

**PRODUÇÃO CONJUNTA E MAXIMIZAÇÃO DO RESULTADO EM FÁBRICA DE QUEIJOS****JOINT PRODUCTION AND MAXIMIZATION OF RESULTS IN THE CHEESE FACTORY****Joana Zils**

Graduação em Ciências Contábeis pela Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí.  
flarenatasouza@gmail.com

**Altair Borgert**

Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina.  
Professor do Dep. de Ciências Contábeis da Univ. Fed. de Santa Catarina.  
altair@borgert.com.br

**Flávia Renata de Souza**

Doutorado em Contabilidade pela Univ. Fed. de Santa Catarina  
Contadora do Departamento Tributário da CELESC  
flarenatasouza@gmail.com

**Resumo:**

O mercado de lácteos é representativo na economia nacional, cuja cadeia envolve produtores e empresas que precisam explorar ao máximo suas capacidades produtivas para permanecerem no mercado de maneira sustentável. Com o auxílio da programação linear, realizou-se um estudo numa indústria de lácteos do interior do estado de Santa Catarina, com o objetivo de determinar qual é o mix de produção em que os subprodutos fabricados à base de soro de queijo geram a maior margem de contribuição total possível. A pesquisa se deu num ambiente comum de produção conjunta com restrições produtivas, de captação de matéria-prima e mercadológicas. Os resultados do estudo indicam que a margem de contribuição total obtida pelos subprodutos, por meio da solução ótima, é de R\$ 139.391,52, o que sugere melhorias no processo de eliminação ou aproveitamento dos resíduos de soro de queijo.

**Palavras-chave:** Produção conjunta. Indústria de lácteos. Programação linear.**Abstract:**

The dairy market is representative in the national economy, whose chain involves producers and companies that need to exploit their productive capacities to the maximum to remain in the market in a sustainable manner. With the aid of linear programming, a study was carried out in a dairy industry in the interior of the state of SC, with the objective of determining what is the production mix in which the by-products manufactured based on cheese whey generate the largest margin of total possible contribution. The research took place in a common environment of joint production with production restrictions, capture of raw materials and marketing. The results of the study indicate that the total contribution margin obtained by the by-products, by means of the optimal solution, is R \$ 139,391.52, which suggests improvements in the process of eliminating or using cheese whey residues.

**Keywords:** Joint production. Dairy industry. Linear Programming.

## 1 Introdução

O Brasil está entre os maiores produtores de leite do mundo, fato que justifica ser um dos produtos de destaque na pecuária do país. Trata-se de um produto de grande valor nutritivo, que está presente na alimentação diária de crianças e adultos, em forma de leite ou derivados (EMBRAPA, 2019). O setor lácteo desempenha importante papel econômico e social, a partir do momento em que gera muitos empregos e renda, tanto nas empresas beneficiadoras como nas propriedades rurais produtoras.

Segundo estatísticas do Milkpoint (2016), no ano de 2014, foram produzidos 35,17 bilhões de litros de leite no país. Para o ano de 2016, estimava-se que a produção ultrapasse 39 bilhões de litros (CONAB, 2015). A partir do leite cru in natura são fabricados diferentes produtos, dentre os quais, basicamente, comercializa-se leite integral e desnatado ou produtos derivados do leite como o queijo, por exemplo.

A fabricação de queijos geralmente se dá por meio de um processo de produção conjunta, ou seja, a partir de matéria prima única são produzidos diversos produtos. Outra característica da produção de queijos é a alta geração de resíduos, principalmente o soro, que se trata de um produto ácido e altamente contaminante devido a sua composição com alto teor orgânico, o que gera um custo elevado no processo de tratamento pelas formas tradicionais, que pode inviabilizar a sobrevivência das empresas no mercado (SIQUEIRA; MACHADO; STAMFORD, 2013).

Entretanto, há opções para o aproveitamento do soro de queijo, de modo que o mesmo deixe de ser apenas um resíduo danoso ao meio ambiente e se transforme numa oportunidade para a empresa ampliar a sua margem de contribuição. Assim, o desafio consiste em usar os recursos envolvidos no processo de produção da melhor maneira possível, ou seja, da maneira que gere o máximo resultado da atividade como um todo, de forma que minimize custos e maximize lucros, cujo problema tem sido constantemente desenvolvido por meio da aplicação da programação linear (SILVA NETO; CAIXETA FILHO, 2009).

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo determinar o mix de produção ideal dos subprodutos fabricados à base do soro de queijo, que sobra como resíduo do processo de fabricação dos produtos principais. A pesquisa se justifica pelo fato de demonstrar que, mesmo num caso de produção conjunta, tem-se a possibilidade de determinar o mix ideal com foco na destinação dos resíduos do processo produtivo. Do ponto de vista prático, observa-se que a empresa objeto de estudo tem opções possíveis para a destinação de tais resíduos, porém, não tem a definição da combinação que maximiza a margem de contribuição total da organização.

## 2 Fundamentação Teórica

Determinados produtos, para serem produzidos, dependem de matérias primas brutas que precisam passar por processos físicos e químicos para que haja a separação dos elementos para a fabricação do produto final, cuja sistemática se dá o nome de produção conjunta (SANTOS, 2005). Dessa separação, sobram elementos que podem ser usados na produção de outros produtos dentro da mesma empresa, ou podem ser comercializados com outras empresas, ou, ainda, pode acontecer de apresentar sobras que não têm utilidade na empresa bem como têm valor comercial no mercado.

Desta maneira, devido à característica de pequena participação nas receitas da empresa e, também, ao fato de se originarem de desperdícios, sobras ou refugos, os subprodutos deixam de ser considerados produtos propriamente ditos (PADOVEZE, 2000). Já, Martins (2010)

chama de subprodutos aqueles itens que nascem normalmente durante o processo de produção, possuem giro e valor de mercado razoável, itens que tem comercialização normal assim como os produtos da empresa, mas representam porção menor do faturamento total. Para aqueles itens que raramente são comercializados, e não se sabe previamente quando pode ocorrer as vendas, o autor chama de sucatas.

Nesta direção, Santos (2005), sustenta que sucatas são resíduos que podem ou não ser decorrência normal do processo de produção, bem como não possuem valor de venda e condições de negociabilidade boas. Normalmente, a sucata tem valor realizável líquido negativo. Em função disso, as empresas buscam se livrar dela com menor custo possível, porém em situações em que a geração de sucata é constante no processo produtivo, como é o caso do soro de queijo nos laticínios, torna-se significativamente oneroso eliminar todo esse resíduo de maneira que não cause danos à natureza. Assim, torna-se interessante agregar valor a esta sobra de alguma maneira.

Visto que o custo gerado pela destinação correta do soro de queijo é agregado aos custos indiretos de fabricação, os quais são rateados aos produtos principais, cuja cadeia de valor deve ser considerada, faz-se necessário pesquisar e buscar alternativas que adicionam valor à sucata de modo que passe a ter um valor realizável líquido positivo (MAHER, 2001). O mesmo autor, ainda, apresenta um exemplo prático de agregação de valor a resíduo quando afirma que as sobras do processo produtivo de madeiras serradas podem ser transformadas em materiais de paisagismo, como estacas para árvores em crescimento ou cobertura de solo.

No caso das indústrias de queijos, o problema é considerado um caso de produção conjunta, já que lida com questões de sazonalidade de matéria prima e situações em que se tem um aumento de produção do produto principal. Tal contexto conduz, inevitavelmente, a um aumento em grande escala dos subprodutos que se originam do mesmo processo, porém os mesmos podem não ter a mesma escala de demanda no mercado que possuem os produtos principais (MAGRO *et al.*, 2015). Dessa forma, surge a necessidade de se buscar outras opções de absorção dos subprodutos, inclusive fora da organização.

É importante, no processo decisório das organizações, a discussões acerca do mix de produção ideal, ou seja, a combinação ótima quando se trata do resultado final do negócio. É preciso decidir qual é o produto mais rentável. Porém, a decisão nem sempre é fácil, pois não envolve apenas a margem de contribuição e a demanda do mercado, é preciso levar em consideração a escassez dos recursos e a existência de limitações ou restrições no processo produtivo (CORRAR; THEÓPHILO; BERGMANN, 2004). Visto que a programação linear visa encontrar a maneira mais eficiente na utilização dos recursos disponíveis por uma organização, pode-se dizer que a mesma tem a função de resolver os problemas representados por expressões lineares (MARTINS *et al.*, 2008).

Com a existência de variados elementos que geram complexidade na tomada de decisões, com relação ao mix de produção ideal, em alguns casos é arriscado se basear somente na experiência profissional dos gestores, para os quais torna-se importante o auxílio da programação linear (CASTRO; BORGERT; SOUZA, 2015). Assim, há inúmeras formas para a distribuição dos recursos escassos entre as atividades envolvidas no processo, as quais, porém, necessitam ser coerentes com as restrições existentes, para que se alcance a “solução ótima” (SCALABRIN *et al.*, 2006).

Na produção de queijos, objeto de estudo do presente artigo, por consequência natural, tem-se a produção de resíduo, qual seja, o soro, e em grande escala. Visto que há opções de aproveitamento do soro de maneiras diferentes, é importante que se apliquem as ferramentas da Programação Linear para a definição do mix perfeito de aproveitamento do soro de queijo, visando o melhor resultado da empresa como um todo.

Assim, também, em vários outros setores há sobras de resíduos do processo produtivo, os quais podem se transformar em produtos ou ainda servirem de matéria prima para outros negócios totalmente diferentes dos que originaram o resíduo. A pesquisa realizada por Albertini, Carmo e Prado Filho (2007) mostra a eficiência do uso de serragem de madeira e bagaço de cana de açúcar como absorventes de metais pesados no tratamento de efluentes. A serragem de madeira é uma sobra inevitável no processo produtivo das serrarias, inclusive já surgiram várias finalidades para essa sucata – a serragem – que pode ser utilizada como palhoso em sistemas de compostagem, associada a outros resíduos orgânicos, que forma um composto final destinado a adubações em geral (MARAGNO; TROMBIN; VIANA, 2007).

O dilema dos resíduos está na sua destinação correta, que deve levar em conta a responsabilidade ambiental. Porém, nos últimos anos, algumas empresas já verificaram na reintegração de resíduos uma oportunidade para gerar receitas, agregar valor a materiais que antes eram vistos como sucatas sem utilidade (FERREIRA; MORAES JOÃO; SANT ANNA, 2008). O uso de resíduos agroindustriais é comum na alimentação de animais, na região oeste do estado do Rio Grande do Norte, onde se destaca o cultivo do melão, cujos frutos refugados têm sido utilizados na alimentação de vacas leiteiras em substituição ao farelo de trigo (LIMA *et al.*, 2011).

Experiência semelhante se dá pela tentativa de inserir níveis de subprodutos de acerola desidratada na silagem de capim destinada à alimentação de ovinos, cujo total aproveitamento das frutas pela comercialização se torna impossível por se tratar de material perecível por natureza. Para a maximização dos resultados da produção, estudou-se a alternativa de reaproveitamento na alimentação de animais (HOLANDA FERREIRA *et al.*, 2010).

Na industrialização de peixes, também, é comum a alta geração de resíduos, para os quais, segundo Feltes *et al.* (2009), existem as seguintes destinações possíveis: uso para alimentação de animais, alimentação de humanos ou fabricação de biodiesel. Na mesma linha de pesquisa, Martins *et al.* (2008) comprovaram que a substituição da matéria seca da ração por matéria seca do soro de queijo líquido pode ser utilizada na alimentação de suínos em crescimento até o nível de 30% sem, contudo, provocar efeitos negativos no desempenho.

Estudo semelhante, no ramo de laticínios, foi realizado por Castro, Borgert e Souza (2015), no qual se determinou o mix de produção ideal para uma indústria de lácteos com o uso da Programação Linear. Contudo, vale destacar que a presente pesquisa apresenta uma análise sobre a mesma temática, porém, com foco nos subprodutos gerados pela utilização do soro de queijo.

Em relação ao soro de queijo, existem pesquisas que evidenciam oportunidades de agregar valor ao mesmo. Serpa, Priamo e Reginatto (2009) alertam que o soro de queijo costuma ser destinado para o tratamento de efluentes com uma carga orgânica alta: 6,3% de sólidos presentes, dentre os quais proteínas, gordura e lactose, elementos altamente nutritivos para a alimentação humana, que desta forma são desperdiçados como dejetos.

### 3 Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo de caso, por meio de uma pesquisa exploratória, de caráter quantitativo em uma indústria de laticínios do interior do estado de Santa Catarina. O foco da empresa é na produção de queijos, porém, tal produção gera resíduos em grande escala, na forma de soro de queijo. Atualmente, a empresa dispõe de algumas opções rentáveis para o aproveitamento do mesmo. Assim, a partir desse cenário, analisa-se a viabilidade de cada uma.

A análise dos dados quantitativos ocorre com o auxílio do suplemento Solver, do Excel. Com as quantidades de demanda de cada subproduto do soro e o valor agregado dos mesmos, coletados na observação *in loco*, calcula-se a margem de contribuição de cada subproduto do

soro. Assim, definem-se as restrições do sistema, que podem limitar a quantidade produzida de cada item.

Com o objetivo de maximizar a margem de contribuição total da empresa, aplica-se a função “maximizar valores” do Solver, à célula que corresponde à soma das margens de contribuição totais de cada subproduto, a qual utiliza a quantidade produzida multiplicada pela margem de contribuição unitária como células variáveis que sofrem alterações. Respeitam-se os critérios de estabelecimento dos limites superior e inferior para a quantidade produzida, para que não haja valores negativos e sejam respeitadas as restrições de produção máxima de cada produto. Por meio da aplicação do Solver, objetiva-se a maximização da margem de contribuição, ou seja, obtém-se um mix de destinação do soro para a empresa em análise.

De acordo com a solicitação da empresa, a sua razão social não é informada. Outros tipos de custos, como critérios de rateio dos custos indiretos de fabricação ou gastos gerais de fabricação não são analisados. O período de realização da pesquisa diz respeito a um mês de produção típica da empresa como representativa para os demais períodos, bem como leva-se em consideração os valores de mercado daquele período.

#### 4 Resultados

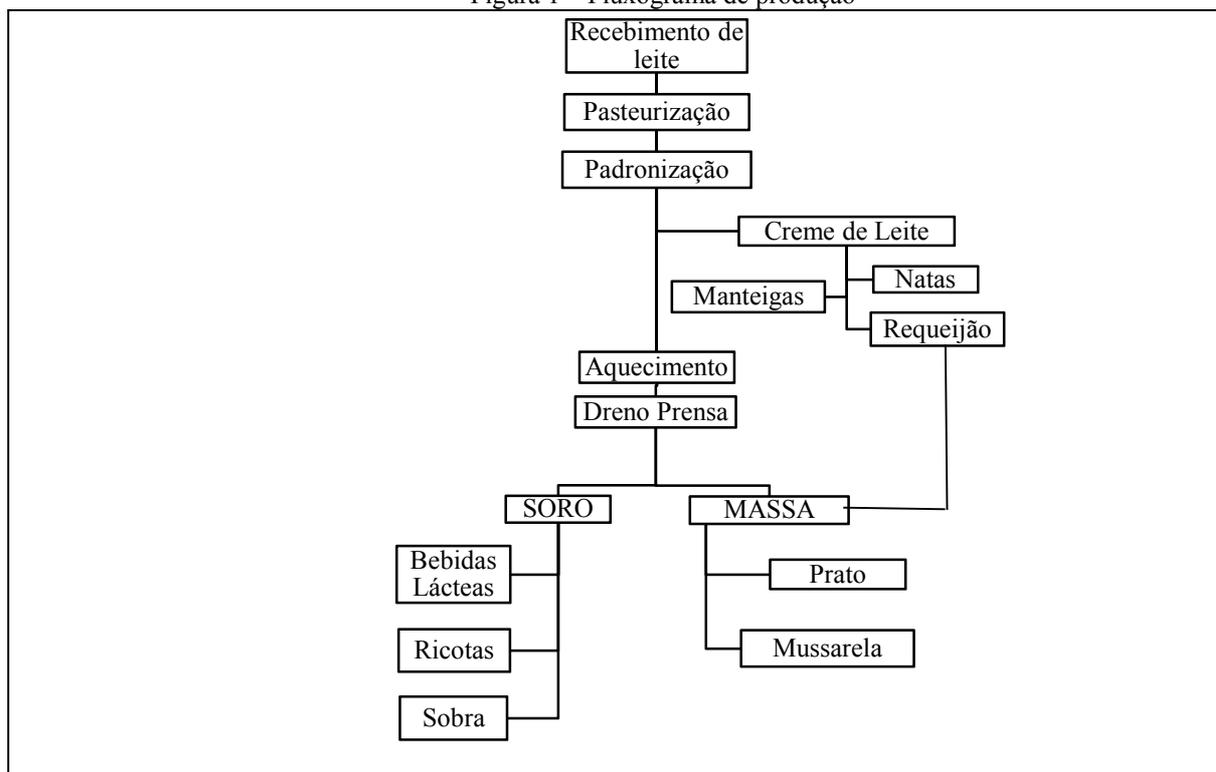
Em 1994, a empresa do ramo de laticínio situada no Alto Vale do Itajaí – SC, iniciou suas atividades com uma capacidade para processar 1.000 (mil) litros de leite por dia e produto final médio diário de 100 kg de queijos tipo mussarela e prato, e 900 litros de soro de queijo que era reutilizado na criação de suínos com a finalidade de eliminar esse resíduo. Atualmente, são processados entre 40 mil e 80 mil litros de leite por dia, que variam conforme a época do ano.

Com o passar do tempo, aumentou a produção de queijos e, conseqüentemente, a quantidade de resíduos, em especial o soro, e a empresa preocupa-se cada vez mais em como destinar corretamente este subproduto, que não pode ser despejado sem tratamento na natureza. Assim, no ano de 2000, a empresa empenhou-se na busca de mercado para os subprodutos que poderiam ser fabricados com a utilização de parte do soro que sobra do processo produtivo. Iniciou-se, então, a fabricação de subprodutos, entretanto, a demanda desses pelo mercado não é suficiente para absorver todo o soro gerado no processo produtivo.

No fluxograma da Figura 1 detalha-se o processo produtivo da indústria pesquisada. O processo inicia com a recepção da principal matéria prima, o leite in natura, que é primeiramente pasteurizado para eliminar possíveis impurezas e posteriormente padronizado. Na padronização, o leite passa por um equipamento que separa uma parte da gordura, para que o leite siga para a próxima etapa do processo com 3,30% de gordura, onde ocorre um processo de separação, em que a matéria prima inicial se subdivide em leite padronizado e creme de leite.

Com o creme de leite produz-se manteiga, nata e requeijão. Já, o leite padronizado segue adiante no processo, é aquecido até atingir a temperatura média de 43°C, e em seguida segue para um equipamento chamado “dreno-prensa”, o qual vai gerar mais um processo de separação, onde o leite padronizado se transforma em massa de queijo e como resíduo dessa massa, sobra o soro de queijo. Com a massa são produzidos os queijos tipo Prato e Mussarela e uma pequena parte é destinada à fabricação de requeijão. Com o soro, atualmente, são produzidas duas linhas de subprodutos, as ricotas e as bebidas lácteas, porém, a produção desses itens não absorve todo o soro gerado. Ainda, existe uma sobra que é direcionada à alimentação de suínos destinados à engorda.

Figura 1 – Fluxograma de produção



Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Diante dessa situação, foram feitos investimentos na construção e ampliação de granjas de suínos e, para facilitar a distribuição do soro para os animais, implantou-se um sistema de tubulações que liga a fábrica de laticínios com as granjas. O volume atual de soro destinado às granjas é de 27.600 litros por dia, distribuído entre aproximadamente 4.300 suínos.

#### 4.1 Custos fixos

Em razão das características do processo produtivo, em que a partir de uma matéria prima em comum são produzidos diversos produtos, e a matéria prima passa por processos de separação distintos, não se mostra necessário o rateio dos custos fixos da empresa entre os produtos. Portanto, trata-se como custo fixo, também, o custo do leite in natura adquirido mensalmente. Além do leite, tem-se como custos fixos os valores referentes a energia elétrica, mão de obra, gastos com manutenção, com laboratório e materiais de higiene e limpeza da fábrica. Tais custos são apresentados no Quadro 1 com seus respectivos valores monetários, os quais foram calculados a partir da média de 12 meses.

Quadro 1 – Custos fixos

ELEMENTOS DE CUSTO	MONTANTE
Encargos Sociais	25.957,25
Energia Elétrica	38.409,08
Laboratório	9.863,17
Leite in natura	1.587.305,83
Manutenção da fábrica	20.000,00
Mão de obra	103.829,00
Produtos Higiene e Limpeza	20.146,38
<b>TOTAL</b>	<b>1.805.510,70</b>

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Sob esta ótica, constata-se que o custo fixo de maior relevância no negócio é o custo com a matéria-prima principal, o leite in natura, que representa 87,91% dos custos totais.

#### 4.2 Custos variáveis

Visto que o leite in natura, principal matéria prima dos produtos, é considerado um custo fixo pelo seu montante, pois sofre um processo de separação e posteriormente agregação a outros produtos, levantam-se somente os demais custos de ingredientes e embalagens que são específicos para cada produto, tais valores estão discriminados no Quadro 2.

Quadro 2 – Apuração do custo variável unitário dos produtos lácteos principais

PRODUTO	Unid.	Custo Var. Unitário	PRODUTO	Unid.	Custo Var. Unitário
Manteiga com sal 1Kg	Unid.	0,15	Mussarela Fatiado 2Kg	Unid.	3,18
Manteiga sem sal 5Kg	Unid.	0,74	Mussarela Fatiado 500g	Unid.	0,88
Nata 3,6	Unid.	2,39	Prato Fatiado 150g	Unid.	0,34
Nata 300g	Unid.	0,11	Prato Fatiado 1Kg	Unid.	1,66
Nata 400g	Unid.	0,32	Prato Fatiado 2Kg	Unid.	3,18
Mussarela Fatiado 4Kg	Unid.	6,29	Prato Fatiado 300g	Unid.	0,56
Mussarela Fracionado 500g	Kg	1,45	Prato Fatiado 400g	Unid.	0,74
Mussarela Inteiro 2Kg	Kg	1,38	Prato Fatiado 4Kg	Unid.	6,28
Mussarela Inteiro 3Kg	Kg	1,36	Prato Fatiado 500g	Unid.	0,88
Mussarela Inteiro 5Kg	Kg	1,34	Prato Fracionado 500g	Kg	1,31
Requeijão 1,8Kg	Unid.	2,17	Prato Inteiro 1Kg	Kg	1,46
Mussarela Fatiado 400g	Unid.	0,74	Prato Inteiro 2Kg	Kg	1,38
Mussarela Fatiado 300g	Unid.	0,56	Prato Inteiro 3Kg	Kg	1,37
Mussarela Fatiado 150g	Unid.	0,34	Prato Inteiro 5Kg	Kg	1,34
Mussarela Fatiado 1Kg	Unid.	1,67			

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

No Quadro 2 estão relacionados os produtos principais do laticínio, a linha de queijos é a mais produzida, já que todo o leite que dá entrada na empresa é destinado para a fabricação dos mesmos. Neste processo acontece uma grande geração de soro de queijo, o qual serve de matéria prima para outros produtos. E, para a fabricação desses produtos, acrescentam-se alguns ingredientes específicos e embalagens, cujos valores unitários são relacionados no Quadro 3.

Quadro 3 – Apuração do custo variável unitário dos subprodutos

PRODUTO	Unidade	Custo Variável Unitário
Bebida Láctea Ameixa - 1Lt	Unid.	0,38
Bebida Láctea Coco - 1Lt	Unid.	0,37
Bebida Láctea Frutas - 1Lt	Unid.	0,37
Bebida Láctea Morango - 1Lt	Unid.	0,37
Bebida Láctea Pêssego - 1Lt	Unid.	0,37
Minas Magro	Kg	0,36
Ricota	Kg	0,36
Ricota Temperada	Kg	0,40
Suínos em pé para abate	Kg	2,48

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

A empresa investiu na criação de suínos a partir do momento em que percebeu que, com o aumento constante na capacidade de produção de queijos, conseqüentemente, a produção de soro de queijo aumentou em 9 vezes. Ou seja, houve a necessidade de se criar uma maneira

para oferecer um destino sustentável para tal resíduo. Comprovado que o mesmo é utilizável para a alimentação de suínos, iniciaram-se os investimentos em granjas.

Tal investimento diminuiu o custo fixo da empresa com o tratamento de efluentes e ainda gerou a possibilidade de obtenção de margem de contribuição por meio da venda dos suínos. Em tempos em que o custo de produção de suínos aumenta significativamente, pelo aumento dos preços dos componentes da ração seca, basicamente composta por milho e soja, a empresa consegue produzir sem vender suínos com margem negativa, já que há uma redução no custo dos mesmos pela introdução de soro na ração.

### 4.3 Margens de contribuição

Em vista dos custos já apresentados, identificam-se três focos de atuação, os produtos lácteos principais, os subprodutos lácteos fabricados à base de soro, e os suínos que podem ser alimentados parcialmente com o soro de queijo restante da fábrica de laticínios. No Quadro 4 evidenciam-se os valores das margens de contribuição unitária calculadas pela empresa, que consideram inclusive os tributos diretos dos produtos lácteos principais, a linha de queijos Prato e Mussarela, e os derivados do creme de leite, Natas, Manteigas e Requeijão.

Quadro 4 – Apuração da margem de contribuição unitária dos produtos lácteos principais

PRODUTO	Unid.	Margem de Contribuição	PRODUTO	Unid.	Margem de Contribuição
Manteiga com sal 1Kg	Unid.	13,61	Mussarela Fatiado 2Kg	Unid.	27,90
Manteiga sem sal 5Kg	Unid.	63,66	Mussarela Fatiado 500g	Unid.	7,68
Nata 3,6	Unid.	27,28	Prato Fatiado 150g	Unid.	2,36
Nata 300g	Unid.	2,54	Prato Fatiado 1Kg	Unid.	14,80
Nata 400g	Unid.	2,82	Prato Fatiado 2Kg	Unid.	27,90
Mussarela Fatiado 4Kg	Unid.	56,69	Prato Fatiado 300g	Unid.	4,71
Mussarela Fracionado 500g	Kg	14,24	Prato Fatiado 400g	Unid.	6,55
Mussarela Inteiro 2Kg	Kg	13,53	Prato Fatiado 4Kg	Unid.	56,34
Mussarela Inteiro 3Kg	Kg	14,07	Prato Fatiado 500g	Unid.	7,67
Mussarela Inteiro 5Kg	Kg	13,97	Prato Fracionado 500g	Kg	14,24
Requeijão 1,8Kg	Unid.	13,27	Prato Inteiro 1Kg	Kg	13,99
Mussarela Fatiado 400g	Unid.	6,90	Prato Inteiro 2Kg	Kg	13,28
Mussarela Fatiado 300g	Unid.	4,64	Prato Inteiro 3Kg	Kg	13,39
Mussarela Fatiado 150g	Unid.	2,31	Prato Inteiro 5Kg	Kg	13,56
Mussarela Fatiado 1Kg	Unid.	14,70			

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

No Quadro 5, apresentam-se as margens de contribuição unitária dos subprodutos lácteos, Bebias lácteas, Ricotas e o queijo Minas Magro, que são fabricados a partir de matéria prima gerada no processo produtivo dos produtos principais, o soro de queijo.

Quadro 5 – Apuração da margem de contribuição unitária dos subprodutos

PRODUTO	Unid.	Margem de Contribuição
Beb. Láctea Ameixa - 1Lt	Unid.	0,91
Beb. Láctea Coco - 1Lt	Unid.	0,89
Beb. Láctea Frutas - 1Lt	Unid.	0,89
Beb. Láctea Morango - 1Lt	Unid.	0,89
Beb. Láctea Pêssego - 1Lt	Unid.	0,89
Minas Magro	Kg	6,96
Ricota	Kg	6,36
Ricota Temperada	Kg	6,43

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Já, o Quadro 6, apresenta as margens de contribuição unitária do quilograma de suíno produzido conforme a forma de alimentação que recebe, com introdução de soro combinada com o uso de ração seca, ou exclusivamente com ração seca.

Quadro 6 – Apuração da margem de contribuição unitária por kg de suíno

Tipo de alimentação	Margem de Contribuição
Com introdução de soro	1,05
Sem introdução de soro	-0,76

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Constata-se que no atual cenário econômico seria inviável a criação de suínos caso a empresa não tivesse a redução de custos na alimentação dos mesmos pelo reaproveitamento do soro. Desta forma, se a ração fosse constituída 100% por componentes secos, a venda do suíno geraria uma margem de contribuição negativa de R\$ 0,76 (setenta e seis centavos) por quilograma de animal vendido.

#### 4.4 Quantidades produzidas

Conforme o esquema de produção montado na empresa, a quantidade produzida depende exclusivamente da quantidade de leite in natura captada. Em média, capta-se mensalmente 1.573.051 litros de leite. Considera-se que cada 1.000 litros de leite geram 100 kg de massa de queijo e 55 kg de creme de leite (destinados à produção de nata, manteiga e requeijão). Caso a empresa optasse por não fazer nada com o soro que sobra da produção de queijos, teria as seguintes quantidades produzidas de seus produtos lácteos principais:

Quadro 7 – Quantidade de produtos produzidos sem usar o soro

Produto Lácteo	Unidade	Quantidade
Queijo	Kg	157.305,16
Nata	Kg	7.604,92
Manteiga	Kg	1.254,51
Requeijão	Kg	605,62

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Para o cálculo dos derivados do creme de leite (nata, manteiga e requeijão), observaram-se as respectivas demandas de mercado. Entretanto, a partir do momento em que se fabricam subprodutos à base do soro, as quantidades de itens produzidos sofrem alteração, já que alguns dos subprodutos também consomem leite padronizado em sua ficha técnica. Assim, observa-se a demanda dos subprodutos lácteos e a média de vendas de suínos em pé para abate, cujas quantidades de produtos e subprodutos produzidos são as seguintes:

Quadro 8 - Quantidade de produtos produzidos aproveitando o soro na produção de subprodutos

Produto Lácteo	Unidade	Quantidade
Queijo	Kg	142.901,43
Nata	Kg	6.908,57
Manteiga	Kg	1.139,64
Requeijão	Kg	550,17
Bebidas	Kg	50.844,08
Minas Magro	Kg	4.140,60
Ricotas	Kg	8.032,86
Suíno em pé para abate	Kg	77.585,00

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Com base na quantidade de queijo fabricado, exposta no Quadro 8, o montante de soro gerado é de 1.286.112,87 litros. Desse montante, 25.218 litros são absorvidos pela produção de bebidas lácteas, 286.887 litros pela produção de ricotas e 139.005 litros são destinados para a produção de ricota do tipo minas magro. Ainda, da fabricação dos produtos lácteos tem-se uma sobra de 835.000 litros por mês, destinada à criação de suínos. Atualmente, a empresa possui capacidade para manter 4.500 animais no espaço físico de granjas que possui. A quantidade de suínos na granja pode consumir até 24.000 litros de soro por dia, que resulta num consumo mensal de 720.000 litros. Esse consumo não pode ser maior para não interferir negativamente na nutrição e conversão dos animais. Desta maneira, com as condições e a capacidade instalada que a empresa tem hoje, em média, ainda sobram 115.000 litros de soro mensalmente que vão direto para estações de tratamento, ou são doados para outros criadores de suínos.

#### 4.4.1 Margem de contribuição total

Como já citado, a empresa pesquisada tem a opção de aproveitar o resíduo do processo produtivo de queijos para a fabricação de outros produtos, ou pode simplesmente destiná-lo para a estação de tratamento de efluentes ou doar para outros criadores de suínos. Tal decisão interfere diretamente no resultado do negócio. No Quadro 9, pode-se observar a margem de contribuição total da empresa nas duas situações possíveis, respeitando a capacidade produtiva da empresa.

Quadro 9 – Margem de contribuição total (MCT)

Produto Lácteo	Unidade	Margem de Contribuição Média	Quantidade	Margem de contribuição Total
Queijo	Kg	R\$ 14,63	142.901,37	R\$ 2.091.031,52
Nata	Kg	R\$ 7,70	6.908,57	R\$ 53.182,98
Manteiga	Kg	R\$ 13,17	1.139,64	R\$ 15.010,18
Requeijão	Kg	R\$ 7,37	550,17	R\$ 4.055,98
Bebidas	Kg	R\$ 0,89	50.844,08	R\$ 45.454,61
Minas Magro	Kg	R\$ 6,96	4.140,60	R\$ 28.818,59
Ricotas	Kg	R\$ 6,40	8.032,86	R\$ 51.370,12
Suíno	kg	R\$ 1,05	77.585,00	R\$ 81.464,25
<b>Margem de Contribuição Total da empresa fabricando os subprodutos:</b>				<b>R\$ 2.370.388,22</b>
Produto Lácteo	Unidade	Margem de Contribuição Média	Quantidade	Margem de contribuição Total
Queijo	Kg	R\$ 14,63	157.305,10	R\$ 2.301.797,67
Nata	Kg	R\$ 7,70	7.604,92	R\$ 58.543,57
Manteiga	Kg	R\$ 13,17	1.254,51	R\$ 16.523,13
Requeijão	Kg	R\$ 7,37	605,62	R\$ 4.464,80
<b>Margem de Contribuição Total da empresa sem fabricar os subprodutos:</b>				<b>R\$ 2.381.329,17</b>

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Com base no levantamento do Quadro 9, a respeito da margem de contribuição total (MCT) da empresa, pode-se notar que com a fabricação dos subprodutos do soro a empresa tem uma diminuição da margem de contribuição total do negócio. Caso a empresa fabrique somente os queijos e derivados do creme de leite, o resultado é de R\$ 10.940,95 a mais de margem de contribuição total para cobrir os custos fixos que possui.

Porém, deve-se levar em conta que com a fabricação dos subprodutos a empresa deixa de gerar o custo fixo de eliminação do resíduo do soro por meio de estações de tratamento de resíduos e efluentes. Visto que é necessário um espaço físico grande para as lagoas, uma vez que o resíduo precisa ficar um tempo em tratamento para poder voltar para a natureza, e teria também custo com produtos químicos, dentre outros. No caso de fabricar os subprodutos, a

empresa tem a possibilidade de destinar a sobra do soro para doação, evitando o custo de eliminação do resíduo.

#### 4.5 Variáveis de decisão

Uma vez que o objetivo é maximizar o aproveitamento do soro de queijo, as variáveis de decisão são as quantidades que devem ser fabricadas de cada subproduto:

- a) bebida láctea sabor ameixa;
- b) bebida láctea sabor coco;
- c) bebida láctea sabor frutas;
- d) bebida láctea sabor morango;
- e) bebida láctea sabor pêssego;
- f) ricota;
- g) ricota temperada;
- h) minas magro;
- i) suínos em pé para abate.

#### 4.6 Função objetivo

A expressão matemática para obter a solução ótima da margem de contribuição total (MCT) é quantidade a ser fabricada (QTD) multiplicada pela margem de contribuição unitária de cada item (MCun), de acordo com o critério de distribuição de custos conjuntos, conforme apresentado na Equação 1.

$$MCT = QTD(1) \times 0,1129 + QTD(2) \times 0,0798 + QTD(3) \times 0,0808 + QTD(4) \times 0,0850 + QTD(5) \times 0,0769 + QTD(6) \times 2,6405 + QTD(7) \times 5,2841 + QTD(8) \times 5,3493 + QTD(9) \times 1,0500 \quad (1)$$

O número entre parênteses em cada termo da equação corresponde aos produtos analisados: Bebida Láctea sabor Ameixa (1), Bebida Láctea sabor Coco (2), Bebida Láctea sabor Frutas (3), Bebida Láctea sabor Morango (4), Bebida Láctea sabor Pêssego (5), Minas Magro (6), Ricota (7), Ricota Temperada (8) e Suíno em pé para abate (9).

#### 4.7 Restrições

Para a utilização da programação linear identificaram-se as restrições do sistema como um todo. Desde a fábrica de laticínios até as granjas de suínos, tais restrições podem ser separadas em três grupos: de captação de matéria-prima (leite in natura), de produção e de mercado.

##### 4.7.1 Restrições de Captação de Matéria-Prima

A captação de leite in natura é a principal restrição do sistema, já que existem fornecedores fixos que mantêm uma média de produção anual. Na compra de leite in natura a concorrência é bastante grande, por isso é difícil conseguir aumentar significativamente o número de fornecedores, pois implica em desestabilização do mercado. Assim, a empresa consegue captar em média 1.573.051 litros por mês.

##### 4.7.2 Restrições de produção

Atualmente, a unidade fabril dos produtos lácteos tem capacidade para processar 2.400.000 litros de leite mensais, devido ao tamanho da planta fabril. Outra restrição de produção existe na linha de criação de suínos, pois o espaço físico das granjas de suínos tem capacidade de comportar a quantidade de 4.500 animais, no máximo. Com esse número de animais em diversas fases de crescimento pode-se produzir em média 77.585 kg de suíno em pé para abate por mês.

#### 4.7.3 Restrições de mercado

Mesmo que a empresa consiga captar e fabricar certas quantidades, ainda está sujeita às limitações de quantidade que o mercado consegue absorver dos seus subprodutos lácteos. De acordo com os dados fornecidos, a restrição de cada produto é apresentada no Quadro 10:

Quadro 10 – Demanda de mercado dos subprodutos lácteos

Produto	Unidade	Quantidade
Bebida Láctea Ameixa	LT	5.666,83
Bebida Láctea Coco	LT	8.462,50
Bebida Láctea Frutas	LT	6.981,33
Bebida Láctea Morango	LT	25.583,75
Bebida Láctea Pêssego	LT	4.149,67
Minas Magro	Kg	4.140,60
Ricota	KG	5.151,92
Ricota temperada	KG	2.880,94

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

O Quadro 10 mostra a quantidade média mensal absorvida pelo mercado dos subprodutos lácteos fabricados a base de soro de queijo. Além das demais restrições já apresentadas, o desenvolvimento da solução ótima deve levar em consideração esses fatores.

#### 4.8 Solução ótima

Para apurar a solução ótima do problema proposto, os dados foram tabulados em uma planilha do Microsoft Excel, o que possibilitou a utilização do suplemento Solver. No software, o campo “Definir objetivo” foi apontado para a célula que contém a soma da margem de contribuição total dos subprodutos, com a intenção de maximizar a expressão matemática apresentada no item 4.6. Já, no campo “Alterando células variáveis”, foi selecionado o intervalo com as quantidades máximas possíveis de serem produzidas de cada subproduto, além de marcar a opção de tornar as variáveis irrestritas como não negativas.

A restrição de captação de leite in natura (item 4.7.1), as restrições de produção da fábrica de lácteos e das granjas de suínos (item 4.7.2) e as restrições de mercado dos subprodutos lácteos do soro, demonstradas no Quadro 8, foram incluídas no campo “Sujeito às restrições”. Foi utilizado o método LP Simplex, mecanismo do solver próprio para resolver problemas lineares e executado o comando “Resolver”. Para encontrar a solução ótima, foi acrescentado no valor dos custos variáveis o custo do leite padronizado que cada subproduto consome em sua fabricação, já que essas quantidades interferem diretamente no cálculo das quantidades produzidas. Assim, a solução ótima encontrada para o mix de produção é apresentada no Quadro 11.

Quadro 11 – Solução ótima do mix de produção que gera a maior margem de contribuição

Subproduto	Unid.	Quantidade	Margem de Contribuição Unitária	Margem de Contribuição Total	%
Bebida Láctea Ameixa	LT	5.666	0,1129	639,50	0,46
Bebida Láctea Coco	LT	8.462	0,0798	675,02	0,48

Subproduto	Unid.	Quantidade	Margem de Contribuição Unitária	Margem de Contribuição Total	%
Bebida Láctea Frutas	LT	6.981	0,0808	563,83	0,40
Bebida Láctea Morango	LT	25.583	0,085	2.173,63	1,56
Bebida Láctea Pêssego	LT	4.149	0,0769	318,87	0,23
Minas Magro	KG	4.140	2,6405	10.931,80	7,84
Ricota	KG	5.151	5,2841	27.218,62	19,53
Ricota temperada	KG	2.880	5,3493	15.406,00	11,05
Suíno em pé para abate	KG	77.585	1,0500	81.464,25	58,44
<b>TOTAL</b>		<b>140.597</b>		<b>139.391,52</b>	<b>100</b>

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

O resultado apurado no Quadro 11 mostra que o Suíno em pé para abate deve ser o item mais fabricado, pois gera a maior margem de contribuição total, com R\$ 81.464,25, valor que representa 58,44% da margem de contribuição total gerada pelos subprodutos. Embora este subproduto não tenha a maior margem de contribuição unitária, é o que tem a maior demanda se comparado aos demais. Cabe ressaltar que na solução ótima obtida foram utilizados 33.510,09 litros de leite padronizado e 1.171.023,86 litros de soro de queijo, respeitando os limites de captação de matéria-prima e de capacidade de produção da fábrica. O Quadro 12 mostra a quantidade de matéria-prima utilizada pelo mix ideal.

Quadro 12 – Volume de matéria-prima utilizado por cada subproduto na solução ótima

Subproduto	Soro	Leite Padrão	Volume Total	%
Bebida Láctea Ameixa	2.810,34	2.266,40	5.076,74	0,98%
Bebida Láctea Coco	4.197,15	3.384,80	7.581,95	1,47%
Bebida Láctea Frutas	3.462,58	2.792,40	6.254,98	1,21%
Bebida Láctea Morango	12.689,17	10.233,20	22.922,37	4,43%
Bebida Láctea Pêssego	2.057,90	1.659,60	3.717,50	0,72%
Minas Magro	138.985,68	8.871,40	147.857,08	28,58%
Ricota	183.964,26	2.759,44	186.723,70	36,09%
Ricota temperada	102.857,13	1.542,84	104.399,97	20,18%
Suíno em pé para abate	719.999,66	-	719.999,66	6,34%
<b>TOTAL</b>	<b>1.171.023,86</b>	<b>33.510,09</b>	<b>1.204.533,95</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Ao considerar-se uma média mensal de captação de leite de 1.573.051 litros, com a aplicação do mix ideal, restariam 1.539.541,5 litros para a produção dos produtos lácteos principais da empresa. De tal produção tem-se uma sobra de 1.385.586 litros de soro, visto que o mix de produção dos subprodutos absorve 1.171.023,86 litros (há a sobra, ainda, de 214.563,49 litros de soro). Para a sobra de soro, cabe também identificar se implica em custo de tratamento. Conforme informações da empresa, é possível destinar essa quantidade para outros produtores da região utilizarem o material.

## 5 Considerações Finais

De acordo com os resultados alcançados, o objetivo de encontrar o mix de produção ideal dos subprodutos fabricados à base do soro de queijo, que sobra como resíduo do processo de fabricação dos produtos principais foi alcançado, o que demonstra que ferramentas estatísticas como a Programação Linear podem servir de apoio para os gestores no processo de tomada de decisões. Assim como o estudo de Castro, Borgert e Souza (2015), nota-se que o uso

exclusivo do custeio variável não é suficiente para definir o mix de produção ideal em casos sujeitos a restrições, e mostra-se necessário o auxílio do suplemento Solver do Excel para definir uma margem de contribuição total de R\$ 139.391,52, sem alterações nas limitações do sistema.

Conforme a solução ótima proposta nas análises, verifica-se que algumas restrições podem ser quebradas para maximizar a margem de contribuição total dos subprodutos, levando-se em consideração que, ainda, há sobra de soro no final de todo o processo produtivo, o que exige investimentos para aproveitar ao máximo esse material. A linha de criação e engorda de suínos atinge sua capacidade máxima de produção, já que não consegue comportar mais animais no espaço físico disponível, o que sugere uma expansão da planta produtiva, visto que há possibilidade de mercado para este produto.

Os resultados mostram, também, que os subprodutos Ricota, Ricota Temperada e Minas Magro possuem margens de contribuição unitária com valor acima dos demais, porém sofrem com restrição de demanda. Assim, caberia ações de marketing para aumentar a demanda desses três subprodutos.

Sugere-se, para futuros estudos de caso a busca por conhecer a elasticidade da demanda, que implica em verificar como a alteração dos preços de venda pode influenciar no mix ideal de produção e, por consequência, na margem de contribuição para cobertura dos gastos fixos da empresa. Sugere-se, ainda, uma pesquisa profunda de mercado para o soro de queijo em outras finalidades, já que é um produto de valor nutritivo alto, e pode haver outras maneiras mais lucrativas no mercado para a comercialização desse resíduo inevitável no processo produtivo de queijos.

### Referências

ALBERTINI, S.; CARMO, L. F.; PRADO FILHO, L. G. Utilização de serragem e bagaço de cana-de-açúcar para adsorção de cádmio. **Ciência Tecnologia Alimentícia**, Fortaleza, v. 27, n. 1, p. 113-118, jan./mar., 2007.

CASTRO, L. Y; BORGERT, A.; SOUZA, F. R. Definição do mix de produção em uma indústria de lácteos com uso da programação linear: um estudo de caso. In: Congresso Brasileiro de Custos, 22., 2015, Foz do Iguaçu, PR. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu, PR: 2015. Disponível em: < <file:///C:/Users/flare/Downloads/4051-4150-1-PB.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Lácteos**, Brasília, 2016. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/.../13\\_09\\_12\\_17\\_50\\_23\\_10\\_lacteos.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/.../13_09_12_17_50_23_10_lacteos.pdf). Acesso em: 14 jul. 2016.

CORRAR, J. L.; THEÓPHILO, C. R.; BERGMANN, D. R. **Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração**: contabilometria. São Paulo: Atlas, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de produção**, Brasília, 2018. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 15 jul. 2018.

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; SPILLER, N. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista**

**Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 669-677, 2010.

FERREIRA, A. R.; MORAES JOÃO, D.; SANT ANNA, L. C. C. Uso da logística reversa para atender à responsabilidade sócio-ambiental: o caso do tratamento de resíduos sólidos em organizações madeireiras. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 28, 2008. Rio de Janeiro, RJ. **Anais...**, Rio de Janeiro, RJ: 2008.

HOLANDA FERREIRA, A. C.; MIRANDA NEIVA, J. N.; RODRIGUEZ, N. M.; LOPES, F. C. F.; BRAGA LÔBOS, R. N. Consumo e digestibilidade de silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subproduto da agroindústria da acerola. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 693-701, 2010.

LIMA, G. F. C.; SILVA, J. G. M.; AGUIAR, E. M.; FERREIRA, M. A.; RANGEL, A. H. N.; TORRES, J. F. Frutos-refugo de melão em substituição ao farelo de trigo na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 190-197, 2011.

MAGRO, C. B. D.; PICOLO, J. D.; ZONATTO, V. C. S.; CARLI, S. B. Análise do mix de produção para maximização da lucratividade em produção conjunta: um caso na indústria de lácteos. In: Congresso Brasileiro de Custos, 22, 2015. Foz do Iguaçu, PR. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu, PR: 2015. Disponível em: <  
<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4049>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

MAHER, M. **Contabilidade de custos: criando valor para a administração**. São Paulo: Atlas, 2001.

MARAGNO, E. S.; TROMBIN, D. F.; VIANA, E. O uso da serragem no processo de minicompostagem. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Castelo, v. 12, n. 4, p. 355-360, 2007.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, T. D. D.; PIMENTA FILHO, E. C.; COSTA, R. G.; SOUZA, J. H. M. Soro de queijo líquido na alimentação de suínos em crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 301-307, 2008.

MILKPOINT. **Leite estatísticas: dados estatísticos captação de leite em 2015**, Piracicaba, 2015. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/...leite/estatisticas/estatisticas-do-leite-milkpoint-8>. Acesso em: 15 jul. 2016.

PADOVEZE, C. L. **Contabilidade gerencial: um enfoque em sistema de informação contábil**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

SANTOS, J. J. **Análise de custos: remodelado com ênfase para sistema de custeio marginal, relatórios e estudos de caso**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

SCALABRIN, I.; MORES, C. J.; BODANESE, R. E.; OLIVEIRA, J. A. Programação linear: estudo de caso com utilização do solver da Microsoft Excel. **Revista Universo Contábil**, Blumenau, v. 2, n. 2, p. 54-66, 2006.

SERPA, L.; PRIAMO, W. L.; REGINATTO, V. Destino ambientalmente correto a rejeitos de queijaria e análise de viabilidade econômica. In: International Workshop Advances in Cleaner Production, 2, 2009. São Paulo, SP. **Anais...**, São Paulo, SP: 2009.

SILVA NETO, W. A.; CAIXETA FILHO, J. V. Logística da exportação de carne bovina: uma aplicação em programação linear. **Revista de Economia Mackenzie**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 59-77, 2008.

SIQUEIRA, A. M. O.; MACHADO, E. C. L.; STAMFORD, T. L. M. Bebidas lácteas com soro de queijo e frutas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1693-1700, 2013.