custos de transferências (matérias-primas e produto) e custos de aquisição de matérias-primas e insumos. Os custos de transferência serão os mais sensíveis às alterações das hipóteses de alternativas de localização.

Segundo o BANCO DO NORDESTE DO BRASIL (1971), pode-se entender o custo de transporte como a expressão de uma função do peso a ser transportado e da distância. Segundo a análise weberiana da localização industrial, supõem-se, inicialmente, que apenas o peso e a distância (custos de transporte) influenciam a localização de uma indústria.

A ORGANIZAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL DAS NAÇÕES UNIDAS (1987) ressalta que o mais crítico para a seleção da localização é a disponibilidade de matéria-prima e de insumos, a proximidade de centros de consumo e a existência de facilidade de infraestrutura básica que, no caso do presente estudo, foi considerada a malha rodoviária pavimentada. O modelo mais simples de localização é calcular os custos de transporte, de produção e de distribuição para alternativas de localização determinadas principalmente pela disponibilidade de matéria-prima e mercados principais.

Estudos de localização envolvendo atividades agrícolas e agroindustriais podem ser empreendidos através do instrumental de pesquisa operacional. Dessa maneira, Almeida (1981) estudou a viabilidade econômica de implantação e localização de unidades produtoras de farinha de milho integral desengordurada, utilizando a programação linear inteira-mista, procurando minimizar os custos de transporte de milho e farinha.

Segundo Lopes (1997), a teoria da localização, em termos de programação, pode ser entendida como uma variação do modelo de transporte, mais especificamente, modelos que visem a minimização dos custos totais de transporte. O modelo opera a partir da conexão entre os polos por vias de transporte, com respectivos custos associados.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA

### 3.1 Características Gerais da Pesquisa

Este estudo é uma pesquisa empírica, que foi conduzida segundo critérios propostos por Collis e Hussey (2009): quanto aos seus objetivos constitui-se num estudo conclusivo; quanto ao processo, este estudo é qualitativo-quantitativo e; quanto à lógica, classifica-se como pesquisa indutiva. O tipo de metodologia de procedimento é o *survey*, com amostragem não probabilística por acessibilidade.

O processo de amostragem utilizado foi do tipo não probabilística por acessibilidade. A opção por essa forma de amostragem deu-se pela dificuldade de acesso às empresas. A unidade de análise são os laticínios composta por todos os laticínios com registro de operação oficial dentro de uma área geográfica.Esses foram visitados e solicitados a participar do levantamento de informações. Esta área geográfica, parte das regiões Zona da Mata, Campo das Vertentes e Sul de Minas, foi selecionada em razão de sua tradição na produção primária de leite e de localização de laticínios. A unidade de observação foram os proprietários ou responsáveis operacionais.

A coleta de dados ocorreu em fevereiro de 2009, por meio de entrevista com questionário. A estratégia de pesquisa adotada foi a visita *in loco*, através de *survey*. Cervo, Bervian e da Silva (2007) comentam que essa técnica é utilizada para se obter informações que não podem ser encontradas em registros ou fontes documentais, mas que podem ser fornecidas por alguém.

De um total de 166 laticínios visitados, 61 laticínios não cederam informações, pela impossibilidade de localizar a empresa pela equipe de campo ou por causa da paralisação das atividades dos laticínios, de forma temporária ou definitiva. Dentre os 105 questionários válidos, para evitar possíveis vieses de não resposta, foi realizado um filtro de dados ausentes e detectou-se que 13 laticínios não fabricam queijo, portanto, não são geradores de soro em seu processo de produção.

O levantamento de campo nos laticínios contemplou as seguintes informações sobre a produção de soro nos laticínios:

- existência de produção de queijo e, consequentemente, geração de soro de leite;

• volume diário de soro gerado (em litros) e respectiva destinação;
• volume de soro destinado à venda;
• local de coleta do soro vendido;
• frequência de coleta ou despacho do soro vendido;
• tempo de duração do relacionamento com a empresa adquirente do soro;
• responsabilidade de pagamento do custo de transporte do soro vendido.

### 3.2 Processos e Produtos a Partir do Soro de Leite da Fabricação de Queijo

Na Figura 1, ilustram-se as possibilidades de beneficiamento do soro de leite após a fabricação de queijos. Para poder ser beneficiado, é necessário que o soro de leite seja resfriado assim que produzido, ainda no laticínio. Para melhorar sua qualidade, pode ser pasteurizado antes de ser resfriado (etapa facultativa).

Apesar de haver um mercado em expansão para os concentrados proteicos de soro, o soro desproteinado continua sendo um subproduto poluente. Assim, não pode ser tratado ou descartado como esgoto sem que se incorra em gastos. Isso ocorre em função da elevada demanda química de oxigênio (DQO) – em torno de 50.000mg de $O_2$/L de permeado – e da elevada demanda biológica de oxigênio (DBO) – 90% da demanda do soro original.

O soro destinado à secagem deve ser pré-concentrado no laticínio de origem (ou próximo a ele), processo que elevará a concentração dos sólidos totais (ST) de 6 a 18%. Esse processo é útil para viabilizar o frete e para reduzir etapa na planta de secagem. A forma de pré-concentração já determinará a tipo de produto final: a nanofiltração dá origem ao soro pré-concentrado com 16% de ST, que resultará no soro de leite em pó desmineralizado e a osmose reversa dará origem ao soro pré-concentrado com 18% de ST que resultará no soro de leite em pó comum.

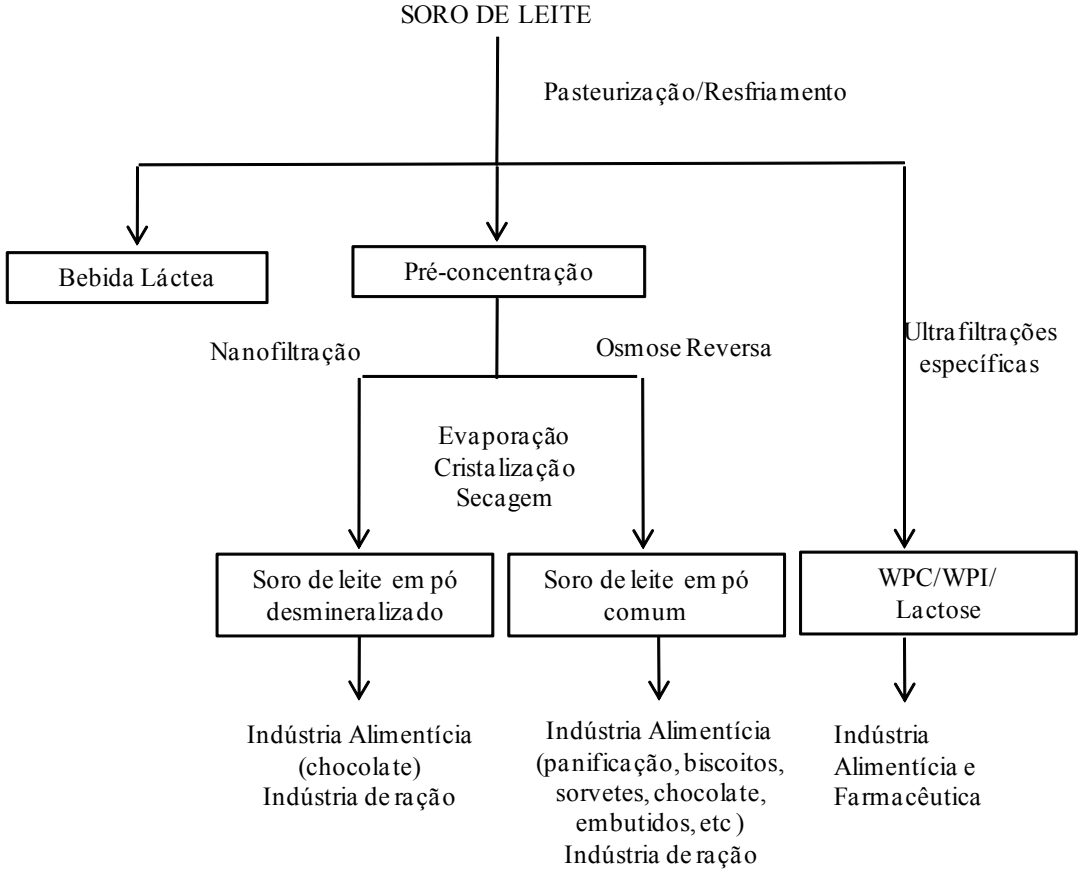


**FIGURA 1 –** Processos alternativos do soro
Fonte: Elaboração dos autores

Se o soro tiver suas proteínas fracionadas, a etapa de pré-concentração não precisará ser feita no laticínio de origem, pois ele terá que ser reidratado para que seja passado por membranas de ultrafiltração específicas para cada tipo de proteína (produto).

### 3.3 Modelos de Análise da Logística

Foram analisadas, então, as situações de logística. Uma primeira situação implica a coleta de soro nos Municípios e destinação diretamente para unidades de secagem. Alternativamente, pode-se pré-concentrar o soro em pontos intermediários e, a partir desses pontos, destiná-lo para secagem.

A determinação da disponibilidade e da localização dos volumes é o ponto de partida para a elaboração de um estudo de viabilidade técnico-econômica referente ao processamento do soro de leite. A partir dessas informações, foram avaliadas as alternativas logísticas e de localização para futuros empreendimentos que utilizem o soro como matéria-prima básica.

Para efeito de identificação do volume e caracterização da localização do soro de leite nas duas regiões, foram consideradas as informações das 92 empresas produtoras de queijo, localizadas em 52 municípios diferentes e com produção total diária de 702.247 litros de soro. Foi utilizada uma matriz de distâncias entre os municípios, no processo de definição do arranjo logístico.

Foi feito um corte em termos de consideração do laticínio no processo de modelagem. Apenas foram considerados laticínios com disponibilidade mínima de 1.000 l/dia, em função de dificuldades de se viabilizarem financeiramente os investimentos para o resfriamento. O volume de soro disponível ,considerado na modelagem, encontra-se na Tabela 1.

**TABELA 1** – Volume de soro utilizado no modelo, por Município

| Municípios | Volume de soro (l/dia) | Municípios | Volume de soro (l/dia) |
|---|---|---|---|
| Antônio Carlos | 89.500 | Viçosa | 5.200 |
| Entre Rios de Minas | 80.000 | Cristiano Otoni | 5.000 |
| Nazareno | 46.500 | Luminárias | 5.000 |
| Lima Duarte | 43.500 | Piau | 5.000 |
| Guiricema | 42.500 | Tabuleiro | 5.000 |
| Lavras | 40.000 | Santa Rita de Ibitipoca | 4.500 |
| Carangola | 35.000 | Oliveira Fortes | 4.200 |
| Juiz de Fora | 34.500 | Carrancas | 4.000 |
| Leopoldina | 30.000 | Desterro de Melo | 4.000 |
| Madre de Deus | 30.000 | Rio Espera | 4.000 |
| Lagoa Dourada | 25.000 | Santana dos Montes | 4.000 |
| São Geraldo | 24.000 | Visconde Rio Branco | 3.500 |
| Patrocínio do Muriaé | 20.000 | Chácara | 3.000 |
| São João Del Rei | 16.000 | Mercês | 3.000 |
| Ingaí | 12.000 | Paula Cândido | 3.000 |
| Guarani | 9.900 | São Tiago | 3.000 |
| Barbacena | 8.000 | Ubá | 3.000 |
| Além Paraíba | 7.000 | Guaraciaba | 1.800 |
| Oliveira | 7.000 | Bicas | 1.000 |
| Raul Soares | 7.000 | Faria Lemos | 1.000 |
| Divinésia | 6.000 | Muriaé | 1.000 |
| Rio Pomba | 5.500 | Teixeiras | 1.000 |

Fonte: Pesquisa de Campo

Como pode ser observado na Tabela 1, em 14 cidades são gerados aproximadamente 80% do soro disponível na amostra de empresas analisadas. Outras dez cidades geram em torno de 10% do volume total, enquanto as 28 cidades restantes geram os demais 10%.

Do volume total de soro gerado pelos laticínios, aproximadamente 33,1% é atualmente vendido a outras empresas, o equivalente a 233 mil litros diários. A totalidade desse volume é resfriada. Do volume não vendido, a destinação predominante é a alimentação animal.

Quanto à localização da(s) unidades de pré-concentração e de secagem, foram pré-selecionados Municípios aptos a receberem as unidades industriais pelo critério das quantidades disponíveis de soro, seguindo-se o princípio de Pareto, isso é, dentre as localidades que representam 80% do total de soro nas regiões. Na Figura 2, apresentam-se os Municípios pré-selecionados.

| Pré-concentração | Secagem |
|---|---|
| Antônio Carlos | Antônio Carlos |
| Entre Rios de Minas | Entre Rios de Minas |
| Nazareno | Nazareno |
| Lima Duarte | Juiz de Fora |
| Guiricema | Guiricema |
| Lavras | Lavras |
| Carangola | |
| Juiz de Fora | |
| Leopoldina | |
| Madre de Deus | |

**FIGURA 2 –** Municípios pré-selecionados para receber unidades industriais

Fonte: Resultados da pesquisa

O modelo utilizado compreendeu as seguintes equações e inequações:

*Função Objetivo:*

em que:

*SD* = função somatória da distância percorrida pelo de soro de queijo fluido para produção até a entrega em unidades de secagem;

*i* = número de municípios ofertantes em que foi detectada disponibilidade de soro fluido, *i* varia de 1 a 52;

*j* = número unidades industriais de pré-concentração, variando de 1 a 10;

*k* = unidades de secagem variando, de 1 a 6;

$X_{ij}$ = quantidade movimentada de soro de leite desde a origem *i*, em litros/dia, até uma unidade de pré-concentração;

$C_{ij}$ = distâncias entre municípios com disponibilidade de soro e as unidades de pré-concentração;

$D_{jk}$ = distância entre as unidades de pré-concentração j e as unidades de secagem k;

$PC_{jk}$ = quantidade movimentada das unidades de pré-concentração j e as unidades de secagem k;

*Restrições:*

a) Demanda mínima de soro fluido da unidade de pré-concentração, em litros/dia;

(1)

b) Demanda mínima de soro fluido pré-concentrado da unidade de secagem, em litros/dia;

(2)

c) Quantidades movimentadas não podem exceder a disponibilidade de soro no município *i*;

(3)

d) a quantidade que entra nas unidades de pré-concentração devem ser transformadas na relação técnica 3:1;

(4)

e) a quantidade que entra nas unidades de pré-concentração devem ser iguais às que saem para alguma unidade de secagem, guardada a relação técnica;

(5)

### 3.4 Análise Financeira dos Investimentos

A análise financeira baseou-se no cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR) do investimento. A TIR

equivale a encontrar uma taxa de juros que torna uma série de recebimentos e pagamentos equivalentes no presente, ou seja, uma dada remuneração ao capital investido. Dessa forma, quanto mais alta a taxa obtida, mais desejável, portanto, mais recomendável o investimento.

Para tanto, foram necessárias informações a respeito dos investimentos necessários, dos custos de produção e outras despesas, e da receita obtida com a venda do produto resultante.

Para a análise dos custos dos empreendimentos, foram levantados dados técnicos, com base em experiências de laticínios que efetivamente usam os processos, e os preços utilizados são os que prevaleciam no mercado em agosto de 2010.

Os investimentos necessários e demais itens de custo apurados para os investimentos do resfriamento no laticínio estão descritos na Figura 3.

O preço do soro no mercado internacional é balizador das decisões de compra da indústria que utiliza soro em seus processos e, portanto, atua como limite superior para o preço do produto doméstico. O preço médio pago pelo soro importado FOB, em 2008, foi US$1,19/kg. Esse preço havia experimentado uma tendência de crescimento no período de abril a dezembro de 2007, revertendo a tendência ao longo dos meses de 2008 (Figura 4).

| | Resfriamento | Pré-concentração | Secagem |
|---|---|---|---|
| Investimentos | Resfriador para 5.000 litros/hora = R$10.400,00 (conjunto de placas de circulação de água gelada x soro quente) + tanque (10.000 litros, 20.000, etc.) + compressor de frio | - Equipamento capacidade de 3.000 l/hora = R$250 mil<br>- Equipamento capacidade de 6.000 l/hora = R$300 mil<br>- Obra predial: R$200 mil<br>- Valor considerado na análise financeira: R$500 mil | - Torre de secagem para até 480.000 litros de soro fluido /dia = R$10 milhões<br>- Obra física = R$10 milhões<br>- Prazo para início das operações: 1 ano |
| Custos Operacionais | R$ 0,01 por litro<br>Frete: R$ 288,42 para caminhão de 13 mil litros, por 160 km | R$ 0,02 a 0,025 por litro<br>Frete coleta: R$ 2,00/km de soro fluido (carreta de 26 mil litros) | R$ 1,00/kg |
| Valor de mercado do produto | R$ 0,01 a 0,02 por litro | R$ 0,80/kg de sólidos, equivalente a R$ 0,045 por litro pré-concentrado e frete CIF | R$ 2,30/kg |
| Outras informações | Na maioria das vezes, o soro é entregue resfriado sem custo para indústrias de secagem ou para produtores rurais | | Capacidade:<br>- potencial 28 t/dia e real 20 t/dia de soro seco<br>- para tal capacidade, processa 160.000 litros soro pré conc. / dia<br>Substituição de membrana:<br>R$80 a 120 mil a cada 2 anos<br>Equivalência técnica:<br>1 kg de soro seco consome 17 litros de soro *in natura* |

**FIGURA 3 –** Informações de valores utilizados sobre investimento e custos para a instalação de unidades de resfriamento, pré-concentração e secagem

Fonte: Resultados da pesquisa

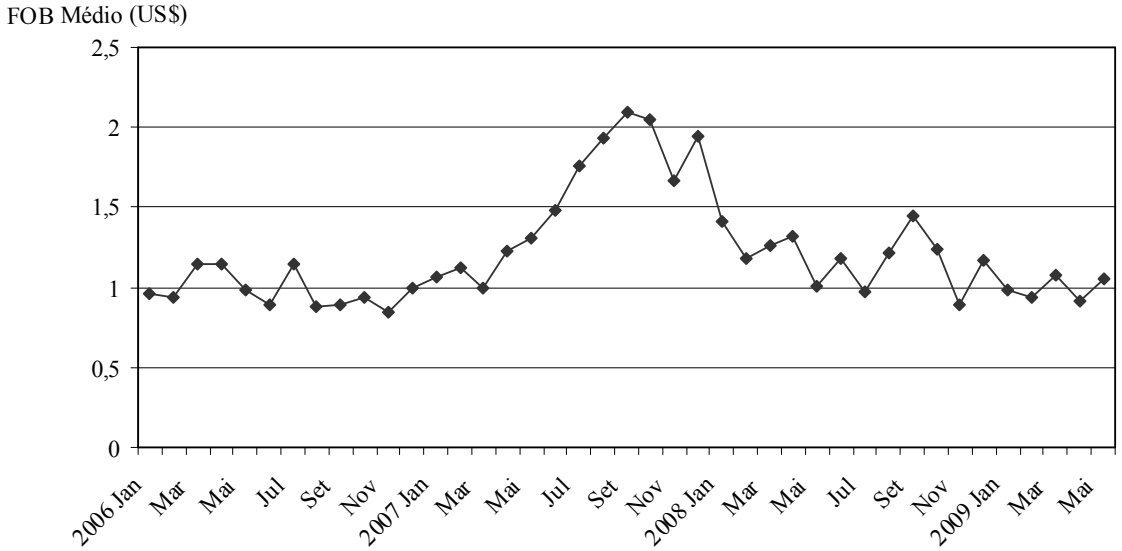


**FIGURA 4 –** Preços médios do soro importado pelo Brasil (em FOB US$/kg), 2006-2009 (até maio)
Fonte: Resultados da pesquisa

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Modelos de Localização

Inicialmente, são apresentados os resultados dos modelos de localização, conforme os clusters formados em torno de localização de unidades de pré-concentração e de secagem.

#### 4.1.1 Modelo 1: Logística com Pré-Concentração – Municípios candidatos a receberem unidades de pré-concentração

Os modelos de logística indireta são aqueles em que se opta por pré-concentrar o soro em algum ponto o mais próximo possível da origem antes do envio para a planta de secagem, a fim de reduzir o volume de transporte e com isso minimizar o custo logístico. A planta de pré-concentração então recebe o soro fluido e distribui o soro com um percentual de sólido de 16 a 18%, reduzindo-se o volume em 1/3 do original.

Nos casos em que coincidir a localização da planta de pré-concentração com a planta de secagem, há a opção de agrupar os dois processos numa mesma unidade. Apesar de reduzir parcialmente os investimentos fixos, isso não evita, contudo, a incidência dos custos operacionais específicos do processo de pré-concentração.

Os agrupamentos dos municípios em torno daqueles candidatos a receberem unidades de Pré-concentração foram formados e foram consolidadas as quantidades possíveis para cada grupo, conforme detalhado na Tabela 2.

#### 4.1.2 Modelo 2: Logística com Pré-Concentração – Grupo restrito dos Municípios candidatos a receberem unidades de pré-concentração

Embora todas as candidatas tenham reunido volumes de soro que viabilizassem plantas de pré-concentração, foram selecionadas algumas localidades que demonstraram maior capacidade de sinergia. Buscou-se investigar os possíveis benefícios logísticos da adoção de plantas de pré-concentração de maior capacidade (Tabela 3).

O primeiro pré-requisito para a escolha desses quatro municípios foi o grande volume de soro gerado a partir da primeira consolidação, como apresentado na Figura 2. Excluídos aqueles agrupamentos com menores quantidades de soro – Madre de Deus, Carangola e Lima Duarte, foi feita uma simulação de otimização com os demais. O resultado apontou que os agrupamentos Antônio Carlos, Entre Rios de Minas, Guiricema e Juiz de Fora eram os mais atrativos, que receberam volumes maiores. Consequentemente, o próximo passo foi a consolidação dos volumes de todo o soro fluido disponível para esses quatro destinos, gerando os números apresentados na Tabela 3.

**TABELA 2 –** Clusters de Municípios formados em torno de cidades candidatas a receber unidades de Pré-concentração e respectivos volumes de soro (l/dia)

| Pré-concentração | Clusters | Volumes de soro consolidado (l/dia) |
|---|---|---|
| Antônio Carlos | Antônio Carlos, Lagoa Dourada, Barbacena, Desterro de Melo, Rio Espera | 130.500 |
| Entre Rios de Minas | Entre Rios de Minas, Cristiano Otoni, Santana dos Montes, São Tiago | 92.000 |
| Nazareno | Nazareno, Oliveira, Carrancas | 57.500 |
| Lima Duarte | Lima Duarte, Santa Rita do Ibitipoca | 48.000 |
| Guiricema | Guiricema, São Geraldo, Divinésia, Viçosa, Teixeiras, Visconde do Rio Branco, Paula Cândido, Ubá, Guaraciaba, Muriaé | 91.000 |
| Lavras | Lavras, Ingaí, Luminárias | 57.000 |
| Carangola | Carangola, Raul Soares, Faria Lemos | 43.000 |
| Juiz de Fora | Juiz de Fora, Guarani, Rio Pomba, Tabuleiro, Piau, Mercês, Chácara, Bicas | 57.000 |
| Leopoldina | Leopoldina, Patrocínio do Muriaé, Além Paraíba | 71.100 |
| Madre de Deus | Madre de Deus, São João Del Rei | 46.000 |

Fonte: Resultados da pesquisa

**TABELA 3 –** Municípios pré-selecionados para receber unidades de Pré-concentração e respectivos clusters e volumes de soro

| Pré-concentração | Clusters | Volumes de soro consolidado (l/dia) |
|---|---|---|
| Antônio Carlos | Antônio Carlos, Lagoa Dourada, Barbacena, Desterro de Melo, Rio Espera, Madre de Deus, Carrancas, Luminárias, Lavras | 208.500 |
| Entre Rios de Minas | Entre Rios de Minas, Cristiano Otoni, Santana dos Montes, São Tiago, São João Del Rei, Nazareno, Oliveira, Ingaí | 174.500 |
| Guiricema | Guiricema, São Geraldo, Divinésia, Viçosa, Teixeiras, Visconde do Rio Branco, Paula Cândido, Ubá, Guaraciaba, Muriaé, Carangola, Raul Soares, Faria Lemos, Leopoldina, Patrocínio do Muriaé | 184.000 |
| Juiz de Fora | Juiz de Fora, Guarani, Rio Pomba, Tabuleiro, Piau, Mercês, Chácara, Bicas, Além Paraíba, Lima Duarte, Santa Rita Ibitipoca | 126.000 |

Fonte: Resultados da pesquisa

#### 4.1.3 Modelo 3: Logística direta – Laticínios-unidade de secagem

Os modelos de logística direta são aqueles em que o processo de pré-concentração ocorre na própria planta de secagem. O insumo, nesses casos, é o soro fluido resfriado gerado nos laticínios.

Seis municípios foram apontados no modelo de otimização como candidatos mais credenciados para possível localização das plantas de secagem, mas quatro se destacaram como sendo os de maior viabilidade pelos critérios da logística: Antônio Carlos, Nazareno ou Entre Rios de Minas, no Campo das Vertentes, e Guiricema, na Zona da Mata.

#### 4.1.4 Análise comparativa dos modelos

Os modelos buscaram simular situações que permitissem análise da logística em si e também de viabilidade financeira. Para a análise logística, foi criado um indicador chamado **Indicador de Conveniência Logística**, que se refere à somatória da quilometragem percorrida para coleta do soro nos laticínios e do soro pré-

concentrado nas unidades de pré-concentração, qual for o caso. Atribuiu-se o indicador **1,00** para a menor somatória, sendo os demais indicadores constituídos a partir de seus resultados divididos pelo valor relativo à menor quilometragem total. Ou seja, quanto menor o valor do indicador, melhor o posicionamento, o que vai favorecer a logística. Os resultados são apresentados na Tabela 4 e na Figura 5.

Os diversos modelos que buscaram a definição da localização, apenas por critérios de logística - coleta e consolidação de volumes para beneficiamento do soro - indicaram ser mais competitivas as soluções que utilizassem consolidação de volumes para pré-concentração e posteriormente o envio para secagem, ou seja, em 2 etapas.

Nesta investigação inicial, os modelos com melhores indicadores sugerem Antônio Carlos e Entre Rios de Minas como posicionamentos mais adequados para receberem unidades de secagem no Campo das Vertentes, não referendando, portanto, a opção de localização também avaliada em Nazareno. No caso da Zona da Mata, Guiricema foi a localização mais competitiva para que seja posicionada uma unidade de secagem.

### 4.2 Análise Financeira dos Investimentos

Ficou patente que os investimentos nas estruturas de resfriamentos nos laticínios não se viabilizam financeiramente. São, portanto, investimentos tidos como parte do negócio em cumprimento à legislação, fiscalização e consciência ambiental.

**TABELA 4** – Indicadores de Conveniência Logística, segundo situações simuladas

| | Modelos | Localização das unidades de secagem | Volumes diários de operação (litros de soro pré-concentrado por dia) | Indicador de conveniência logística |
|---|---|---|---|---|
| INDIRETO | Municípios candidatos e 2 torres de secagem em municípios diferentes | Antônio Carlos e Guiricema | 150.000 e 81.033 | 1 |
| | | Entre Rios de Minas e Guiricema | 127.600 e 103.400 | 1,1 |
| | | Entre Rios de Minas e Juiz de Fora | 127.600 e 103.400 | 1,11 |
| | | Antonio Carlos e Juiz de Fora | 150.000 e 81.033 | 1,25 |
| | Municípios candidatos e torres de secagem no mesmo município | Antonio Carlos | 231.000 | 1,21 |
| | | Juiz de Fora | 231.000 | 1,4 |
| | | Entre Rios de Minas | 231.000 | 1,49 |
| | | Guiricema | 231.000 | 1,49 |
| | Cidades selecionadas e 2 torres de secagem em municípios diferentes | Antônio Carlos e Guiricema | 150.000 e 81.033 | 1,52 |
| | | Entre Rios de Minas e Guiricema | 150.000 e 81.033 | 1,57 |
| | | Antonio Carlos e Juiz de Fora | 127.600 e 103.400 | 1,6 |
| | | Entre Rios de Minas e Juiz de Fora | 127.600 e 103.400 | 1,63 |
| | Cidades selecionadas e torres de secagem no mesmo município | Antonio Carlos | 231.000 | 1,75 |
| | | Juiz de Fora | 231.000 | 1,94 |
| | | Guiricema | 231.000 | 1,97 |
| | | Entre Rios de Minas | 231.000 | 1,99 |
| DIRETO | Modelo Direto e 2 torres de secagem em municípios diferentes | Antônio Carlos e Guiricema | 139.333 e 72.800 | 1,47 |
| | | Nazareno e Guiricema | 154.833 e 76.200 | 1,46 |
| | | Entre Rios de Minas e Guiricema | 120.833 e 110.200 | 1,76 |
| | Modelo Direto e torres de secagem no mesmo município | Antônio Carlos | 231.000 | 2,12 |
| | | Nazareno | 231.000 | 2,63 |
| | | Juiz de Fora | 231.000 | 2,84 |

Fonte: Resultados da pesquisa

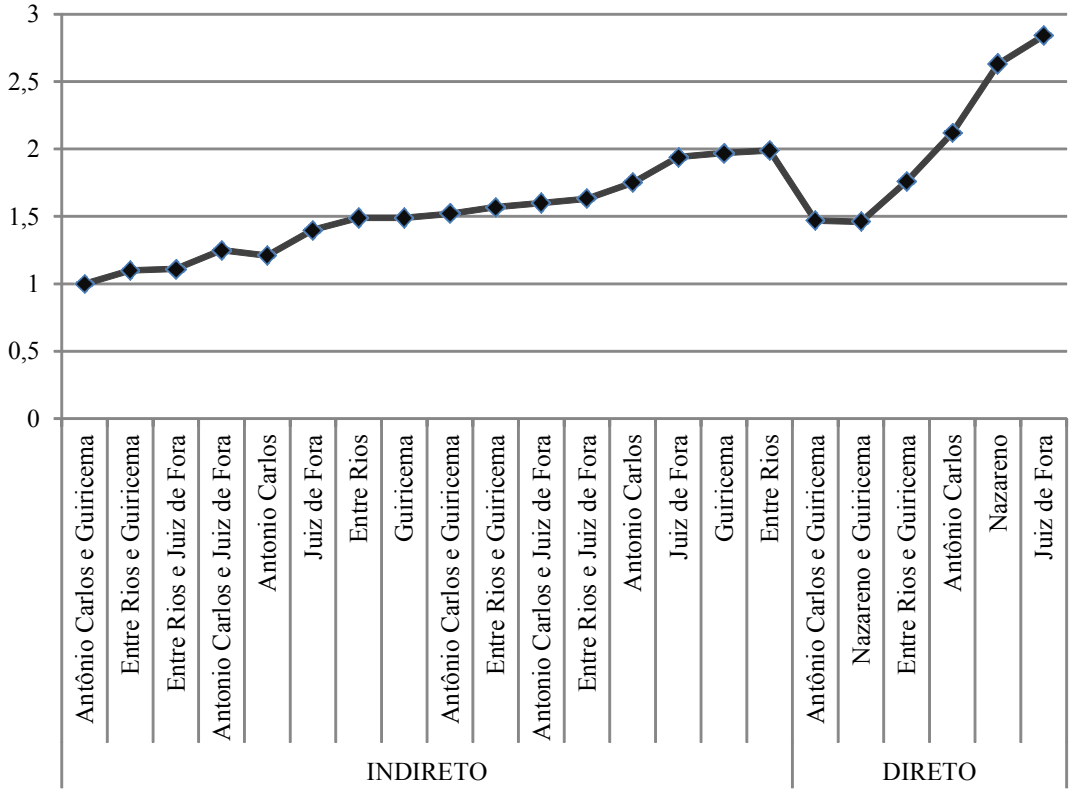


**FIGURA 5 –** Indicador de Conveniência Logística, conforme situações simuladas
Fonte: Resultados da pesquisa

Para os atuais valores de compra praticados pela indústria de secagem, a pré-concentração é um investimento absolutamente inviável. Os investimentos tornar-se-iam viáveis à medida que fossem melhorados significativamente os preços de venda do soro pré-concentrado para a indústria de secagem, atingindo no mínimo R$0,12/litro FOB, para unidades com produção mínima de 126.000 litros/dia.

Plantas inferiores a 10.000 kg/dia não foram viáveis, ou por apresentar alto risco em função da ocupação da capacidade operacional, ou mesmo por resultar em Taxa Interna de Retorno negativa.

### 4.3. Modelo de Rede Logística e Viabilidade do Negócio

Com base na análise conjunta da logística e da viabilidade financeira, foi identificado que o modelo de rede logística mais adequado é o indireto – coleta nos laticínios, pré-concentração e distribuição para unidades de secagem. A localização espacial das unidades sugere que a pré-concentração ocorra nos Municípios Antônio Carlos, Entre Rios de Minas, Juiz de Fora e Guiricema, e a secagem em Antônio Carlos e Guiricema.

Tal resultado significa a sugestão de localização das unidades com base simultaneamente na logística e nas economias de escala da produção, produzindo resultados financeiros em ponto de viabilidade do investimento (Tabela 5).

Como se pode observar, os atuais valores de venda de soro pré-concentrado praticados no mercado (R$0,045/litro) não viabilizam os investimentos em **pré-concentração**. O investimento encontraria viabilidade à medida que o preço de venda atingisse o mínimo de R$0,12/litro, pagando-se R$0,01/litro do soro fluido. Cada acréscimo de R$0,01 no preço do soro fluido implicaria poder melhorar a remuneração em R$0,03 do soro pré-concentrado.

Por outro lado, com o insumo a R$0,12/litro pré-concentrado, não é viável a operação das plantas de secagem, considerando-se o preço de venda de soro seco a R$2,30/kg.

Na Figura 6, apresenta-se a configuração logística e de valores para a viabilidade do negócio.

**TABELA 5 –** Resultados da análise financeira do modelo de beneficiamento sugerido

| Localização | Capacidade[1] | | TIR (% a.a.) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pré-concentrado (litros/dia) | Seco (kg/dia) | Preço de compra (fluido) | R$0,02/l | R$0,01/l | |
| | | | Preço de venda (pré-concentrado) | R$0,15/l | R$0,12/l | R$0,045/l[2] |
| Pré-concentração | | | | | | |
| Guiricema | 61.333 | | | 14% | 14% | *[3] |
| Juiz de Fora | 42.000 | | | 5% | 5% | *[3] |
| Antônio Carlos | 69.000 | | | 17% | 17% | *[3] |
| Entre Rios de Minas | 58.000 | | | 13% | 13% | *[3] |
| Secagem | | | | | | |
| Guiricema | | 14.200 | | -6,06% | 0,25% | 12,49% |
| Antônio Carlos | | 19.750 | | -0,50% | 6,80% | 21,46% |

***Notas:*** [1] – Valores médios estimados; [2] – Valor atualmente praticado; [3] – Inviável financeiramente
Fonte: Resultados da pesquisa

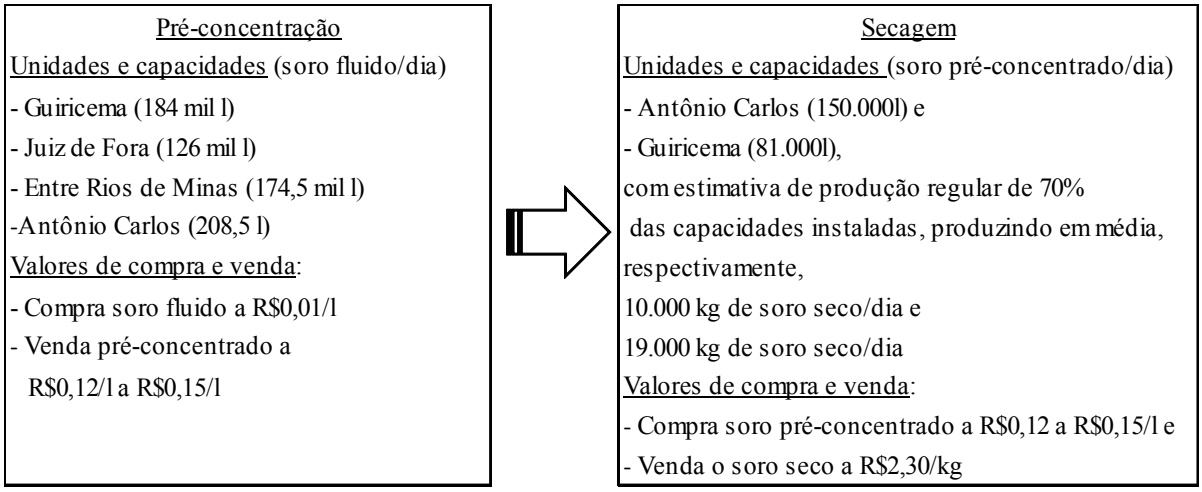


**FIGURA 6 –** Configuração geral do modelo de rede logística e preços para viabilidade financeira
Fonte: Resultados da pesquisa

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivou-se,neste estudo,encontrar viabilidade técnico-econômica para a formação da cadeia de valor do soro de queijo, enquanto matéria-prima para produtos nobres. Foram levados em conta aspectos diversos, tais como dispersão geográfica da matéria-prima que é extremamente perecível, localização, logística e viabilidade financeira.

Foram utilizadas informações de 92 laticínios localizados em 52 municípios e com produção total diária de 702.247 litros de soro. O problema da localização de unidade de beneficiamento do soro de leite e identificação dos respectivos fornecedores envolveu a sugestão do local para instalação da indústria que minimiza os custos de obtenção do soro resfriado e/ou pré-concentrado para o processamento, bem como os valores que viabilizam o empreendimento.

Por critérios exclusivos de logística, os modelos com melhores indicadores sugeriram Antônio Carlos e Entre Rios de Minas como posicionamentos mais adequados

para receberem unidades de secagem no Campo das Vertentes. No caso da Zona da Mata, Guiricema foi a localização mais competitiva para que seja posicionada uma unidade de secagem.

Aos critérios da logística, foram agregados critérios outros de caráter financeiro. Foi identificado que o modelo mais adequado deveria contemplar a localização das unidades de pré-concentração nos Municípios de Antônio Carlos, Entre Rios de Minas, Juiz de Fora e Guiricema, enquanto as unidades de secagem foram orientadas para posicionarem-se em Antônio Carlos e Guiricema.

Porém, o que se constatou foi que os atuais valores de venda de soro pré-concentrado praticados no mercado (R$0,045) não viabilizam os investimentos em pré-concentração. Esses seriam viáveis a, no mínimo, R$0,12 por litro, pagando-se R$0,01 por litro do soro fluido. Entretanto, se a indústria de secagem comprar o soro a R$0,12 por litro pré-concentrado, não há viabilidade financeira dos investimentos, considerando-se o preço de venda por quilo de soro seco a R$2,30.

Tal situação coloca um desafio às empresas. É preciso que haja governança firme da cadeia, inicialmente, parecendo ser necessária a integração vertical, ou seja, um grupo empresarial ser proprietário das unidades de pré-concentração e de secagem para minimizar custos e riscos de regularidade e quantidade da matéria-prima. Por outro lado, essa parece ser a forma mais rápida da cadeia organizar-se na região.

Além do mais, não se deve perder de vista que a internalização do produto importado está extremamente competitiva. Na média de 2008, o preço do produto importado foi US$1,20 por kg FOB. No contraponto, o preço do mercado interno R$2,30, não viabiliza investimentos.

Porém, há que se considerar que o benefício social, se contabilizado, deve indicar a adequação de tais investimentos, uma vez considerada a questão ambiental. Os benefícios da mitigação dos impactos ambientais negativos do efluente, na disposição inadequada, podem ser favoráveis à participação e preocupação dos entes públicos, quanto ao custo de oportunidade da substituição do tratamento do dejeto pela sua industrialização.

Neste sentido, políticas públicas que estimulem a propensão dos laticínios a resfriar e repassar o soro para processamento, que favoreçam a redução de custos operacionais – como, por exemplo, energia elétrica - e de capital - redução de impostos e de custos financeiros e incentivos na compra de equipamentos para estruturação de unidades industriais – são bem-vindas e podem ter um caráter estratégico para o sucesso do desenvolvimento e da consolidação da cadeia do soro seco nas regiões da Zona da Mata e Campo das Vertentes de Minas Gerais.

Também são relevantes políticas públicas no âmbito da Ciência & Tecnologia & Inovação que estimulem a inovação de processos que viabilizem meios mais simples para produtos novos, valendo-se da qualidade nutritiva do soro enquanto matéria-prima, bem como de fabricação de equipamentos inovadores e mais baratos para os processos estabelecidos.

Como limitações do estudo, podemos mencionar sua aplicação numa região de relativa densidade de produção primária. Pode-se esperar que modelos de otimização não produzam resultados tão assertivos em realidades de maior dispersão geográfica da produção. Por outro lado, essa situação poderia criar uma realidade não tão explorada neste estudo, que seria uma mais profunda análise de estabilidade dos valores de mercado, considerado como dados, a saber, preços do produto importado, preços internos, custos de transporte e subsídios.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. A. S. B. **Viabilidade econômica e localização de unidade produtora de farinha de milho para utilização em mistura com trigo no Estado de São Paulo**. 1981. 159 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1981.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos:** planejamento, organização e logística empresarial. Porto Alegre: Bookman, 2001. v. 2, 532 p.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. **Manual de localização industrial**. Rio de Janeiro: APEC, 1971.

BIASUTTI, E. A. R. et al. Ação da pancreatina na obtenção de hidrolisados protéicos de soro de leite com elevado teor de oligopeptídeos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 1, p. 51-60, 2008.

BRANDEAU, M. L.; CHIU, S. S. An overview of representative problems in location research. **Management Science**, v. 35, n. 6, p. 645-674, 1989.

CAIXETA-FILHO, J. V. Transporte de produtos agrícolas: sobre o problema das perdas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 34, n. 3/4, p. 173-199, 1996.

CAPELLO, R. **Regional economics:** advantage texts in economics and finance. New York: Routledge, 2007.

CERVO, L. A.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Business research:** a practical guide for undergraduate and postgraduate students. 3rd ed. Basingstoke: Palgrave MacMillanm, 2009.

GAUTHIER, S. F.; POULIOT, Y. Functional and biological properties obtained by enzymatic hydrolysis of whey proteins. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 78-87, Jan. 2003.

HOLANDA, N. **Planejamento e projetos**. Fortaleza: UFC, 1983.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS. **A indústria de laticínios brasileira e mineira em números**. Belo Horizonte, 2003.

LOPES, R. L. **Suinocultura no Estado de Goiás:** aplicação de um modelo de localização. 1997. 95 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1997.

NOVAES, A. G. **Sistemas de transportes**. São Paulo: E. Blücher, 1986. v. 1.

ORGANIZAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL DAS NAÇÕES UNIDAS. **Manual de preparação de estudos de viabilidade industrial**. São Paulo: Átlas, 1987.

PACHECO, M. T. B. et al. Propriedades funcionais de hidrolisados obtidos a partir de concentrados protéicos do soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 333-338, 2005.

RICHARDSON, H. **Elementos de economia regional**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 4, p. 397-409, 2004.

SILVA, M. R. **Efeito de uma bebida láctea fermentada e fortificada com ferro no estado nutricional de ferro em pré-escolares**. 2000. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

SISO, M. I. G. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. **Bioresource Technology**, v. 57, p. 1-11, 1996.