



**INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
RIO DE JANEIRO  
Campus Rio de Janeiro

**Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos**

**Moníca Batista da Trindade**

**APROVEITAMENTO DO SORO DE LEITE:  
DIAGNÓSTICO EM LATICÍNIOS DO BRASIL**

Rio de Janeiro  
2018

**Monica Batista da Trindade**

**APROVEITAMENTO DO SORO DE LEITE:  
DIAGNÓSTICO EM LATICÍNIOS DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - Campus Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Gomes da Cruz

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Barreto Almada

Rio de Janeiro  
2018

**Monica Batista da Trindade**

**APROVEITAMENTO DO SORO DE LEITE:  
DIAGNÓSTICO EM LATICÍNIOS DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - Campus Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Data da aprovação: 19 de dezembro de 2018.

---

Prof. Dr. Adriano Gomes da Cruz (Orientador)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ

---

Prof. Dr. Rafael Barreto Almada (Coorientador)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ

---

Prof. Dr. Erick Almeida Esmerino  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

---

Profa. Dra. Lilian Bechara Elabras Veiga  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ

---

Profa. Dra. Simone Lorena Quiterio de Souza  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ

Rio de Janeiro  
2018

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Dr. Adriano Gomes da Cruz pela oportunidade, pela orientação, pelo incentivo, pela participação em todas as etapas deste trabalho, pela confiança, pela amizade. Muito obrigada!

Agradeço ao Prof. Dr. Rafael Barreto Almada pelo desprendimento, pela dedicação, pelas cobranças de prazos. Obrigada!

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia pela oportunidade de realização do Curso.

Aos Professores que participaram da banca e contribuíram com o muito que sabem neste trabalho. Minha eterna gratidão.

Ao meu amigo Roberto Pessanha da Silva Pires pelo companheirismo, pela ajuda, pelas noites de estudo e trabalho, pela solidariedade. Você faz parte deste trabalho. Aos Professores e Técnicos Administrativos do Programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do IFRJ pelos conhecimentos compartilhados, pela paciência, pelo compromisso e pela competência com que fazem seu trabalho.

Ao Professor Gerson Witte pelas ilustrações e orientações. Os seus desenhos muito contribuíram para eu me fazer entender. Obrigada por expressar em imagens o que eu não consigo com palavras.

Aos Professores e Técnicos Administrativos que estiveram comigo quando eu fui aluna da ETFQ, os que estão comigo nesta etapa, pelos ensinamentos, pela dedicação ao trabalho. Aos colegas do mestrado pelas discussões no decorrer das disciplinas, pelo compartilhamento de saberes, pelas valiosas horas de convívio e boas recordações dos momentos de descontração e alegria.

Enfim, a todos que estiveram presentes direta ou indiretamente nesta fase da minha vida e que contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada a TODAS e TODOS!

TRINDADE, M. B. APROVEITAMENTO DO SORO DE LEITE: DIAGNÓSTICO EM LATICÍNIOS DO BRASIL. 52 f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2018.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo realizar um diagnóstico do aproveitamento do soro de leite por laticínios do Brasil, que tem grande potencial para reaproveitamento, mas que, na maioria das vezes, é descartada nos cursos de águas naturais. Foram avaliados 100 laticínios, sendo que a maioria (80%) estava sob supervisão do Sistema de Inspeção Federal e localizada nas regiões sudeste e sul (55% e 25%, respectivamente) do país. Grande parte dos laticínios (67%) gerava e/ou utilizava soro de leite doce e aproveitava totalmente o soro de leite produzido (60%), indicando que os laticínios já estão adaptados para captação e processamento desse subproduto. Os produtos em que o soro de leite é mais aproveitado são: bebida láctea (60%), ricota (20%), soro concentrado (15%) e mistura láctea (soro de leite e leite em pó, 5%), sendo revendidos para supermercados (53%) ou outras indústrias (20%). No entanto, 27% dos laticínios ainda não aproveitam o soro de leite para fabricação de outros produtos alimentícios, descartando-o no sistema de tratamento de efluentes ou doando para alimentação animal, sugerindo que ainda há mercado para o aproveitamento desse subproduto no país.

**Palavras-chave:** soro de leite, laticínios, reaproveitamento, poluição ambiental.

TRINDADE, M. B. UTILIZATION OF WHEY: DIAGNOSIS IN DAIRY PLANTS FROM BRAZIL. 52 f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2018.

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to carry out a diagnosis of the use of cheese whey by the Brazilian dairy industries. 100 dairy industries were assessed, most of which (80%) under the supervision of the Federal Inspection System being located in Southeast (55%) and South (25%) area. Most of the dairy processors (60%) produced sweet cheese whey, being observed its total exploitation suggesting that they are capable of processing this by-product. The whey-containing products include whey dairy beverages (60%), Ricotta (20%), whey concentrate (15%), and milk blends (whey and milk powder, 5%), which are resold for supermarkets (53%) or other industries (20%). However, 27% of the dairy industries have not used whey to manufacture other food products, discarding it in the effluent treatment system or as animal feed, suggesting that there is a market for the use of this by-product in the Brazil.

**Keywords:** dairy industry, cheese whey, exploitation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figura 1 –  | Composição de fotos da visita realizada ao IFRJ - Campus Pinheiral em 2018. . . . .   | 11 |
| Figura 2 –  | Vista panorâmica do IFRJ - Campus Pinheiral e do Rio Paraíba do Sul. . . . .  | 12 |
| Figura 3 –  | Pirâmide dos Alimentos como se encontra definida pelo Departamento de Nutrição da Harvard School of Public Health (2016) sendo que os laticínios ocupam o segundo patamar. Na base da pirâmide, para além das recomendações na dieta, encontra-se demarcada a prática de exercício físico diária. . . . . | 16 |
| Figura 4 –  | Diagrama de fabrico de queijos. Encontra-se destacado a obtenção de soro de leite, na etapa de dessoramento, que ocorre após a coagulação das proteínas do leite. . . . .   | 19 |
| Figura 5 –  | Obtenção do soro de leite ácido e doce. . . . .   | 20 |
| Figura 6 –  | Distribuição das proteínas do leite bovino: caseína e proteínas do soro de leite, com as respectivas frações. . . . .   | 22 |
| Figura 7 –  | Destinação mundial de soro de leite. . . . .  | 23 |
| Figura 8 –  | Produção mundial leite de vaca para o período de 2012 a 2017 (em milhares de toneladas). . . . .  | 24 |
| Figura 9 –  | Produção brasileira de derivados de leite para o período de 2010 a 2025 (em milhares de toneladas). . . . .   | 26 |
| Figura 10 – | Projeção mundial de produção de queijo para o período de 2016 a 2025 (em milhares de toneladas) . . . . .   | 27 |
| Figura 11 – | Participação por produto no comércio de lácteos do Brasil, ano base 2016. . . . .   | 28 |
| Figura 12 – | Etapas da produção de queijo, tendo o soro de leite e o soro de leite como subprodutos, com descarte de águas de lavagem, águas residuárias e águas de descarga. . . . .  | 29 |
| Figura 13 – | Algumas propostas para recuperação de soro de leite. . . . .  | 33 |
| Figura 14 – | Soluções tecnológicas para descarte de soro de leite e seus resíduos. . . . .   | 38 |
| Figura 15 – | Destinação do soro de leite nos laticínios entrevistados. . . . .   | 44 |
| Figura 16 – | Distribuição dos produtos derivados do soro de leite. . . . .   | 45 |
| Figura 17 – | Produtores da Indústria de Leite. . . . .   | 46 |
| Figura 18 – | Uso de soro de leite em produtos lácteos. . . . .   | 47 |

## LISTA DE TABELAS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabela 1 – | Composição percentual dos tipos de soro. . . . .           | 21 |
| Tabela 2 – | Alternativas para aproveitamento do soro de leite. . . . . | 34 |
| Tabela 3 – | Propostas para utilização de soro de leite em pó. . . . .  | 35 |
| Tabela 4 – | Métodos para produção de soro de leite em pó. . . . .      | 36 |



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABIQ Associação Brasileira das Indústrias de Queijo

ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM Conselho de Política Ambiental

DBO Demanda Bioquímica de Oxigênio

MAPA Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

SIE Sistema de Inspeção Estadual SIF Sistema de Inspeção Federal

SIM Serviço de Inspeção do Município

## SUMÁRIO

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | INTRODUÇÃO.....   | 11 |
| 2.  | REFERENCIAL TEÓRICO .....                                       | 15 |
| 2.1 | LEITE.....  | 15 |
| 2.2 | PRODUÇÃO DE QUEIJO E O SORO DE LEITE COMO SUBPRODUTO            | 17 |
| 2.3 | SORO DE LEITE COMO PROBLEMA AMBIENTAL.....                      | 26 |
| 2.4 | LEGISLAÇÃO PERTINENTE.....                                      | 29 |
| 2.5 | PROPOSTAS PARA APROVEITAMENTO DO SORO DE LEITE .....            | 32 |
| 2.6 | PROPOSTAS DE TRATAMENTOS PARA O EFLUENTE DO SORO DE LEITE ..... | 36 |
| 3   | OBJETIVOS.....  | 39 |
| 3.1 | OBJETIVO GERAL.....   | 39 |
| 3.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                     | 39 |
| 4.  | MATERIAIS E MÉTODOS.....  | 40 |
| 5.  | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                    | 42 |
| 6.  | CONCLUSÃO .....   | 48 |
| 7.  | PERSPECTIVAS FUTURAS .....                                      | 50 |
|     | REFERÊNCIAS .....   | 51 |
|     | APÊNDICE.....   | 56 |
|     | ANEXO .....   | 57 |

## 1 INTRODUÇÃO

Ao ingressar no Programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do IFRJ, iniciei a busca de um tema que atendesse às normas da Instituição, quando determina que a pesquisa apresentada deve agregar valor as atividades na instituição de vínculo trabalhista.



Figura 1 – Composição de fotos da visita realizada ao IFRJ - Campus Pinheiral em 2018.

Fontes: A autora e IFRJ - Campus Pinheiral (2018)

Ao participar de um evento no IFRJ - Campus Pinheiral, tive a oportunidade de visitar a Planta de Leite do Curso Técnico em Agropecuária (Figura 1). Eles estavam confeccionando queijo minas pela impossibilidade de escoar o leite produzido no Campus devido à paralisação dos caminhoneiros. Embora o Campus Pinheiral possua Registro Provisório do Serviço de Inspeção do Município (SIM) para a planta da área de processamento de leite do laboratório de Agroindústria que

possibilita a comercialização dos produtos, não há nenhum tratamento para o efluente deste processo produtivo: o soro de leite.

O IFRJ - Campus Pinheiral possui uma estação de tratamento de efluentes líquidos que não se apresenta em perfeito funcionamento, pois já tem cerca de vinte anos que o sistema não passa por manutenção. Como não há rede pública de coleta de esgoto nas proximidades da área do Campus, os resíduos são depositados em corpos d'água, o que não é permitido pela legislação ambiental vigente. O corpo d'água mais próximo é o Rio Paraíba do Sul (Figura 2), que abastece a Estação de Tratamento do Sistema Guandu que, por sua vez, nutre a região metropolitana do estado do Rio de Janeiro.



Figura 2 – Vista panorâmica do IFRJ - Campus Pinheiral e do Rio Paraíba do Sul.

Fonte: Google Maps (2018).

O leite é um alimento consumido em todas as fases da vida humana, o que lhe atribui o título de alimento mais consumido pela humanidade. Além do leite *in natura*, vários derivados de leite são de amplo consumo pela população, sendo o queijo o principal representante.

Para o fabrico de queijos, para cada quilo de produto produzido são gerados cerca de nove litros de soro de leite como efluente do processo. O descarte do soro de leite no ambiente é um problema ambiental devido ao grande volume e por apresentar um valor de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) muito elevado. Na bibliografia encontram-se inúmeras propostas para reaproveitamento do soro de leite em outras formulações e usos, assim como tratamentos deste efluente para descarte na natureza. Como o soro de leite ainda possui parte dos nutrientes do leite, o objetivo deste trabalho é avaliar a sustentabilidade ambiental e econômica do reaproveitamento deste efluente pelas indústrias leiteiras brasileiras, assim como a verificação do tratamento realizado para descarte deste sub-produto.

O valor econômico do soro de leite estimulou o seu reaproveitamento e o elevou de sub-produto à classificação de coproduto nas queijarias, pois tornou-se uma fonte de lucro para a indústria porque pode ser utilizado como matéria-prima na indústria de bebidas lácteas, alimentação animal, etc. Outro fator que também traz ganhos econômicos é a diminuição do efluente a ser tratado, que é de difícil tratamento, que, por isto, requer soluções de grande investimento financeiro e que, muitas vezes, se mostram pouco eficazes.

Esta dissertação tem também por objetivo o estudo da composição do soro de leite, identificar as suas potencialidades nutricionais, realizar pesquisa sobre o tratamento deste efluente e o descarte pelas indústrias queijeiras nacionais. Para o desenvolvimento, este texto foi organizado em capítulos.

Neste primeiro capítulo, discorreu-se sobre a motivação para a eleição do tema e possibilidades de estudos e ações futuras.

No segundo capítulo, foi desenvolvido o referencial teórico, onde foi realizado o estudo de publicações sobre o tema, apresentação de propostas de técnicas e tecnologias para reaproveitamento e tratamento do efluente de elevado potencial poluidor.

No terceiro capítulo, discorreu-se sobre a metodologia adotada, análise exploratória, através de questionário enviado às queijarias.

No quarto capítulo, que trata dos resultados e discussão, foram apresentadas e analisadas as respostas aos questionários enviados.

No quinto capítulo, foi apresentada a conclusão da pesquisa.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Leite

Existe uma lenda que diz que o queijo teria sido descoberto por Aristeu, filho do rei Apolo, da Arcádia. Historicamente estima-se que a produção de queijo iniciou há cerca de oito mil anos, na região onde hoje é o Iraque, sendo considerado o alimento processado mais antigo que se tem notícia (SILVA et al., 2015).

Leite é o alimento que as fêmeas dos mamíferos secretam para alimentação de suas crias. É o primeiro alimento da maioria dos mamíferos, inclusive os humanos. Após a fase de amamentação humana, normalmente o leite materno é substituído pelo leite animal, sendo o leite de vaca o mais consumido. O leite é um alimento muito nutritivo que é utilizado por crianças, adultos, idosos, enfermos, ou seja, durante toda a vida da pessoa. Apresenta sabor agradável ao paladar e pode ser utilizado em diversas misturas e para o preparo de diversos alimentos. É o alimento mais consumido no mundo (MIRANDA, 2018).

O leite é importante na alimentação porque contém proteínas, cálcio e vitamina D12, entre outros nutrientes. Dificilmente se consegue a substituição do leite na dieta, pois é um alimento rico em termos nutricionais. Segundo a Pirâmide dos Alimentos, definida pelo Departamento de Nutrição de Harvard em 2016, o leite ocupa o segundo patamar em qualidade e necessidade nutricional (MIRANDA, 2018), como ilustrado na Figura 03.

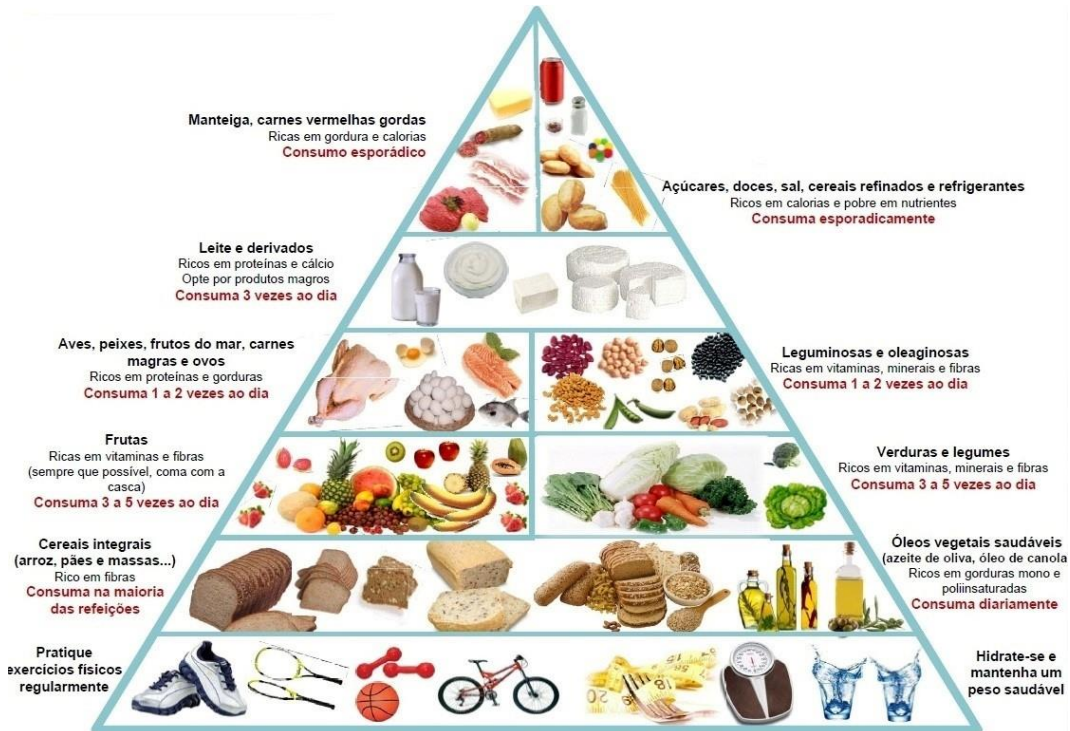


Figura 03: Pirâmide dos Alimentos como se encontra definida pelo Departamento de Nutrição da Harvard School of Public Health (2016) sendo que os laticínios ocupam o segundo patamar. Na base da pirâmide, para além das recomendações na dieta, encontra-se demarcada a prática de exercício físico diária.

Fonte: Miranda, 2018.

Em 1996 o Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, na Portaria nº 146, de 7 de março de 1996, que dispõe sobre Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos definiu queijo:

*"Produto fresco ou maturado obtido por separação parcial do soro de leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado) ou soros lácteos coagulados pela ação física do coalho, de enzimas e bactérias específicas, de ácidos orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e corantes."*

Fonte: Brasil, 1996.



O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) definiu leite:

*"leite é definido como o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas".*

Fonte: Brasil, 2002.

O leite é composto principalmente por água (87% p/v) (MIRANDA, 2018), gorduras, proteínas, carboidratos e minerais. O principal componente do leite, a água, é capaz de carrear açúcares, minerais e vitaminas hidrossolúveis para a solução esbranquiçada opaca, que tem este aspecto devido à presença da proteína caseína.

## **2.2 Produção de Queijo e o Soro de Leite como Subproduto**

O leite pode ser consumido *in natura* ou após processamento. Uma das possibilidades de utilização do leite é na produção de queijo, obtido segundo o diagrama simplificado da Figura 04 (MIRANDA, 2018). Queijo é um produto obtido pela coagulação do leite, seguida de uma desidratação da coalhada, podendo ser fresco ou maturado. No Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos – Portaria nº 146/96 do MAPA, de 07 de março de 1996, temos a definição de queijo:

“Entende-se por queijo o produto fresco ou maturado, que se obtém por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soro lácteos, coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactérias específicas, de ácidos orgânicos isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e ou especiarias e ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes”.

Fonte: Brasil, 1996.

A Portaria nº 53 de 10 de abril de 2013 do MAPA, cria o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite define soro de leite como a fase aquosa, de aspecto opaco, apresentando coloração verde amarelada. Trata-se de um produto cuja composição química é bem variada, dependendo do tipo de queijo

produzido, do tipo de leite animal utilizado (bovino, caprino ou ovino), período do ano, variedade na nutrição ofertada para os animais, estágio de lactação e do processo industrial para a obtenção do queijo ou de caseína (POPPIA, 2010). O soro de leite representa de 80 a 90% do leite utilizado na produção de queijos e nesta porção ficam agregados cerca de 55% dos nutrientes do leite. Em média, a produção de um quilo de queijo produz nove litros de soro de leite (CORTEZ, 2013).

O soro de leite pode ser utilizado como ingrediente em alimentos e em formulações lácteas devido à utilização de uma matéria prima de baixo custo e alto valor nutritivo, pois possui teor alto de proteínas (SAUDADES et al., 2015), (SILVA, 2015) e (CRUZ et al., 2017). As proteínas do soro do leite tem ampla aplicação nas indústrias farmacêutica e de alimentos atuando como espumante, emulsificante, gelificante, modifica a viscosidade e a solubilidade dos produtos nos quais é acrescentado (CORTEZ, 2015).

Uma das utilizações é a produção de bebida lácta. O MAPA divulgou a Instrução Normativa Nº 16 em 2015 para normatizar o uso de soro de leite em bebidas lácteas. Neste documento, determina que na rotulagem de bebida láctea de coloração branca que contenha soro de leite tenha inscrito, obrigatoriamente: "bebida láctea não é leite" ou "este produto não é leite", "contém ...% de soro de leite". Para as bebidas lácteas que apresentem coloração, a mesma normativa exige que a rotulagem contenha: "contém soro de leite" e "bebida láctea não é iogurte" ou "este produto não é iogurte".

Uma das possibilidades de utilização do leite é a produção de queijo que, em suma, é a obtenção de extrato seco do leite através de coagulação com a utilização da caseína. Durante este processo, os nutrientes migram para a massa que irá compor o queijo ou permanecem na fase aquosa, que consiste no soro. Esta distribuição é denominada cifra de transição e é o que define os nutrientes que compõem o soro do leite (PERRONE et al, 2011).

O processo de fabricação de queijos, de uma forma muito simplificada, é a separação das caseínas e da gordura do leite. Na coagulação da caseína há o encarceramento das gorduras e dos sais, sobrando o soro do leite com água, sais e

lactose. Através da Figura 04 identificamos o soro de leite como principal subproduto das queijarias (ORDONEZ, 2005).

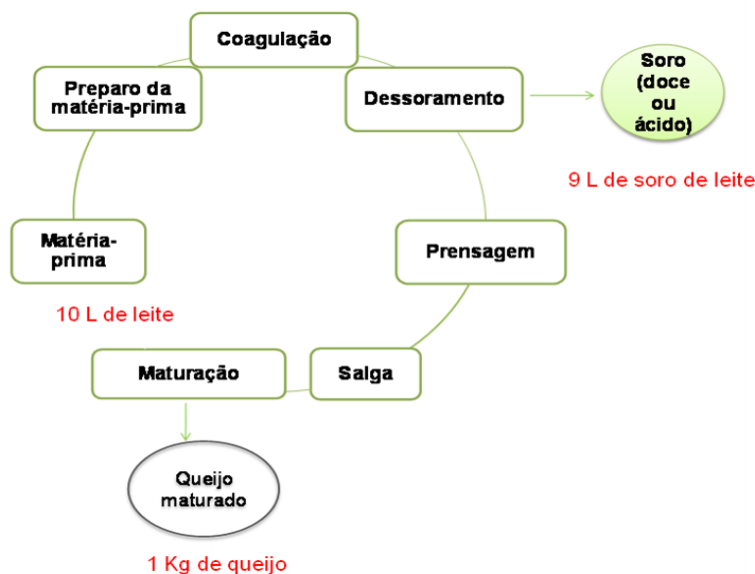


Figura 04: Diagrama de fabricação de queijos. Encontra-se destacado a obtenção de soro de leite, na etapa de dessoramento, que ocorre após a coagulação das proteínas do leite.

Fonte: Adaptado de Miranda, 2018.

A composição média do soro de leite é cerca de: 93% de água, 5% de lactose, 0,7 a 0,9% de proteínas, 0,3 a 0,5% de gordura, 0,2 de ácido lático e quantidades diminutas de vitaminas, como ilustrado na Figura 6 (OLIVEIRA et. al., 2012). A presença de aminoácidos essenciais é que oferecem o valor nutricional do soro de leite, em especial as oriundas de:  $\beta$ -lactoferrina,  $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbumina, glicomacropéptidos, imunoglobulinas (CORTEZ, 2013).

A composição nutricional do soro do leite depende do tipo de queijo produzido e da tecnologia de processamento empregada. Assim sendo, o soro pode ser classificado como soro doce ou soro ácido.

O soro doce é obtido através da coagulação enzimática do leite, pela quimosina, para a produção de queijos do tipo cheddar, mussarela, prato, minas frescal, meiacura e emmental. Apresenta faixa de pH de 5,3 a 6,6 (ALVES, 2014). O soro ácido é originado quando a coagulação do leite é realizada com a utilização de

ácidos, usada na produção de queijos cottage, ricota, requeijão e de caseína. São obtidos na faixa de pH entre 4,4 a 5,3 (CORTEZ, 2013). Na Figura 05 é apresentado um esquema simplificado da obtenção de soro de leite ácido e doce.



Figura 05: Obtenção do soro de leite ácido e doce

Fonte: Adaptado de Oliveira et al., 2012.

A concentração de lactose é maior no soro doce do que no soro ácido. Isto se dá devido ao processo fermentativo do soro ácido, onde a lactose é oxidada a ácido láctico na formação do coalho. A concentração de cálcio e fósforo é mais elevada no soro ácido porque o complexo formado pelos dois elementos químicos fica solubilizado nas misturas de caseína quando o pH é ácido. O teor de cinzas também é mais elevado no soro ácido. Estes fatores limitam o seu aproveitamento na indústria alimentícia, pois oferece sabor ácido e alto teor de sais ao alimento. No Brasil a produção de soro de leite é prioritariamente soro doce (OLIVEIRA, 2017).

As composições médias do soro doce e do soro ácido são representadas na Tabela 1 (ORDÓNEZ, 2005).

Tabela 1: Composição percentual (%) dos tipos de soro.

| Componente    | Líquido |       | Sólido |       |
|---------------|---------|-------|--------|-------|
|               | Doce    | Ácido | Doce   | Ácido |
| Proteína      | 0,8     | 0,7   | 12     | 12    |
| Lactose       | 4,9     | 4,4   | 73,3   | 68,7  |
| Minerais      | 0,5     | 0,8   | 7,9    | 11,5  |
| Gordura       | 0,2     | 0,04  | 1,3    | 0,8   |
| Água          | 93      | 93,5  | 4,6    | 3,9   |
| Ácido láctico | 0,2     | 0,5   | 1,7    | 4,6   |

Fonte: Ordóñez et. al (2005).

Os dois tipos de soros possuem aplicações tecnológicas. O soro doce é utilizado em vários produtos de panificação, sorvetes, salgadinhos e sobremesas lácteas, entre outros. O soro ácido tem utilização para realçar sabor de molhos cremosos para saladas, retenção de água, fonte de cálcio e ainda como emulsificante (OLIVEIRA et. al., 2012).

A produção de queijos no Brasil utiliza prioritariamente a coagulação enzimática do leite produzindo, portanto, soro doce. Quanto às proteínas presentes no leite, no processo, elas se dividem em 80% de caseínas e 20% de proteínas do soro. As proteínas da caseína encontram-se formando micelas esféricas, ficando insolúveis no ponto isoelétrico. As proteínas do soro encontram-se solúveis na maior parte da faixa de pH, estando no formato globular que apresenta pontes de dissulfeto, o que lhes proporciona estrutura estável (AIMUTIS, 2004).

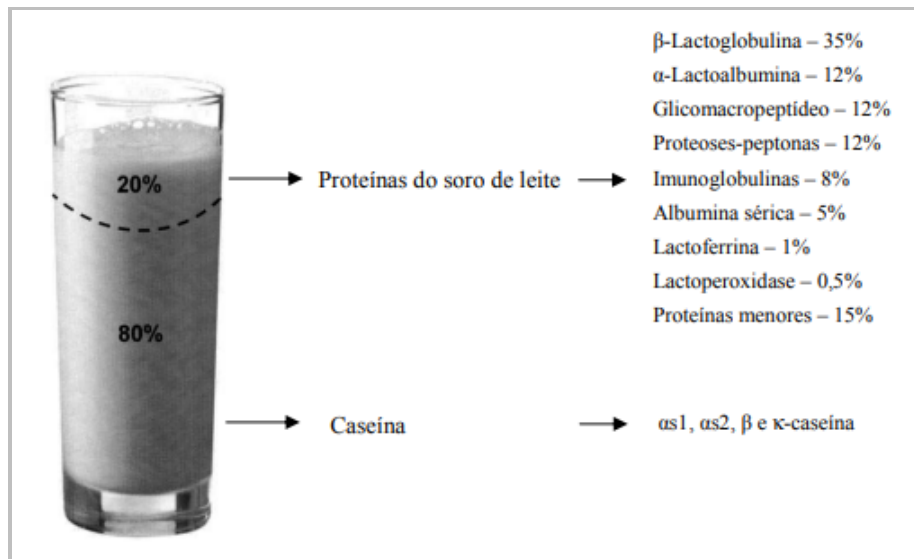


Figura 06: Distribuição das proteínas do leite bovino: caseína, proteínas do soro de leite, com as respectivas frações.

Fonte: Oliveira et. al., 2012.

Portanto, compreende-se que o soro de leite possui uma parcela considerável das proteínas do leite e ainda contém lactose, vitaminas solúveis e sais minerais entre outros nutrientes (ALVES et al., 2014). Esta porção de nutrientes no soro do leite tem grande interesse em ser aproveitada porque é composta por proteínas biodisponíveis e com boa digestibilidade, com propriedades que superam as de proteínas de origem vegetal e até das de outras origens animais (SMITHERS, 2015).

As proteínas do soro de leite melhoram o anabolismo, o que oferece aumento da massa muscular (HARAGUCHI et al., 2006). Uma importante utilização do soro são os concentrados proteicos de soro de leite em pó que podem incrementar alimentos e bebidas (JERVIS et al., 2012). Eles são muito utilizados porque melhoram as características funcionais dos produtos alimentícios e são amplamente utilizados em nutrição esportiva, na formulação de alimentos infantis e na indústria farmacêutica (NISHANTHI et al., 2017). As proteínas do soro de leite exercem benefícios para o sistema cardiovascular devido à ação redutora da cisteína, que estimula a síntese de glutatona; apresentam atividades anticoagulantes; ainda atuam como sequestrantes de radicais livres. Há relatos de estudos recentes que afirmam que a utilização de concentrados de soro de leite bovino, inibiram alguns tipos de carcinomas em animais e em culturas de células cancerosas. Foram

encontrados relatos de atividade inibitória em culturas gram-negativas, gram-positivas, fungos, protozoários e leveduras. A atuação sobre os protozoários foi devido a capacidade de quelação do ferro do ambiente (PELEGRINE, 2008). Dentre as proteínas bioativas destacam-se a lactoferrina, lactoperoxidase e imunoglobulinas (SMITHERS, 2015).

Nas proteínas que compõem o soro do leite, 80% são representadas por  $\alpha$ -lactalbumina e a  $\beta$ -lactoglobulina. Estas proteínas possuem todos os aminoácidos essenciais, o que lhes confere qualidade nutricional elevada (ORDÓÑEZ, 2005). Estes aminoácidos encontram-se em quantidades que atendem às recomendações para consumo diário. A exceção se dá para a concentração de aminoácidos aromáticos, a saber, tirosina e fenilalanina. Vale destacar que autores afirmam que os aminoácidos oriundos das proteínas do soro de leite são de fonte melhor que as do ovo, carne ou soja (SMITHERS, 2015).

No mercado internacional o soro de leite é comercializado de três formas: (i) concentrado de proteína de soro; (ii) isolado de proteína de soro; e (iii) proteína hidrolisada de soro de leite (MORDOR INTELLIGENCE, 2017).

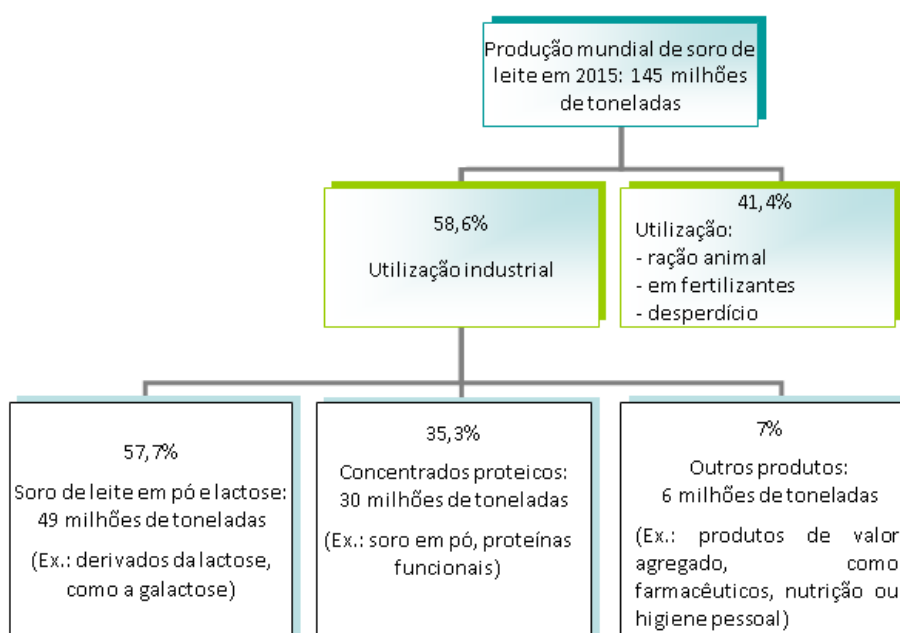


Figura 7 – Destinação mundial de soro de leite.

Fonte: Adaptado de Miranda (2018)

A destinação do soro de leite no mundo está representada na Figura 07. Na figura vemos que a produção mundial de soro de leite é cerca de 145 milhões de toneladas anualmente. 58,6% deste total tem utilização industrial, 41,1% possui outras destinações, como produção de ração animal, produção de fertilizantes e, ainda, é desperdiçado e depositado na natureza. Da fração que tem utilização industrial, os principais produtos derivados são o soro de leite em pó, lactose, proteínas funcionais, dentre outros.

A expectativa é que o consumo mundial de queijo aumente nos próximos anos, acompanhando o crescimento da população mundial. Esta previsão está apresentada nas Figuras 09 e 10, onde verificamos que a produção mundial de leite bovino aumentou, em média, 2,1% de 2012 a 2017 (IBGE e MAPA/EMBRAPA, FAO, 2017).

A produção mundial total de soro de leite foi estimada em cerca de 180 a 190 milhões de toneladas/ano em 2015. Deste total, aproximadamente 70% é produzido nos Estados Unidos da América e na União Europeia. A taxa de aumento de produção de leite no mundo é em torno de 2%, sendo acompanhada pela taxa de produção de soro de leite (YADAV, 2015).

| País / Bloco   | 2012           | 2013           | 2014           | 2015           | 2016           | 2017 (p) '1    | Prod.          | Part.         | Taxa de crescimento (%) |             |             |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-------------------------|-------------|-------------|
|                |                |                |                |                |                |                | média no       | média na      | 2017/                   | 2016/       | 2015/       |
|                |                |                |                |                |                |                | período        | prod.(%)      | 16                      | 15          | 12          |
| 2012-15        |                |                |                |                |                |                | %              | %             | % aa                    |             |             |
| União Européia | 139.000        | 140.100        | 146.500        | 150.200        | 152.000        | 152.500        | 143.950        | 29,6%         | 0,3%                    | 1,2%        | 2,6%        |
| Estados Unidos | 91.010         | 91.277         | 93.485         | 94.620         | 96.343         | 98.339         | 92.598         | 19,0%         | 2,1%                    | 1,8%        | 1,3%        |
| Índia          | 55.500         | 57.500         | 60.500         | 64.000         | 68.000         | 72.000         | 59.375         | 12,2%         | 5,9%                    | 6,3%        | 4,9%        |
| China          | 32.600         | 34.300         | 37.250         | 37.550         | 35.700         | 35.000         | 35.425         | 7,3%          | -2,0%                   | -4,9%       | 4,8%        |
| Brasil         | 32.304         | 34.255         | 35.124         | 35.000         | 34.650         | 34.997         | 34.171         | 7,0%          | 1,0%                    | -1,0%       | 2,7%        |
| Rússia         | 31.831         | 30.529         | 30.499         | 30.560         | 30.350         | 30.195         | 30.855         | 6,3%          | -0,5%                   | -0,7%       | -1,3%       |
| Nova Zelândia  | 20.567         | 20.200         | 21.893         | 21.582         | 21.370         | 21.600         | 21.061         | 4,3%          | 1,1%                    | -1,0%       | 1,6%        |
| México         | 11.274         | 11.294         | 11.464         | 11.736         | 11.934         | 12.100         | 11.442         | 2,4%          | 1,4%                    | 1,7%        | 1,3%        |
| Argentina      | 11.679         | 11.519         | 11.326         | 11.552         | 10.397         | 10.605         | 11.519         | 2,4%          | 2,0%                    | -10,0%      | -0,4%       |
| Ucrânia        | 11.080         | 11.189         | 11.152         | 10.584         | 10.380         | 10.200         | 11.001         | 2,3%          | -1,7%                   | -1,9%       | -1,5%       |
| Austrália      | 9.811          | 9.400          | 9.700          | 9.800          | 9.200          | 9.500          | 9.678          | 2,0%          | 3,3%                    | -6,1%       | 0,0%        |
| Canadá         | 8.614          | 8.443          | 8.437          | 8.773          | 9.100          | 9.450          | 8.567          | 1,8%          | 3,8%                    | 3,7%        | 0,6%        |
| Japão          | 7.631          | 7.508          | 7.334          | 7.379          | 7.420          | 7.400          | 7.463          | 1,5%          | -0,3%                   | 0,6%        | -1,1%       |
| Belarússia     | 6.766          | 6.633          | 6.703          | 7.047          | 7.170          | 7.245          | 6.787          | 1,4%          | 1,0%                    | 1,7%        | 1,4%        |
| Uruguai        | 1.936          | 2.018          | 2.014          | 1.974          | 1.775          | 1.793          | 1.985          | 0,4%          | 1,0%                    | -10,1%      | 0,6%        |
| Paraguai       | 515            | 518            | 527            | 537            | 546            | 552            | 524            | 0,1%          | 1,0%                    | 1,8%        | 1,4%        |
| <b>TOTAL</b>   | <b>472.119</b> | <b>476.683</b> | <b>493.909</b> | <b>502.894</b> | <b>506.336</b> | <b>513.476</b> | <b>486.401</b> | <b>100,0%</b> | <b>1,4%</b>             | <b>0,7%</b> | <b>2,1%</b> |

Figura 08: Produção mundial leite de vaca para o período de 2012 a 2017 (em milhares de toneladas).

Fonte: IBGE e MAPA/EMBRAPA, FAO, 2017.



O soro do leite é um subproduto da indústria de produção de queijos com alto teor protéico. Estas proteínas são comumente conhecidas como *whey protein*. Este valor nutricional elevado se dá pelo alto teor de aminoácidos essenciais, com destaque os de cadeia ramificada. Apresenta ainda teor de cálcio e de peptídios bioativos elevados. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA é o órgão público responsável por normatizar o uso do soro de leite como suplemento alimentar. O *whey protein* é usado para aumentar os teores proteicos em alimentos, principalmente, na indústria de bebidas lácteas, queijos, iogurtes, alimentação infantil e bebidas para praticantes de exercícios físicos.

O consumo de queijos nacionais e derivados encontra-se em alta segundo dados da Inspeção Federal e, portanto, a produção de soro de leite (VALADÃO, 2015). Ainda assim o Brasil encontra-se na lista de maiores importadores de soro de leite em pó devido ao seu baixo reaproveitamento (ALVES, 2014). Esta dicotomia ocorre porque para um reaproveitamento eficiente do soro de leite se faz necessário investimento em inovações tecnológicas e melhorias de processo com alternativas de processamento e desenvolvimento de produtos novos, inclusive em pequenas queijarias, o que é de custo elevado para os pequenos produtores da cadeia leiteira.

Estas ações não são realidade para os produtores rurais brasileiros porque, em maioria, são pequenos laticínios que não apresentam tecnologias e infraestrutura adequadas para propiciar o processamento, armazenamento, transporte e comercialização deste subproduto. Alguns países, como a Austrália, já atingiram eficiência no aproveitamento de soro de leite na indústria alimentícia, chegando perto de ter um aproveitamento sem desperdício deste insumo, o que acarreta benefícios para o meio ambiente.

A Figura 09 nos traz a expectativa de produção brasileira de derivados de leite para o período de 2010 a 2025, em milhares de toneladas, confirmando a tendência de aumento na produção nacional de leite integral e queijos (IBGE e MAPA/EMBRAPA, FAO, 2017). No Brasil, cerca de 46 % do leite inspecionado e processado são endereçados para as queijarias (ZOCAL, 2016).

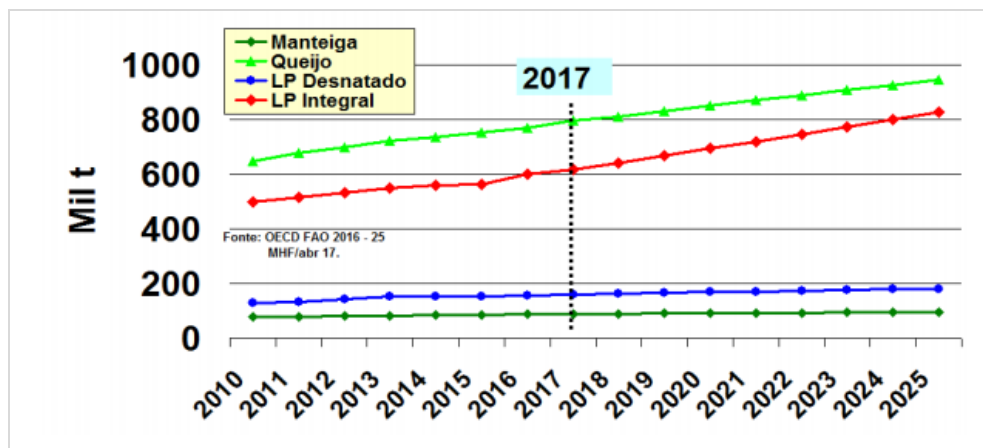


Figura 09: Produção brasileira de derivados de leite para o período de 2010 a 2025 (em milhares de toneladas).

Fonte: IBGE e MAPA/EMBRAPA, FAO, 2017.

### 2.3 Soro de Leite como Problema Ambiental

A qualidade nutricional do soro de leite necessita ser aproveitada como um subsídio para reduzir a fome no mundo, incrementar o valor nutritivo dos alimentos e, em consequência, diminuir o passivo ambiental associada ao destino inadequado deste subproduto (TOSTES, 2012). A projeção de produção mundial de queijo para o período de 2016 a 2025 deve aumentar, conforme ilustrado na Figura 10 (OECD/FAO, 2016).

O soro de leite representa um grave problema para o meio ambiente devido ao seu alto teor de DBO, que pode ultrapassar a  $35.000 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  (SMITHERS, 2015), (BALDISSERA et al., 2011), (PESCUMA et al., 2010) e (BIEGER E RINALDI, 2009), podendo chegar a valores em torno de  $50.000 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  (GONÇALVES, 2017). Este efluente não pode ser descartado juntamente com outros *in natura* dos cursos d'água. Esta prática é comum em pequenas queijarias. A DBO elevada deve-se, principalmente, às proteínas do leite e aos carboidratos.

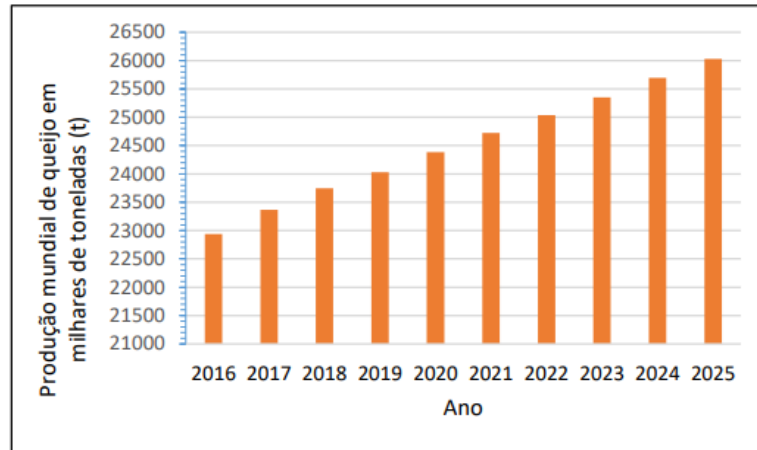


Figura 10: Projeção mundial de produção de queijo para o período de 2016 a 2025 (em milhares de toneladas). Adaptado de OECD/FAO, (2016).

Fonte: Miranda, 2018.

Somente cerca da metade da produção de soro de leite produzido no Brasil é aproveitada. Metade é descartada, sendo que grande parte deste efluente é destinado às águas receptoras e ao solo sem qualquer tratamento prévio. Algumas vezes o único tratamento que se tem é a diluição, ou ainda o armazenamento em tanques ou lagoas de estabilização, o que não atende às exigências legais (PRAZERES, 2012). Vale salientar que o soro de leite é considerado muito mais poluente que o esgoto doméstico, chegando à taxa de cem vezes mais. Devido à elevada carga orgânica deste coproduto, além de poluição, também pode ocasionar eutrofização e odores desagradáveis (OLIVEIRA, 2017) e (COSTA et al., 2014).

Na produção nacional de queijos e outros produtos lácteos, o aproveitamento do soro de leite ainda é muito pequeno. Este tema é de interesse porque o soro é produzido em grande quantidade, apresenta disponibilidade de nutrientes e é um potente poluente ambiental. Portanto, se faz imperativo a busca de alternativas para o aproveitamento do soro de leite e a conseqüente diminuição do seu poder poluente (OLIVEIRA et al., 2012).

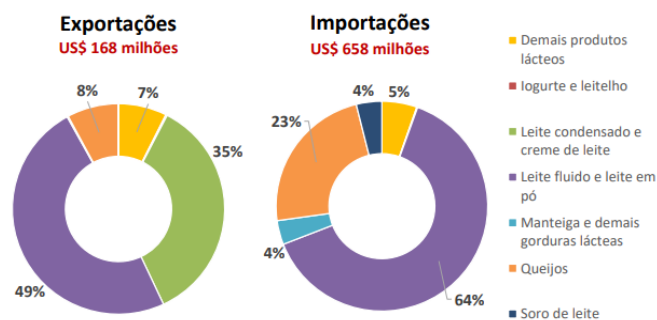


Figura 11: Participação por produto no comércio de lácteos do Brasil, ano base 2016.

Fonte: Alvim, 2017.

A Associação Brasileira das Indústrias de Queijo (ABIQ) nos informa que no Brasil tem-se a produção de queijo em queijarias industriais e artesanais, sendo que estas últimas preservam características culturais e tradicionais no fabrico. As queijarias artesanais têm grande participação no mercado produtor (SILVA et al., 2015). Esta contribuição elevada das queijarias artesanais dificulta a busca de soluções, pois estas empresas, na sua grande maioria, não possuem orçamento para investir em tecnologia para reaproveitamento e tratamento para descarte dos efluentes.

O consumo mundial de leite e derivados tem aumentado, o que potencializa esta fonte de poluente. A Associação Brasileira das Indústrias de Queijo (ABIQ, 2012) publicou que em 2011 foram produzidas mais de 800.000 toneladas de queijo no território nacional, que gerou cerca de 7.200.000 toneladas de soro de leite (LENCASTRE, 2012). Atualizando, até o ano de 2016, encontra-se no MAPA de 2016 dados que foram compilados por Alvim (2017), que são apresentados na Figura 11. No trabalho, Alvim cita que neste século, o consumo anual per capita (Kg/pessoa/ano) de lácteos pela população brasileira aumentou 36,7%, passando de 122 Kg/pessoa/ano no ano de 2000 para 172 Kg/pessoa/ano em 2016. Apesar deste incremento ainda não atingimos o valor recomendado, que é de 200 Kg/pessoa/ano. Observa-se um máximo no ano de 2013, quando o consumo per capita de lácteos foi de 175 Kg/pessoa/ano, em um período de economia nacional mais estável. Em relação á participação do Brasil no comércio de lácteos, no ano de 2016, apresentou saldo negativo na relação importação/exportação. O soro de leite participa deste

saldo negativo com 4% do total de US\$ 315,4 milhões de dólares (PITHAN e SILVA, 2017).

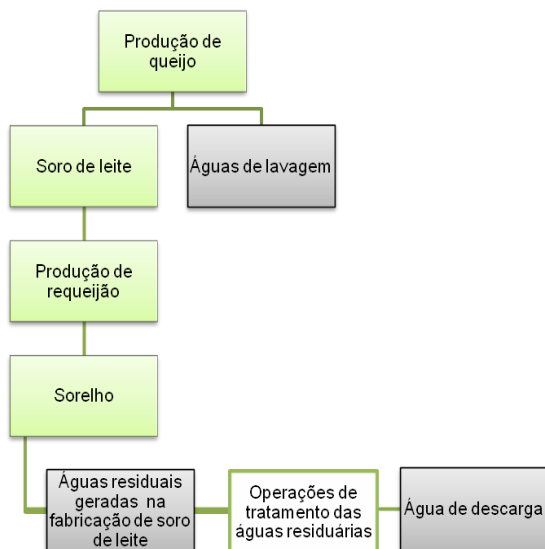


Figura 12: Etapas da produção de queijo, tendo o soro de leite e o sorelho como subprodutos, com descarte de águas de lavagem, águas residuárias e águas de descarga.

Fonte: Miranda, 2018.

Mesmo com o aproveitamento de soro de leite para a fabricação de requijão, ainda resta o sorelho, que requer de tratamentos adicionais (Figura 12). O tratamento do soro de leite para descarte na natureza tem que atender ao determinado no Decreto-Lei n.º 152/2017 de 7 de dezembro e o Decreto-Lei n.º 348/2007 de 19 de outubro para parâmetros de emissões de águas residuais mistas (COSTA, 2011), além da observação das Resoluções CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 e CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011.

## 2.4 Legislação Pertinente

A Constituição Federal de 1988, no artigo 225 nos garante:

“Todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservar para as presentes e futuras gerações”.

Fonte: Brasil, 1988.

Meio ambiente é definido na Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, no seu artigo 3º, inciso I: "o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas" (BRASIL, 1981).

Impacto ambiental é definido na Resolução CONAMA nº 001/86:

“considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais”.

Fonte: Brasil, 1986.

Desta forma, não basta tratar o efluente. Para o descarte do efluente após o tratamento é necessário que este efluente atenda aos padrões estabelecidos. Esta obrigação legal não é fácil de ser atendida por um número elevado de laticínios brasileiros, em especial os de pequeno ou médio porte.

Os dispositivos legais que regulam o tema:

- Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências, previstas em seu Art. 33: Provocar, pela emissão de efluentes ou carreamento de materiais, o perecimento de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou águas jurisdicionais brasileiras. Pena - detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas cumulativamente (BRASIL, 1998).
- Resolução CONAMA nº 313/02, Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais (BRASIL, 2002b).

- Norma Brasileira (NBR) 10.004/04, que se torna possível classificar e identificar os resíduos sólidos. Esta norma classifica: Classe IIA: combustíveis, biodegradáveis, voláteis e solúveis em água (ABNT, 2004).
- Resolução CONAMA nº 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e dá outras providências. No parágrafo 34 estão listados alguns critérios obrigatórios para o despejo final de efluentes. Como exemplo, podemos citar critérios que devem ser observados em todo despejo em águas naturais, como: DBO menor que 60 mgO<sub>2</sub>/L, temperatura inferior a 40 °C, pH entre 5 e 9, dentre outros (BRASIL, 2005b).
- Resolução CONAMA nº 430/11, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e altera a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2011).
- Instrução Normativa nº 53, de 25 de agosto de 2013, cria o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite (BRASIL, 2013).

As queijarias são grandes geradoras de resíduos sólidos, líquidos e gasosos e a legislação ambiental determina rígidos padrões para descarte. Uma solução para que se enquadrem nas leis é o seu reaproveitamento. O reaproveitamento já é adotado pelas grandes indústrias do setor, porém ainda é uma proposta pouco viável para os pequenos e médios produtores, o que acarreta desperdício ou subutilização de um subproduto que possui valor nutricional e comercial elevados. Um produto possível é o leite condensado, onde se reduz a quantidade de água, porém é rico em gorduras e proteínas lácteas. Além de reduzir o resíduo e a economia nos tratamentos para que o descarte atenda as legislações vigentes, também é uma forma de diminuir a importação de produtos derivados do soro de leite, o que irá favorecer a balança comercial brasileira. O principal derivado de soro de leite importado é o soro de leite em pó, que é usado em alimentos para enriquecimento proteico (GONÇALVES, 2017).

O material que ainda restar deve ser tratado para que o material descartado atenda às normas ambientais.

## 2.5 Propostas para aproveitamento do soro de leite

Quanto aos processamentos para a transformação de soro de leite em um produto de maior valor agregado, basicamente, são dois. O primeiro é o chamado processamento direto, que pode ser físico ou térmico, quando é possível obter-se soro em pó, concentrado proteico de soro de leite, lactose, entre outros. O segundo se dá através do processamento biológico, como: digestão aeróbia, digestão anaeróbia, fermentação a álcool, fermentação a hidrogênio, fermentação a ácido láctico, hidrólise da lactose, produção de eletricidade através de células de combustível microbianas, precipitação térmica, precipitação isoelétrica, precipitação de proteínas com a utilização de agentes coagulantes ou floculantes, membranas filtrantes. A escolha do tratamento ideal não é fácil, já que se trata de uma matriz de grande complexidade (Figura 12). O melhor tratamento para soro de leite depende de: tipo de soro, custo, qualidade, quantidade, legislação vigente, tecnologias disponíveis (YADAV, 2015), (PRAZERES, 2012) e (CORTEZ, 2015).

Para a viabilidade de aproveitamento do soro de leite utilizando-se os processamentos citados, se faz imperativo a instalação de uma usina processadora. Para a instalação desta, são requeridos: disponibilidade de valores vultosos para investimento, local para instalação, logística (CORTEZ, 2013).



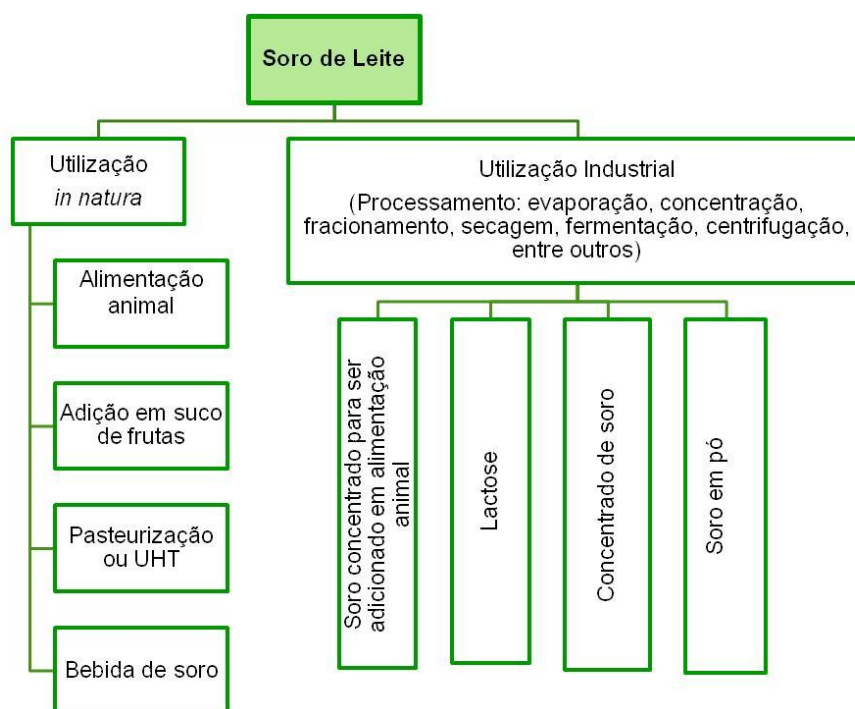


Figura 13: Algumas propostas para recuperação de soro de leite.

Fonte: Maganha (2006)

Algumas ações são utilizadas usualmente para o reaproveitamento de soro de leite, que vão desde o descarte nas águas naturais e pulverização no solo, até o uso em ração animal. Estas opções de reaproveitamento não resolvem por completo as questões de poluição ambiental, custo e odor desagradável (SMITHERS, 2015). A lactose e a caseína presentes no soro de leite são os responsáveis pelo odor forte desagradável, quando o processo biológico não possui bom controle (PRAZERES; CARVALHO; RIVAS, 2012).

Na Tabela 02, adaptada de (ROHLFES, 2011), são apresentadas algumas possibilidades de utilização deste subproduto da produção de queijos, segundo a bibliografia consultada. É destaque que o aproveitamento de soro de leite no Brasil é de cerca de 15% do soro produzido (ROHLFES, 2011).

Tabela 02: Alternativas para aproveitamento do soro de leite.

| PRODUTO          | FORMA DE OBTENÇÃO   |
|------------------|---|
| Ricota           | Precipitação das proteínas do soro através de aquecimento e acidificação                    |
| Bebida Láctea    | Produzidas com soro de leite, leite e outros ingredientes na formulação                     |
| Soro Concentrado | Remoção da umidade do soro de leite através de tratamentos térmicos ou osmose reversa       |
| Soro em pó       | Remoção da umidade do soro de leite através de tratamentos térmicos (evaporador ou secador) |
| Lactose          | Concentração do soro de leite por evaporação, cristalização, separação e secagem            |

Fonte: Adaptado de Rohlfes, 2011.

O principal produto após o processamento do soro de leite *in natura* é o soro de leite em pó. Com o intuito de melhor visualização das técnicas para produção de soro de leite em pó, estas serão apresentadas resumidamente na Tabela 03 abaixo.

Os concentrados proteicos com alto valor nutricional obtidos são utilizados em diversos alimentos, como iogurtes, sorvetes, queijos, bebidas lácteas, produtos de panificação, chocolates, embutidos e preparados em pó devido às propriedades: aeração, formação de biofilmes e micropartículas, emulsificantes, solubilidade, gelatinização, realce de cor e sabor, estabilização e dispersão em misturas secas e formação de espuma (BORGES, 2009).

Tabela 3 – Propostas para utilização de soro de leite em pó.

| REFERÊNCIA                     | PROPOSTA  | PROPRIEDADES DA TÉCNICA  |
|--------------------------------|---|--|
| Huffman, 1996                  | Secadores tipo tambor   | Obtenção de pó de soro de leite.   |
| Ordóñez, 2005                  | Concentração do soro de leite em pó por evaporação a temperaturas baixas. | O uso de temperaturas baixas é devido a não permitir a desnaturação das proteínas. O produto é utilizado principalmente para alimentação animal  |
| Ordóñez, 2005                  | Osiose reversa a baixas temperaturas                                      | A eliminação da água é realizada sem a mudança de fase de líquido para vapor, o que oferece economia de energia  |
| Ordóñez, 2005                  | Fracionamento   | Separa as proteínas da lactose.  |
| Ordóñez, 2005                  | Precipitação  | Separa as proteínas da lactose.  |
| Ordóñez, 2005                  | Absorção  | Separa as proteínas da lactose.  |
| Ordóñez, 2005                  | Filtração em gel  | Separa as proteínas da lactose.  |
| Oliveira, 2010 e Ordóñez, 2005 | Ultrafiltração  | Separa as proteínas da lactose sem precipitação.   |
| Alves, 2014                    | Separação por membrana  | Realiza e remoção parcialmente da água e concentra os sólidos. Esta técnica aumenta o tempo de preservação do produto, pois reduz a atividade da água e o volume do produto, o que traz economia no transporte.                  |
| Alves, 2014                    | Secagem por <i>spray dryer</i>  | Quando é associada à tecnologia de separação por membrana permite a elaboração produtos com propriedades físico-químicas, bioquímicas e grau de pureza diferentes, oferecendo propriedades funcionais de acordo com a aplicação. |

Com o objetivo de organizar publicações científicas que propõem soluções ofertando utilidades para o soro de leite, estas informações estão organizadas na Tabela 04.

Tabela 04: Propostas para utilização de soro de leite em pó.

| REFERÊNCIA                   | PROPOSTA  | PROPRIEDADES DA TÉCNICA  |
|------------------------------|---|--|
| Torres, 1988                 | Produção de ácido láctico   | Utiliza processos fermentativos. Esta técnica depende de disponibilidade de microorganismo seguro para a conversão da lactose no produto desejado. |
| Ponsano e Castro-Gomez, 1995 | Produção de biogás e biomassa   | Utilização para fonte de energia.  |
| Elliott, 2013                | Digestores anaeróbios   | Produção de energia  |
| Smithers, 2015               | Bioetanol, biopolímeros, hidrogênio, metano, bioproteína (proteína de célula única) e probióticos | Biotransformação do soro de leite  |
| Crubelati, 2018              | Substituição do leite em pó em mistura para preparo de cappuccino                                 | Preparo de bebida  |
| Castellanos, 2018            | Utilização do soro de leite bovino na produção de tomate  | Utilização do soro de leite como fertilizante orgânico   |
| Junqueira, 2018              | Uso de soro de leite bovino na produção de tomate Santa Clara                                     | Utilização do soro de leite como fertilizante orgânico   |

## 2.6 Propostas de tratamentos para o Soro de Leite

O soro de leite é um potente poluidor. Existe a perspectiva de ofertar à indústria queijeira propostas de soluções tecnológicas para o aproveitamento do soro de leite ao oferecer possibilidades para a utilização do valor nutricional deste resíduo em produtos com valor agregado, reduzir os custos para tratamento dos rejeitos gerados e, ainda, diminuir o impacto ambiental. As metodologias e tecnologias para descarte de resíduos devem ser economicamente atrativas, fáceis de operar e com eficiência atestada.

A indústria de laticínios provoca diversos impactos ambientais, a saber: (i) geração de efluentes; (ii) geração de resíduos sólidos; (iii) consumo de água elevado; (iv) consumo de energia elétrica elevado; (v) geração de resíduos sólidos; (vi) emissões gasosas (SILVA, 2015).

A grande maioria das soluções técnicas e tecnológicas para o tratamento de efluentes e a prevenção de descarte inadequado passam por um ou mais de um, das etapas citadas a seguir (Figura 14):

- (i) Tratamento Preliminar - são processos físicos que retiram sólidos grosseiros.
- (ii) Tratamento Primário - são processos físico-químicos. Separam os componentes solúveis dos não solúveis, como as gorduras.
- (iii) Tratamento Secundário - são processos biológicos, que sejam aeróbios ou anaeróbios. Podem ser processados em batelada ou contínuos. Vale a pena destacar que os processos anaeróbios são mais econômicos, pois os gastos com energia elétrica são menores, pois a energia é um insumo de grande impacto econômico.

A eficiência do processo aumenta pela adoção de todas as etapas do tratamento, a saber, preliminar, primário e secundário.

## Soluções Tecnológicas para o descarte de soro de leite



- ❑ **Tratamento Preliminar** → retirada dos sólidos grosseiros, por meio de métodos físicos (gradeamento)
- ❑ **Tratamento Primário** → tem como objetivo a separação da gordura e de sólidos menores que ainda se encontram no efluente. Exemplos: caixa de gordura, coagulação-floculação.
- ❑ **Tratamento Secundário** → estabilização da matéria orgânica pelo tratamento biológico aeróbio ou anaeróbio.
  - Lodos Ativados Convencionais
  - Lodos Ativados de Fluxo Intermitente por Bateladas
  - Lagoas Aeróbias + Lagoas Aeradas + Lagoas de Decantação
  - Lagoas Anaeróbias + Lagoas Aeradas + Lagoas de Decantação

Figura 14: Soluções tecnológicas para descarte de soro de leite e seus resíduos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo geral diagnosticar a produção e o aproveitamento do soro de leite proveniente da fabricação de queijos, com relação aos principais métodos de obtenção, utilização por laticínios brasileiros e estudar soluções tecnológicas para tratamento visando o descarte do efluente gerado.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar estudo da composição do soro do leite e de suas potencialidades nutricionais.
- Identificar os resíduos gerados por laticínios que podem ser contaminantes.
- Realizar levantamento de dados a respeito do volume e do tratamento destinado nas queijarias locais.
- Identificar alternativas de aproveitamento do soro do leite.
- Elencar propostas para o aproveitamento deste sub-produto da indústria da produção de queijos.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Iniciou-se o estudo pela realização de pesquisa bibliográfica utilizando-se as palavras chaves, em combinações entre si, nas bases Elsevier, Scielo, Web of Science e Google Scholar, com preferência por publicações entre 2014 a 2018. A consulta bibliográfica perdurou até o término da escrita do texto.

O método de pesquisa adotado foi uma combinação de análise exploratória e análise quantitativa e qualitativa, envolvendo o setor de garantia de qualidade e de produção de 100 laticínios existentes em diversas regiões do país que tenham cadastro no Sistema de Inspeção Federal (SIF) e no Sistema de Inspeção Estadual (SIE) e Sistema de Inspeção Municipal (SIM) dos respectivos Estados. A amostra utilizada é, nesse caso, uma amostra de conveniência, que é utilizada quando queremos entender de forma generalizada uma situação (FELICIO et al., 2016). Para avaliação dos laticínios participantes da pesquisa foi elaborado um questionário (Anexo 1) com perguntas relacionadas a produção e destinação do soro de leite tais como: capacidade de processamento da unidade, tipo de soro produzido/recebido, se possui ou não tratamento de efluentes, volume de soro produzido, destinação do subproduto, uso na indústria dentre outros.

A pesquisa envolveu as seguintes etapas: (i) contato prévio por telefone com algumas unidades produtoras explicando o objetivo do trabalho sendo responsável o setor de produção/garantia de qualidade das respectivas empresas; (ii) após concordância em participar da pesquisa, envio do questionário por email; (iii) retorno do questionário com as respostas. Foi acordado que os nomes dos laticínios não seriam mencionados, garantindo anonimato.

O tratamento dos dados foi realizado utilizando métodos de estatística descritiva, visto que, as variáveis estudadas são numéricas, representadas pelas frequências dos casos apresentados, que consistiu na prática de organizar, sumarizar, caracterizar e interpretar os dados numéricos coletados. Os resultados serão apresentados por frequência absoluta e relativa ao tamanho total da amostra, não havendo a necessidade de aplicação de testes estatísticos específicos,



configurando assim a técnica de apresentação dos dados como estatística descritiva, que consiste na organização, sumarização e descrição de dados por meio de gráficos e tabelas.

## 5. RESULTADOS

Dos laticínios avaliados oitenta estão sob supervisão do SIF (Sistema de Inspeção Federal), dezessete sob o Sistema de Inspeção Estadual (SIE) e oito informam não serem inspecionados pelos respectivos órgãos.

Quando questionados se a indústria possuía tratamento de efluentes todos eles afirmam possuir o sistema operando. Trata-se de uma demonstração de que os laticínios já se adaptaram para atender a legislação ambiental e a Instrução Normativa MAPA nº 16/2015 (BRASIL, 2005a). De qualquer forma, o tratamento do efluente sobrecarrega as estações de tratamento demandando mais tempo e um custo maior de operação.

Analisando os dados gerados pelos questionários foi identificado que dos laticínios que responderam ao questionário, 67 geram e/ou utilizam soro de leite doce, 27 leite ácido e 6 deles geram os dois tipos. A aplicação para cada tipo de soro é diferente.

Os laticínios recebem e processam, no total, cerca de 188.000 mil litros/dia e são gerados 38.540 mil litros de soro de leite por dia. Um volume relativamente alto e que, se não aproveitado e tratado de forma adequada, pode trazer diversos prejuízos ambientais e a exaustão do sistema de tratamento de efluentes.

A maior parte dos laticínios que utilizam o soro na fabricação de alimentos faz uso do soro de fabricação própria. Apenas trinta e três relatam adquirir soro de leite de outros fornecedores. Isso representa 3.330 mil litros de soro por dia, que são retirados de outros laticínios e que são aproveitados para produção de novos produtos. A partir desse dado podemos verificar que alguns laticínios já estão adaptados para captação e processamento desse subproduto oriundo de outros geradores.

Avaliando as formas de aproveitamento do soro de leite informado pelos laticínios temos que vinte e sete deles não aproveitam o soro de leite para fabricação de novos produtos, sendo o total produzido descartado no sistema de

tratamento de efluentes ou usado na alimentação animal. O total de soro gerado e descartado por esses três laticínios correspondem a 4.200 mil litros de descarte por mês.

Treze laticínios afirmaram que fazem o aproveitamento parcial do soro de leite gerado. Sete deles vendem a maior parte do volume (94%) para indústria de alimentos na forma de soro concentrado e 6% do volume restante é descartado no sistema de tratamento de efluentes. Outros treze informam que processam internamente aproximadamente 42% do volume de soro de leite gerado na fabricação de ricota fresca e os outros 58% restantes são destinados à alimentação animal.

Sessenta dos laticínios entrevistados relatam que o soro de leite produzido ou adquirido de outros laticínios é utilizado em sua totalidade. Um dado importante é que dos cinquenta e quatro dos estabelecimentos entrevistados, vinte e sete deles informaram que fazem aproveitamento de soro de leite oriundo de outros laticínios e os outros vinte e sete realizam o aproveitamento do soro de leite gerado na própria unidade.

Portanto, a partir das unidades avaliadas pode-se verificar que o aproveitamento de todo volume de soro gerado ainda não ocorre por vários motivos, dentre eles: (i) distância das pequenas unidades produtoras até os laticínios com capacidade de aproveitamento; (ii) custo com o transporte; (iii) cuidado dos pequenos produtores com relação a qualidade do soro gerado, dentre outros.

Além da dispersão territorial, a produção de queijo é caracterizada por laticínios com estrutura moderna, que seguem os padrões de qualidade internacionais e por outro lado, outros que produzem queijo de forma artesanal, com grande dispersão regional, que geram alto custo de captação e normalmente o soro de leite é tratado como rejeito e lançado nos cursos dos rios sem nenhum tipo de tratamento. Esses fatores contribuem para que o aproveitamento do soro não seja feito de forma integral e eficiente por todos os produtores de queijo (CORTEZ, 2015) e (NEILA, 2013).

Nem sempre a destinação dada para o soro de leite é a ideal. Ainda assim é uma boa notícia constatarmos que os produtores estão empenhados em dar uma destinação adequada e aumentar os seus ganhos com o soro de leite (OLIVEIRA, et al. 2012), especialmente as grandes empresas. Esta é uma notícia que gera expectativa de melhora nas questões ambientais, mesmo que estas sejam apenas 20% do total pesquisado (Figura 17).

A destinação do soro de leite para alimentação animal representa uma forma de utilização com pouca ou nenhuma necessidade de processamento (Figura 15). Este tipo de dieta é utilizado como estratégia para melhorar o ganho de peso dos animais e redução dos custos de produção (OLIVEIRA et al.,2012).

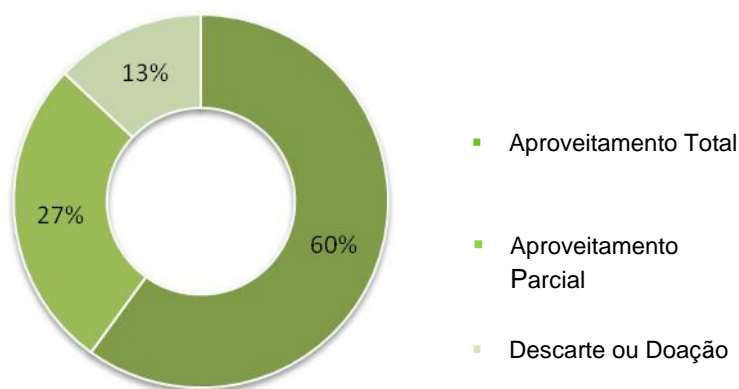


Figura 15: Destinação do soro de leite nos laticínios entrevistados.

Os resultados do presente trabalho reforçam que a maior parte dos laticínios entende a importância do aproveitamento do soro de leite tanto no aspecto de agregar valor aos alimentos quanto na minimização dos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado desse subproduto.

Quando questionados sobre os processos de avaliação do soro recebido de outros laticínios todos alegam realizar análises de recepção tais como: pH, temperatura, estabilidade, densidade, gordura e pesquisa de fraude. Isso sugere que existe um cuidado com relação a qualidade dos produtos recebidos na unidade produtora.

Para o aproveitamento do soro de leite é imprescindível que a qualidade do produto seja atestada através de análises físico-químicas e microbiológicas. A qualidade do produto depende diretamente das condições de higiene do estabelecimento, dos controles de processo, do cuidado com o processamento do queijo, das condições de temperatura durante a produção e estocagem, dentre outros.

Cortez realizou estudo em cinquenta laticínios no estado do Rio de Janeiro e observou, através de avaliações físico-químicas que não existe padronização nos métodos de fabricação de queijo nas unidades estudadas. Este fato pode nos levar a concluir em uma falta de controle dos órgãos de inspeção em relação ao uso do soro de leite. Isso também foi observado no presente estudo, uma vez que as análises citadas nos questionários não são as mesmas para todos. Alguns produtores realizam análises físico-químicas e microbiológicas mais completas enquanto outros realizam análises básicas (CORTEZ, 2013).

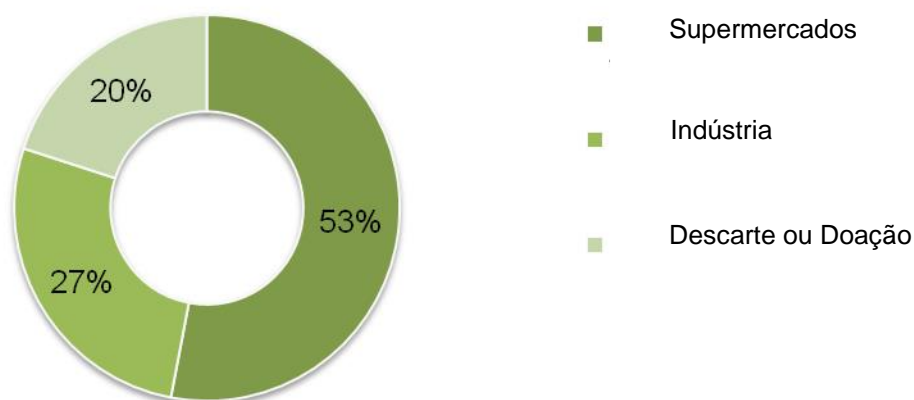


Figura 16: Distribuição dos produtos derivados do soro de leite.

Quando questionados sobre os produtos fabricados com aproveitamento do soro de leite, em escala decrescente, temos: bebida láctea, ricota, creme de ricota, mistura láctea (soro de leite e leite em pó) e soro concentrado. A bebida láctea fermentada é uma das mais produzidas na indústria no aproveitamento do soro de leite. Isto corrobora os resultados obtidos neste trabalho (CORTEZ, 2013).

Dentre os principais canais de distribuição para a maioria dos laticínios, cinquenta e três revendem os produtos para supermercados, vinte e sete vendem para a indústria e os vinte restantes são os laticínios que não aproveitam o soro de leite (Figura 16).

A partir dos dados obtidos pela aplicação dos questionários foi possível observar que a maior parte dos laticínios pesquisados tem consciência de que o aproveitamento do soro de leite na fabricação de novos produtos é rentável além de trazer benefícios com relação à preservação do meio ambiente.

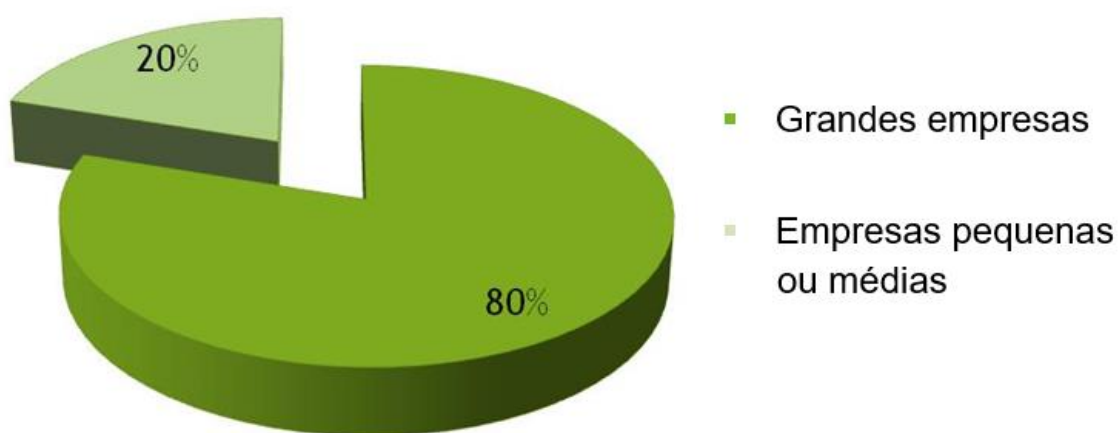


Figura 17 – Produtores da Indústria de Leite.

Os produtos elaborados com adição de soro ou concentrados de soro de leite trazem diversos benefícios para a saúde do consumidor tendo em vista o alto valor nutricional (Figura 18). Além desses produtos tem forte apelo funcional, o reaproveitamento em muito contribui para a melhoria das águas naturais e atende à normatização vigente.

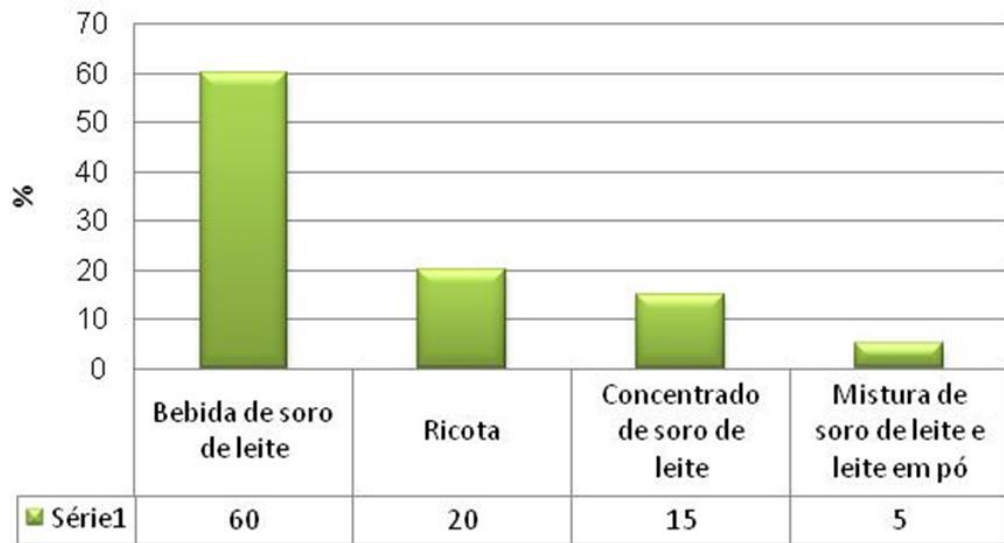


Figura 18 – Uso de soro de leite em produtos lácteos.

## 6. CONCLUSÕES

Através da aplicação do questionário por amostragem, foi possível avaliar que o aproveitamento do soro de leite já faz parte da cultura da maior parte dos laticínios no Brasil o reconhecem como ingrediente importante para agregar valor a novos produtos, incrementar a qualidade nutricional dos alimentos e ser utilizado nas indústrias farmacêutica, biomédica, cosméticos, dentre outros, através de inovação dos processos produtivos.

A avaliação das respostas do questionário nos apresentou interessante diagnóstico do aproveitamento de soro de leite no Brasil, demonstrando que os gestores dos laticínios têm consciência de que a utilização do soro de leite na fabricação de novos produtos é rentável e traz benefícios com relação à preservação do meio ambiente.

Os tipos de queijo produzidos no país dão o direcionamento das possíveis formas de aproveitamento, sendo que no Brasil a maior parte dos queijos é obtida por coagulação enzimática, resultando em 67% dos laticínios gerando/utilizando soro de leite doce e aproveitando-o na preparação de bebida láctea (60%), ricota (20%), soro concentrado (15%) e mistura láctea (soro de leite e leite em pó, 5%) e destinando primariamente para as redes de supermercados (53%). Ainda há mercado para o aproveitamento deste subproduto no país, pois 27% dos laticínios ainda não o aproveitam para fabricação de outros produtos alimentícios, resultando em destinos menos nobres (sistema de tratamento de efluentes ou doação para alimentação animal).

Os motivos para o não aproveitamento integral são, principalmente, a dispersão territorial dos laticínios no país e a diferença estrutural entre as unidades processadoras. A implantação de unidades de tratamento estrategicamente localizadas, de modo a melhorar a logística para pré-concentração, coleta e encaminhamento do soro de leite para tratamento, aumenta o volume de rejeito a ser tratado e pode aumentar a qualidade do soro de leite a ser reaproveitado. A



adoção destas estratégias pode ofertar às empresas participantes, maior competitividade, e, conseqüentemente, aumento de oferta de postos de trabalho.

O cuidado com a qualidade do soro foi evidenciado neste estudo, com a totalidade dos laticínios realizando análises no soro obtido de outros fornecedores. No entanto, ainda não há padronização com relação às análises requeridas.

## **7. PERSPECTIVAS FUTURAS**

Futuramente, pretende-se a oportunidade de desenvolvimento de um estudo de bancada, depois protótipo em Campus do IFRJ, para futura implementação de tratamento de efluente de processamento de leite e outros produtos alimentícios no IFRJ - Campus Pinheiral, que poderá ser utilizado como laboratório para o desenvolvimento de inúmeros estudos e servir para aulas práticas nos cursos da área ambiental da Instituição.

## REFERÊNCIAS

AIMUTIS, W. R. Bioactive properties of milk proteins with particular focus on anticarcinogenesis. *The Journal of Nutrition*, Oxford University Press, v. 134, n. 4, p. 989S–995S, 2004.

ALVES, M. P.; MOREIRA, R. de O.; JÚNIOR, P. H. R.; MARTINS, M. C. de F.; PERRONE, Í. T.; CARVALHO, A. F. de et al. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 69, n. 3, p. 212–226, 2014.

ALVIM, R. S. Desafios da Pecuária de Leite Brasileira - Importações Lácteas. Apresentação do Presidente da Comissão Nacional de Pecuária de Leite da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil em 15 de agosto de 2017. Brasília: DF, 2017. 18 p. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/capadr/audiencias-publicas/audiencias-publicas-2017/audiencia-publica-15-de-agosto-de-2017-cna>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10004: Resíduos sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJO (ABIQ). Fontes – SIPA até 1990 – Nielsen 2006/2010, Desk Research – Pesquisa Ad Hoc, Exportações e Importações – MDCI 2012. In: Criscione, D. (Org.) (Ed.). São Paulo: SP, 2012.

BALDASSO, C. Fracionamento dos componentes do soro de leite através da tecnologia de separação por membranas. Tese (Doutorado em Engenharia) — Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BIEGER, A.; RINALDI, R. N. Reflexos do reaproveitamento de soro de leite na cadeia produtiva de leite do oeste do Paraná. In: Anais do 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre: RS, 2009.

BORGES, P. Z. Avaliação nutricional de concentrados protéicos obtidos do leite bovino. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. 1986.

BRASIL. Constituição Federal de 1988. 1988.

BRASIL. Portaria no 146 do Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, de 07 de março de 1996. Dispõe sobre Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1996.

BRASIL. Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. 1998.

BRASIL. Resolução RDC no 259 do Ministério da Saúde, de 20 de setembro de 2002. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2002a.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. 2002b.

BRASIL. Instrução Normativa no 16 do Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, de 23 de agosto de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebidas Lácteas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2005a.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005b.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. 2011.

BRASIL. Instrução Normativa no 53 do Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, de 25 de agosto de 2013. Cria o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2013.

CORTEZ, N. M. S. Diagnóstico da produção do soro de queijo no estado do Rio de Janeiro. 96 p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) — Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

COSTA, C. M.; AZEVEDO, C. A.; AZEVEDO, L. A.; LINS, M. F.; VEIGA, R. L.; LIMA, S. F. Soro do leite e os danos causados ao meio ambiente. In: X Encontro Brasileiro sobre Adsorção. Guarujá: SP, 2014. Disponível em: [http://hsp.epm.br/home\\_diadema/aba2014/br/resumos/R0038-1.pdf](http://hsp.epm.br/home_diadema/aba2014/br/resumos/R0038-1.pdf).

CRUBELATI, G. M.; RUIZ, S. P.; REBECCA, J. B. R. Mistura para preparo de cappuccino a base de fontes proteicas do soro de leite, avaliação sensorial e análises físico-químicas. Gramado: 6o Simpósio de Segurança Alimentar, 2018.

CRUZ, A. G. da; OLIVEIRA, C. A. F.; SÁ, P.; CORASSIN, C. H. Química, Bioquímica, Análise Sensorial e Nutrição no Processamento de Leite e Derivados: Coleção Lácteos. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2017.

FAGUNDES, M. H. Leite e Derivados - Conjuntura Mensal Especial - Abril 2017. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), 2017. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analise-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-leite>.

FELICIO, T. L.; ESMERINO, E. A.; VIDAL, V. A. S.; CAPPATO, L. P.; GARCIA, R. K. A.; CAVALCANTI, R. N.; FREITAS, M. Q.; CONTE JUNIOR, C. A.; PADILHA, M. C.; SILVA, M. C.; RAICES, R. S. L.; ARELLANO, D. B.; BOLLINI, H. M. A.; POLLONIO,

M. A. R.; CRUZ, A. G. Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. *Food Chemistry*, Elsevier, v. 196, p. 628–637, 2016.

GONÇALVES, N. de R. Processos Químicos na Indústria de Produção de Queijo. Trabalho de Conclusão de Curso de Química (Bacharelado). Universidade Federal de São João del-Rei. São João del-Rei: MG, 2017.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. C.; PAULA, H. de. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. *Revista de Nutrição*, v. 19, n. 4, p. 479–488, 2006.

HUFFMAN, L. M. Processing whey protein for use as a food ingredient. *Food Technology Journal*, v. 50, p. 49–52, 1996. IFRJ - Campus Pinheiral. 2018.

LENCASTRE, K. G. S. da S. Mapeamento da Produção de Soro de Queijo no Estado do Rio de Janeiro: Potencial para produção de etanol. Dissertação (Mestrado em Ciências (Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos)) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MAGANHA, M. F. B. Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos. São Paulo: CETESB, 2006. 95 p.

MARQUARDT, L.; ROHLFES, A. L. B.; BACCAR, N. de M.; OLIVEIRA, M. S. R. de; RICHARDS, N. S. P. dos S. Indústrias lácteas: alternativas de aproveitamento do soro de leite como forma de gestão ambiental. *Tecno-Lógica*, v. 15, n. 2, p. 79–83, 2012.

MIRANDA, R. M. dos S. Formulação de uma bebida à base de soro de leite com péptidos bioativos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) — Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2018.

MORDOR INTELLIGENCE. *Whey Protein Market - Growth, Trends And Forecast (2017 - 2022)*. Índia: [s.n.], 2017.

NISHANTHI, M.; CHANDRAPALA, J.; VASILJEVIC, T. Compositional and structural properties of whey proteins of sweet, acid and salty whey concentrates and their

respective spray dried powders. *International Dairy Journal*, Elsevier, v. 74, p. 49–56, 2017.

OLIVEIRA, D. F. de; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 67, n. 385, p. 64–71, 2012.

OLIVEIRA, S. M. Aproveitamento do soro de leite. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas: SP, 2010.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. Capítulo 6 - Nata, manteiga e outros derivados lácteos. In: *Tecnologia de alimentos: Alimentos de origem animal*. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2. ISBN 978-85-363-0431-1.

PELEGRINE, D. H. G.; CARRASQUEIRA, R. L. Whey uses in nutritional beverages enrichment. *Brazilian Journal of Food Technology*, p. 145–151, 2008.

PERRONE, Í. T.; PEREIRA, J. P. F.; CARVALHO, A. F. de. Aspectos Tecnológicos da Fabricação de Soro em Pó: Uma Revisão. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 66, n. 380, p. 23–30, 2011.

PESCUMA, M.; HÉBERT, E. M.; MOZZI, F.; VALDEZ, G. F. de. Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, Elsevier, v. 141, n. 1-2, p. 73–81, 2010.

POPPI, F. A.; COSTA, M. de R.; RENSIS, C. M. V. B. de; SIVIERI, K. Soro de leite e suas proteínas: composição e atividade funcional. *UNOPAR Cient*, v. 12, n. 2, p. 31–37, 2010.

PRAZERES, A. R.; CARVALHO, F.; RIVAS, J. Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management*, Elsevier, v. 110, p. 48–68, 2012.

SAUDADES, J. de O.; KIRSTEN, V. R.; OLIVEIRA, V. R. de. Consumo de proteína do soro do leite entre estudantes universitários de Porto Alegre, RS. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, SciELO Brasil, v. 23, n. 4, p. 289–293, 2017.

SILVA, G. P. R. da; PALEZI, S. C. Desenvolvimento de uma bebida repositora à base de soro de leite e com reduzido teor de lactose. *Unoesc & Ciência - ACET*, Joaçaba, p. 29–36, 2015.

SILVA, R. de Oliveira Pithan e; BUENO, R. F. B.; Sá, P. B. Z. R. Aspectos relativos à produção de soro de leite no Brasil, 2007-2016. *Revista Informações Econômicas*, São Paulo, v. 47, n. 2, 2017.

SMITHERS, G. W. Whey-ing up the options – yesterday, today and tomorrow. *International Dairy Journal*, Elsevier, v. 48, p. 2–14, 2015. SÃO PAULO. Decreto no 8.468 da Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo, de 08 de setembro de 1976. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. 1976.

VALADÃO, N. K. Aproveitamento de soro de ricota para elaboração de suplemento hidroeletrólítico. 165 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia de Alimentos) — Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

YADAV, J. S. S.; YAN, S.; PILLI, S.; KUMAR, L.; TYAGI, R. D.; SURAMPALLI, R. Y. Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances*, Elsevier, v. 33, n. 6, p. 756–774, 2015.

ZOCCAL, R. Queijos: produção e importação. 2016. Disponível em: <http://www.bwldebranco.com.br/queijos-producao-e-importacao>.



## APÊNDICE - ARTIGO CIENTÍFICO

Your manuscript titled "Cheese whey: diagnosis and exploitation in the Brazilian dairy industry" by Cruz, Adriano; Esmerino, Erick; Trindade, Monica; Almada, Rafael; Pimentel, Tatiana; Queiroz, Monica; Guimarães, Jonas; Lorena, Simone; Cristina, Marcia has been submitted online for publication consideration in the Journal of Dairy Science. Because publication in the Journal of Dairy Science requires the time and expertise of at least 2 reviewers, all manuscript authors have a responsibility to review submissions from other authors. We hope that you will help the journal and fulfill this obligation if asked by editors.

Please mention the manuscript ID (JDS.2018-16054) in all correspondence or when calling the office with questions.

*M. B. Trindade<sup>1</sup>, T. C. Pimentel<sup>2</sup>, J. T. Guimarães<sup>3</sup>, M. Q. Freitas<sup>3</sup>, E. A. Esmerino<sup>3</sup>,  
S. L. Quitério<sup>1</sup>, M. C. Silva<sup>1</sup>, R. B. Almada<sup>1</sup>, A. G. Cruz<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 20270-021, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>2</sup> Instituto Federal do Paraná (IFPR), Paranavaí, 87703-536, Paraná, Brazil

<sup>3</sup> Universidade Federal Fluminense (UFF), Faculdade de Medicina Veterinária, 24230-340, Niterói, Rio de Janeiro, Brazil

\*E-mail address: food@globo.com (A.G. Cruz)

### ABSTRACT

Este trabalho teve por objetivo realizar um diagnóstico do aproveitamento do soro de leite por laticínios do Brasil. Foram avaliados 100 laticínios, sendo que a maioria (80%) estava sob supervisão do Sistema de Inspeção Federal e localizada na região sudeste e sul (55 e 25%, respectivamente) do país. Grande parte dos laticínios (67%) gerava e/ou utilizava soro de leite doce e aproveitava totalmente o soro de leite produzido (60%), indicando que os laticínios já estão adaptados para captação e processamento desse subproduto. Os produtos em que o soro de leite é mais aproveitado são: bebida láctea (60%), ricota (20%), soro concentrado (15%) e mistura láctea (soro de leite e leite em pó, 5%), sendo revendidos para supermercados (53%) ou outras indústrias (20%). No entanto, 27% dos laticínios ainda não aproveitam o soro de leite para fabricação de outros produtos alimentícios, descartando-o no sistema de tratamento de efluentes ou doando para alimentação animal, sugerindo que ainda há mercado para o aproveitamento desse subproduto no país.

**Key words:** soro de leite, laticínios, bebida láctea, subproduto.

## ANEXO

### Questionário sobre a utilização de soro em Laticínios

#### 1 – Informações sobre o estabelecimento:

**Cidade / Estado:**

**Qual a capacidade de processamento da unidade:** \_\_\_\_\_ litros/dia

**Qual o tipo de soro produzido/recebido?**

( ) Soro doce (coalho enzimático) ( ) Soro enzimático (adição de ácidos / bactérias)

**Qual o regime de inspeção?** ( ) Municipal ( ) Estadual ( ) Federal

( ) Sem inspeção

**A empresa possui tratamento de efluente?** ( ) Sim ( ) Não

#### 2 – Informações sobre o uso do soro:

**Qual o volume de soro produzido:** \_\_\_\_\_ litros/dia

**Qual a quantidade de soro recebido de outros laticínios?** \_\_\_\_\_ litros/dia

**Quais os principais fornecedores de soro?**

( ) Geração própria ( ) Industrias/Laticínios ( ) Queijeiros (produtor rural)

**É feito o controle de qualidade do soro quando recebido de outros fornecedores?**

( ) Sim Quais análises: \_\_\_\_\_

( ) Não

#### 3 – Destino do soro:

**Qual o principal destino do soro de leite? Quais os volumes?**

( ) Processamento Interno \_\_\_\_\_ litros/ mês

( ) Venda \_\_\_\_\_ litros/ mês

( ) Descarte \_\_\_\_\_ litros/ mês

( ) Doação \_\_\_\_\_ litros/ mês

**Caso o produto seja descartado. Como é feito o descarte pela empresa?**

\_\_\_\_\_

**No caso de processamento interno, em quais produtos o soro é utilizado? Qual o volume de soro utilizado? Qual o volume de produto é produzido por mês?**

| Produto | Volume de Soro Utilizado | Volume Produto/Mês |
|---------|--------------------------|--------------------|
|         |                          |                    |
|         |                          |                    |
|         |                          |                    |
|         |                          |                    |

**4 – Distribuição:**

**Quais os principais canais de distribuição dos produtos derivados do soro?**

( ) Supermercados ( ) Restaurantes ( ) Indústria de alimentos ( ) Outros