



**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA
COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTRATÉGIA AMBIENTAL EM LATICÍNIOS: TRANSFORMAÇÃO
DO REJEITO DE SORO DE LEITE EM UM SUBPRODUTO - SORO DE
LEITE EM PÓ.**

JANAÍNA PINHEIRO DA CRUZ

PONTE NOVA, 14 DE DEZEMBRO, DE 2023



**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA
COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTRATÉGIA AMBIENTAL EM LATICÍNIOS: TRANSFORMAÇÃO
DO REJEITO DE SORO DE LEITE EM UM SUBPRODUTO - SORO DE
LEITE EM PÓ.**

JANAÍNA PINHEIRO DA CRUZ

Monografia a ser apresentada à Fundação Presidente Antônio Carlos de Ponte Nova como parte das exigências para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador(a): Bruno de Freitas Homem de Faria.

Aluno: Janaína Pinheiro da Cruz.

PONTE NOVA, 14 DE DEZEMBRO, DE 2023



**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA
COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTRATÉGIA AMBIENTAL EM LATICÍNIOS: TRANSFORMAÇÃO
DO REJEITO DE SORO DE LEITE EM UM SUBPRODUTO - SORO DE
LEITE EM PÓ.**

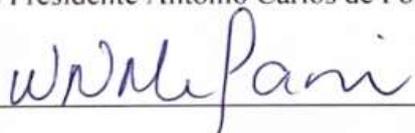
Este trabalho foi apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção da Fundação Presidente Antônio Carlos de Ponte Nova – FUPAC, obtendo a nota média de 82, atribuída pela Banca Examinadora, constituída pelo Orientador e membros abaixo relacionados.

Autor: **Janaína Pinheiro da Cruz**

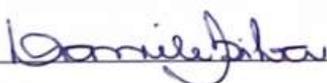
Orientador(a): **Bruno de Freitas Homem de Faria**



Bruno de Freitas Homem de Faria
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ponte Nova



Wilton Natal Milani
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ponte Nova



Daniele Silva
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ponte Nova

PONTE NOVA, 14 DE DEZEMBRO, DE 2023



FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus, que sempre me guiou e me abençoou, sempre me dando forças e coragem nos momentos difíceis e desafiadores que passei durante a jornada acadêmica até conseguir chegar aqui.

A toda minha família, que sempre me apoiou e me ajudou.

Em especial a minha madrinha Malvina, que é como uma mãe para mim, sempre me incentivou e ajudou em tudo.

A minha vó Luzia, que terá sua primeira neta formada.

A minha mãe Maria Aparecida e meu Pai Nivaldo.

Ao meu padrinho Eduardo, que sempre foi como um pai para mim.

FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA
COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a minha mãezinha Nossa Senhora Aparecida, que sempre me guiou e me abençoou, me protegeu do acidente que tive durante a graduação, graças a proteção dele não fiquei com nenhuma sequela que me impedisse de seguir com meus estudos.

A mim, por não desistir do meu sonho de fazer minha graduação, apesar de todas as dificuldades que me foram impostas, noites mal dormidas e cansaço físico e mental, mas graças a Deus enfim cheguei até aqui.

A toda minha família, que sempre me apoiou e me ajudou.

Em especial a minha madrinha Malvina, que sempre cuidou de mim desde pequena, me incentivou a ser quem eu sou hoje, sempre rezou por mim, e sempre esteve do meu lado em todos os momentos desta minha jornada, me mostrando o caminho certo do bem.

A minha vó Luzia, que sempre quis ver e terá sua primeira neta formada.

A minha mãe Maria Aparecida, que me incentivou a fazer esta graduação e foi junto comigo no dia da minha matrícula me acompanhar e sempre ajudou com questões financeiras nesta caminhada.

Ao meu Pai Nivaldo, que sempre pagou minhas mensalidades, e me esperava a noite na beira do asfalto quando eu voltava tarde, muitas das vezes a pé na chuva, quando eu morava com ele e minha mãe na roça.

Ao meu padrinho Eduardo que age como um segundo pai para mim, sempre me ajudou e me incentivou a ser uma menina estudada.

A minha tia Marlene, que sempre esteve comigo nos melhores e piores momentos.

Ao professor e coordenador do curso do curso de Engenharia de Produção Raphael, um profissional ímpar, obrigado por todos ensinamentos, ajudas e trocas de experiência durante esta caminhada.

Ao professor Bruno, por me aceitar como orientanda, por ser um mestre dedicado em suas aulas e compreensivo com seus alunos.

Ao professor Wilton Milani, pelas belas aulas de álgebra e cálculo.

A todos os outros professores do curso por contribuírem na minha formação.

Por fim, a todas as pessoas que agiram mesmo que de forma indireta, nesta minha caminhada.

FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RESUMO

Os impactos ambientais gerados pelas indústrias, são resultado das etapas de produção de um produto, sua utilização e seu descarte final. Muitos impactos ambientais poderiam ser evitados se fossem adotadas estratégias adequadas para a redução e reaproveitamento de rejeitos de certos produtos. O presente trabalho apresenta uma estratégia adotada por um laticínio da zona da mata mineira juntamente com a metodologia P+L, que contempla mudanças nos produtos e processos produtivos a fim de reduzir ou eliminar rejeitos, fazendo o uso eficiente dos recursos e matérias primas neste caso em específico, para o reaproveitamento do soro de leite através do processo de secagem, transformando - o em um subproduto de um processo industrial: o soro de leite em pó. Isso se justifica, pois, o soro de leite em pó apresenta uma vantagem econômica significativa para os laticínios que incluem em seus processos a metodologia P+L aplicada com a engenharia de produção, trazendo maior competitividade na cadeia produtiva, investimentos que resultaram em resultados lucrativos e aproveitamento dos resíduos gerados. Evidenciando que, quando a empresa se preocupa com a destinação e reaproveitamento eficaz de seus rejeitos, concretiza a relação dividida entre indústria – meio ambiente, podendo gerar um novo produto com vasta gama de utilização.

Palavras-chave: impactos ambientais; soro de leite; P+L; subproduto.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS DO TRABALHO	9
2.1 Objetivos gerais do trabalho.....	9
2.2.1 Objetivos específicos do trabalho	10
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	10
3.1 Produção de Soro de Leite e o Meio Ambiente.....	10
3.2 Alternativas para o reaproveitamento e valorização do Soro de Leite.....	12
3.3 Processo de fabricação do Soro de Leite em Pó	13
3.3.1 Separação e concentração do Soro.	14
3.3.2 Osmose Reversa (OR).....	14
3.3.3 Evaporação	14
3.3.4 Cristalização	16
3.3.5 Secagem por Atomização	17
3.4 Uso de Soro de Leite em Pó.....	20
3.5 Produção Mais Limpa (P+L)	22
4. METODOLOGIA	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6. CONCLUSÃO	27
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais são resultado das etapas de produção de um produto, sua utilização e seu descarte final. Muitos impactos ambientais poderiam ser evitados se fossem adotadas estratégias adequadas para a redução e reaproveitamento de rejeitos de certos produtos. Adotar métodos e práticas de gestão ambiental é importante para uma empresa por diversos motivos. Primeiramente por associar a imagem da organização à preservação ambiental, melhorando no mercado e na opinião pública a imagem das marcas de seus produtos. Outro fator importante de ser observado é com relação às empresas que conseguem reduzir seus custos, evitando desperdícios e reutilizando materiais que antes eram descartados. Devemos ressaltar que a política ambiental é um ponto importante para o sucesso e comprometimento da empresa, pois além de cumprir a lei, firma também sua boa imagem para seus consumidores.

As práticas ambientais são vistas, segundo Guimarães (2006), como parte das responsabilidades sociais das empresas, e têm se tornado uma questão de estratégia competitiva, marketing de finanças, relações humanas, eficiência operacional e desenvolvimento de produtos.

Valle (1995) afirma que, os resíduos industriais representam na maioria dos casos, perdas de matérias prima e insumos.

O soro do leite é considerado um resíduo perigoso ao meio ambiente, pois se for descartado incorretamente é responsável por sérios danos ambientais, principalmente em meios aquáticos, devido à sua grande carga orgânica e alta demanda de oxigênio na sua decomposição (NUNES et al., 2018)

Nunes et al. (2018), descreve que os primeiros estudos acerca das utilizações do soro de leite datam de meados da década de 70, e já naquela época os estudos caracterizavam o soro como agente altamente poluidor, no entanto, ainda hoje busca-se implementar métodos com alternativas de aplicações para este subproduto. Reis (2019), complementa que a necessidade de desenvolver novos produtos, especialmente utilizando subprodutos de outros processos, é algo que já vem sendo estudado amplamente, pois o objetivo principal é evitar toda forma de desperdício, assim podendo otimizar processos atuais.

A responsabilidade com a gestão ambiental exige o envolvimento da empresa como um todo, deve ser disseminada para todos os setores, seja a área operacional, administração, compras, projetos, serviços gerais etc.

Quando a organização enxerga as questões ambientais como uma questão fundamental para o desenvolvimento de oportunidades, soluções criativas começam a surgir, processos são melhores explorados, por exemplo, o aproveitamento de rejeitos (que no caso vamos falar em específico sobre o soro de leite), substituição de insumos, eliminação de perdas nos processos, reciclagem, redução do consumo de energia, redução da geração de resíduos, mudanças tecnológicas etc. A introdução de novas formas de reaproveitamento representa redução de custos. Através do sistema de gestão ambiental a empresa adquire uma visão estratégica em relação ao meio ambiente deixando de agir em função apenas dos riscos, passando a perceber também, oportunidades.

2. OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho visa apresentar uma alternativa estratégica para o reaproveitamento do soro de leite através do processo de secagem, transformando - o em subproduto de processo industrial: o soro de leite em pó.

Este projeto, especificamente, tem o objetivo de minimizar o desperdício e reduzir os impactos ambientais que as indústrias de laticínios causam com o descarte de soro de leite. Será apresentado uma solução favorável e viável, levando em consideração às condições de processamento da planta industrial e os objetivos da empresa onde foi feito o estudo de caso apresentado posteriormente, onde foi a mesma foi referenciada para o estudo em questão para o direcionamento deste subproduto.

2.1 Objetivos gerais do trabalho

O objetivo geral deste trabalho é apresentar a eficiência da Produção + Limpa na indústria de lácteos como forma de reaproveitamento de resíduos, na criação de um coproduto, em específico o soro de leite em pó.

2.2.1 Objetivos específicos do trabalho

Como objetivos específicos deste trabalho pretende-se:

- Enfatizar a produção de soro e suas propriedades de reaproveitamento.
- Apresentar uma alternativa para reduzir e direcionar resíduos que podem ser reaproveitados nos laticínios, amenizando desta forma os danos ambientais com o descarte indevido dos rejeitos, em específico o soro de leite;
- Contextualizar a metodologia P+L sua importância nas indústrias;
- Quantificar a diversidade da geração de coprodutos obtidos em função dos processos produtivos na fabricação do soro de leite em pó;
- Exemplificar uma estratégia adotada por uma empresa que envolve aspectos relacionados em termos ecologicamente sustentáveis, que sejam benéficos para a relação: indústria – meio ambiente, gerando um novo produto com alta gama de utilização.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Produção de Soro de Leite e o Meio Ambiente

O soro de leite consiste em um subproduto lácteo originado em grande escala nas indústrias de laticínios, ele é extraído no processo de coagulação do leite na produção de queijos e seus derivados. A alta demanda de produção de queijos nos últimos anos, acarretou um volume excessivo e contínuo de soro, que é um grande poluente agressivo à natureza, causando altos impactos ao meio ambiente, sendo prejudicial para a fauna e flora devido à sua demanda bioquímica de oxigênio (DBO) que é de 10 a 100 vezes maior comparada ao esgoto doméstico (MOREIRA et al., 2010; PAULA et al., 2011).

Se este fluído não for tratado da forma devida, acarretará em várias implicações, pois apresenta altíssima demanda biológica de oxigênio dito anteriormente, o que acarretará em vários custos de tratamentos para descarte, devido a implementação das leis de proteção ao meio ambiente.

O soro apresenta uma característica de ser extremamente poluente, ou seja, se forem lançados como efluentes no meio ambiente 50.000 litros de soro, este volume equivale a um esgoto de uma cidade de 25.000 habitantes.

Além da demanda de oxigênio, o soro de leite se caracteriza por altas porcentagens de sais minerais tais como o cloreto de sódio (NaCl), cloreto de potássio (KCl) e sais de cálcio provenientes do processamento de queijos, originando assim uma contaminação inorgânica se for lançado ao descarte a qualquer modo. Por essa maneira, o soro se for lançado em corpos d'água, pode causar um excesso de consumo de oxigênio das águas, levando a impermeabilização, eutrofização e à toxidez dos corpos receptores (PAN et al., 2011; PRAZERES; CARVALHO; RIVAS, 2012).

Métodos de tratamento físico químico e processos biológicos aeróbicos podem ser utilizados para o tratamento deste tipo de efluente, afim de ser descartado na natureza, mas financeiramente requer um certo investimento para as indústrias de lácteos, não sendo viável em termos produtivos, lucrativos e financeiros, apresentando também elevado gasto energético para as instalações de tratamento aeróbico (SPACHOS; STAMATIS, 2011).

Uma empresa sustentável que se propõe a estar diretamente ligada ao desenvolvimento econômico com a preocupação em não atingir de forma agressiva o meio ambiente usando recursos de forma inteligente e eficaz, age de forma inevitável para sempre continuar garantindo o desenvolvimento sustentável e a boa relação entre indústria e meio ambiente na percepção dos clientes afim de ter uma boa imagem para a organização.

Um grande desafio que o ambiente industrial tende a resolver é o destino final do soro de leite, pois é inviável e proibido lançá-lo ao meio ambiente sem causar sérios prejuízos e agressões ao ecossistema. Por outro lado, quando tratado e destinado ao sistema de tratamento de efluentes, ocasiona vários problemas no processo de operação para o tratamento, sem levar em conta a alta demanda em investimentos e os gastos com este processo de tratamento dos efluentes.

Levando em consideração esses paradigmas, a indústria láctea vem sendo pressionada economicamente e ambientalmente na busca de processos que possam aproveitar e recuperar os resíduos lácteos. É feito toda uma análise e estudos afim de analisar e redescobrir opções de industrialização e reaproveitamento deste fluído, visando implementar ações estratégicas que sejam viáveis e que beneficiasse tanto a indústria quanto o meio ambiente.

3.2 Alternativas para o reaproveitamento e valorização do Soro de Leite

Hoje em dia com estudos e avanços tecnológicos, o aproveitamento do soro é possível com base no descobrimento de suas funcionalidades e propriedades nutricionais, o que possibilitou seu reaproveitamento.

Nos outros países, como Estados Unidos e Irlanda, a proporção da utilização de soro para a geração de novos subprodutos que sejam matérias primas para outros alimentos, pode chegar até em 100% do volume total produzido pela indústria de lácteos (BIEGER; LIMA, 2008). Em comparação, no Brasil convivemos com esta problemática em buscar meios alternativos para solucionar ou amenizar estes danos com relação ao descarte indevido e também na busca de gerar menos desperdícios de materiais reaproveitando-os.

O alto valor nutritivo do soro e seus benefícios foram fatores que levaram ao não desperdício e a criação de estratégias, com foco em ações que minimizem seu descarte na natureza, considerando que o mesmo apresenta relativa importância na indústria de lácteos devido ao alto volume gerado na produção de derivados do leite, e também pelo valor agregado de produção, considerando sua rica e composta composição nutricional.

Em relação às suas fases, componentes extraídos e estados físicos, fazendo uma associação com o uso de tecnologias envolvidas no processo produtivo e suas aplicações mais utilizadas, o soro de leite tem sua valorização atuando na função de matéria prima de novos produtos, sendo que seu aproveitamento pode ser usado na alimentação humana, na geração de energia, e ao reuso na agricultura.

Com relação aos tipos de soro encontrados e extraídos dos variados processos, o soro doce, quanto o soro ácido podem ser utilizados como substrato na geração de energia ou biocombustíveis e receber tratamento químico para reutilização na agricultura (LIN et al., 2014).

O soro doce, que será o alvo de estudo discutido neste estudo em questão, é o que possui maior aplicabilidade industrial, ele pode ser aproveitado em estado líquido diretamente, na produção de bebidas lácteas mais usada comumente entre os laticínios. Pode ser passado no processo de condensação, onde será submetido à processos a fim de ficar mais concentrado para ser utilizado na fabricação de queijos frescos, entre eles a ricota ou cottage, e também pode ser usado no fornecimento direto para alimentação a animal.

Quanto ao soro na condição em pó, temos variadas vantagens do uso do mesmo. Suas aplicabilidades variam e aumentam significativamente o valor agregado do produto, tanto em termos financeiros quanto em termos de utilização em variados meios.

Na tabela 1 é demonstrado uma estimativa das principais formas de aproveitamento do soro de leite, seus custos operacionais e o valor de mercados dos coprodutos reaproveitados a partir do soro.

Produto	Custos operacionais	Valor de mercado	Referência
Ricota	R\$ (0,90 a 3,79)/kg	R\$ 12,00/kg	PORTO et al., 2005; CARLI et al. 2012.
Bebida láctea	R\$ 0,75/L	R\$ 1,40/L	MADERI et al., 2014.
Soro em pó	—*	R\$ (4,50 a 10,00)/kg	MFRURAL, 2015.
Ração animal	R\$ 0,01/L	R\$ 0,00/L	COSTA et al., 2010.

Tabela 1. Custos operacionais e valor de mercados dos principais produtos de aproveitamento do soro.

*sem dados precisos, o custo varia de acordo com a indústria e seus processos operacionais onde é fabricado.

3.3 Processo de fabricação do Soro de Leite em Pó

Segundo Robinson (1986), o soro pode ser classificado conforme seu grau de acidez, em soro doce apresentando acidez titulável de 0,10% a 0,20% e com valores de pH (*potencial hidrogeniônico – concentração de íons de hidrogênio em uma substância*) entre 5,80 a 6,60, soro de acidez média com 0,20% a 0,40% de acidez titulável, com valores de pH entre 5,0 a 5,8 e por fim o soro ácido, com acidez titulável maior que 0,40% e valores de pH menores que 5,0. Em geral, soros produzidos de queijos coagulados por renina, um tipo de coalho usado na produção de queijos, apresentam baixos níveis de acidez, sendo assim soro doce.

O soro em seu estado líquido, será direcionado para outra repartição da indústria, onde será submetido a várias modificações e estados de tratamentos térmicos, afim de ser processado para chegar ao estado final de processamento: o soro de leite em pó, com destinação para ser comercializado ou até mesmo servir de ingrediente/matéria-prima para a própria indústria fabricante, sendo utilizado como insumo em outro processo na fabricação de produtos com procedência láctea.

O processo de secagem do soro é uma forma de obter um produto em pó com baixo teor de água e alta qualidade nutricional e funcional.

3.3.1 Separação e concentração do Soro.

À água presente no soro, será separada dos demais componentes e nutrientes da substância, por vários métodos entre eles: Osmose reversa; Evaporação; cristalização e Atomização.

3.3.2 Osmose Reversa (OR)

Na indústria láctea, a osmose reversa é usada como uma técnica de concentração do fluido. O processo de osmose nos últimos tempos vem sendo utilizado para concentrar vários líquidos tais como: sucos de fruta, sucos vegetais, leite, soro, entre outros líquidos.

Em específico, falaremos excepcionalmente do soro de leite, onde o mesmo sofre uma pressão superatmósferica contra uma membrana, onde a água do líquido (soro) passa sobre a membrana e os resíduos do soro que já aparentemente fica com aspecto concentrado escoam paralelo a membrana. As membranas utilizadas para filtração por OR, podem ser de vários materiais, entre eles podemos citar o acetato de celulose, sendo que essa membrana é a mais desenvolvida e tem vasta disponibilidade comercialmente (TOLEDO, 1984).

O sistema OR deixa o soro com um generoso grau de concentração para a seguinte etapa que será a evaporação.

3.3.3 Evaporação

A evaporação consiste na remoção dos percentuais de água do soro afim de torná-lo concentrado para a próxima etapa de processamento. O processo de evaporação ocorre após o comprimento da OR, afim de concentrar o soro a cerca de 50% de sólidos (KENNEDY, 1985). Nesta fase o soro fica com aspecto grosso e pastoso.

O principal processo de evaporação empregado usualmente nas indústrias lácteas, é o de recompressão mecânica de vapores (MVR), onde é utilizado um evaporador do tipo multi-estágios (ROBISON, 1986). Onde termo compressores permitem comprimir termo quimicamente os vapores, onde um condensador absorve os vapores que não são de proveitos no processo (ANTUNES & GOMES, 1990).

No decorrer do processo de evaporação, o soro já pré-concentrado e evaporado, é enviado simultaneamente para o tanque de armazenamento, onde passará para a outra fase, a de cristalização, antes de ser levado para o processo da secagem.

Na figura 1 abaixo podemos ver um exemplo de um evaporador MVR (recompressão mecânica de vapor).



Figura1. Evaporador MVR - fabricante: Tetra Pak
Fonte: tetrapak.com

3.3.4 Cristalização

O processo de cristalização baseia-se na formação de partículas sólidas de um soluto (neste caso específico, o soro de leite) em uma solução homogênea com a presença das partículas dos cristais formados.

Segundo Keller e Chemminian (2007), para a fabricação de soro em pó deve-se realizar a cristalização da lactose, produzindo pequenos cristais pelo mecanismo da nucleação espontânea, devido à concentração das propriedades físicas do soro no evaporador, acompanhado do resfriamento e sendo levado aos tanques cristalizadores.

A cristalização do soro concentrado, ocorrerá mediante a adição de núcleos de cristalização, através da lactose microcristalina que é estabelecida em condições de temperatura (entre 15 e 30°C) e agitação controlada (KNIPSCHILDT; ANDERSEN, 1994). A taxa de crescimento dos cristais de lactose aumenta de acordo com o aumento do grau de supersaturação, gerado pelo aumento do teor de sólidos no soro de leite. É necessário o monitoramento da viscosidade do soro, se a mesma estiver com viscosidade excessiva, pode diminuir a velocidade de crescimento dos cristais devido à diminuição da mobilidade dos cristais (THURLBY, 1976).

Importante ressaltar que é necessário antes do processo da secagem iniciar, o soro precisa ficar no tanque de cristalização no mínimo 2 horas, tempo este necessário para formação dos cristais da lactose. Assim, o produto estará em condições propícias para a próxima etapa de processamento, a secagem.

Na figura 2 abaixo, podemos ver em primeiro, o soro evaporado iniciando o processo de cristalização, e logo em seguida o soro já cristalizado pronto para ser levado à secagem.



3.3.5 Secagem por Atomização

A secagem por atomização, é o princípio do processo de secagem por spray-drying. Atualmente é o método mais utilizado, operando com um atomizador de disco rotativo, sendo simples, rápido e com produção de produtos não granulados, ou seja, fazendo com que o soro em pó não saia da câmara de secagem empedrado.

O soro já cristalizado na forma líquida concentrada, é injetado no interior da câmara de secagem por meio do atomizador, que pulveriza o soro com temperatura entre 15 a 30°C no interior da câmara de secagem formando uma névoa de gotículas de soro projetadas pelo bico pulverizador com aproximadamente 40 a 80 milimicra de diâmetro, que entram em contato com a corrente de ar quente do disco rotativo da câmara com aproximadamente 200°C fazendo com que as moléculas de água sejam rapidamente removidas do interior das gotículas projetadas do soro, tornando o material desidratado particulado priorizando a mínima degradação do produto já transformado em pó.

O ar quente e a umidade do produto final em pó são removidos da câmara de secagem através de um sistema de pressão ou sucção (ROBINSON, 1986). O produto em pó após passar pelos equipamentos e processos, sai com temperatura entre 30 a 40°C e com teor de umidade entre 2% a 10%. Parâmetros estes que são monitorados e ajustados minuciosamente em uma sala de controle por operadores.

O controle e ajuste fino dos parâmetros do atomizador, permite a flexibilização do seu uso, tornando a secagem por atomização um dos mais versáteis e flexíveis sistemas de secagem do mercado atualmente, possibilitando a obtenção de um produto final de excelente qualidade.

O soro em pó já desce da planta de secagem através das tubulações, onde é ensacado, pesado de acordo com as necessidades e especificações da empresa, embalado, onde a embalagem deve ser extremamente impermeável, apresentando duas camadas: sendo a primeira internamente composta de polietileno e a segunda camada exterior composta de papel kraft multifolhado. Em seguida o saco é costurado, passado em uma esteira onde tem um detector de metais afim de garantir a não presença de corpos estranhos no produto final, garantindo a segurança do consumidor. Logo em seguida os sacos são armazenados em pallets e guardados em ambientes secos, abrigados da luz solar e umidade, em temperatura ambiente e sem contato direto ao calor excessivo. Desta forma temos o produto final em perfeita condição para utilização própria da indústria ou comercialização do produto.

Usualmente todas estas etapas desde a pesagem até a armazenagem do soro em pó é feita de forma manual, devido ao alto custo das automatizações industriais.

Nas figuras 3,4 e 5 abaixo, podemos ver o esboço e o princípio de funcionamento da planta de secagem do soro por Atomização.



Figura 3. Processo de secagem por atomização.

Fonte: SPRAY PROCESS – Fabricação de Secadores Spray Dryershttps.

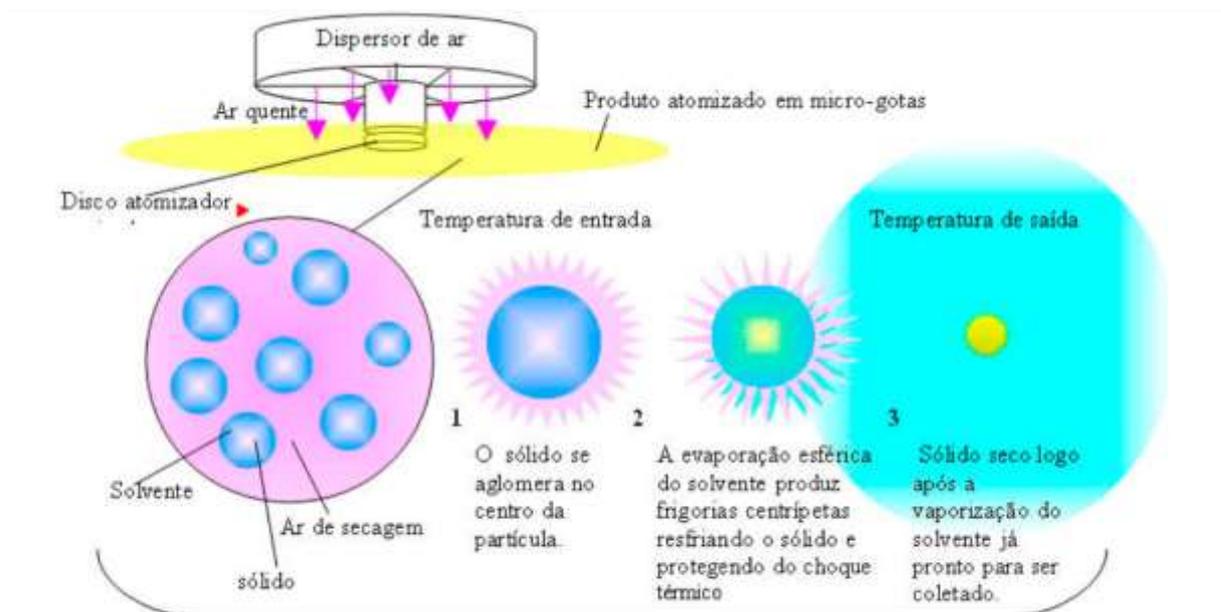


Figura 4. Princípio de funcionamento de secagem por atomização.

Fonte: SPRAY PROCESS – Fabricação de Secadores Spray Dryershttps.

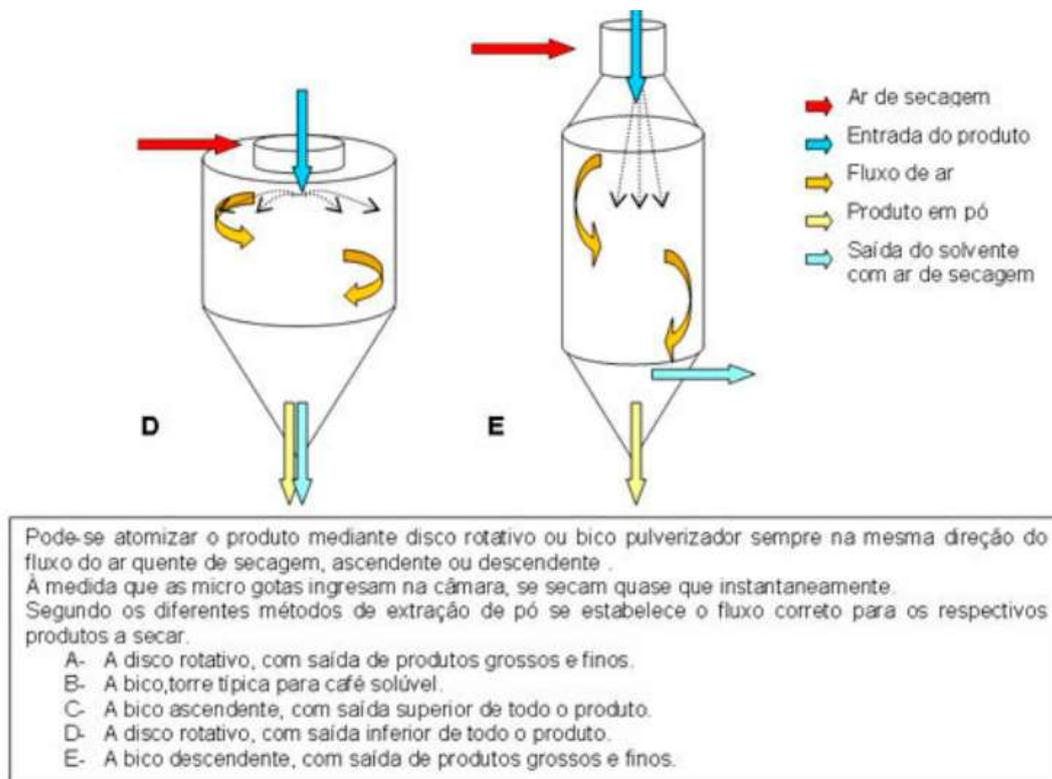


Figura 5. Representação gráfica do processo de secagem dentro da câmara.

Fonte: SPRAY PROCESS – Fabricação de Secadores Spray Dryers <https://>

Um dos gargalos presentes na secagem do soro por atomização, é que o produto em pó é altamente higroscópico, o que acarreta em agregações de suas partículas durante a secagem e posteriormente também no seu armazenamento.

Este fenômeno, conhecido como empedramento, ocorre devido à alta concentração de lactose no produto.

Para solucionar esta condição fisiológica, a lactose presente no soro precisa ser cristalizada, (etapa muito importante para que o processo de secagem ocorra com eficiência) antes do soro entrar na torre de secagem, explicado no tópico anterior.

Desta forma, a lactose cristalizada não interfere na higroscopicidade (capacidade de o soro em pó absorver umidade do ar) do produto acabado: o soro de leite em pó.

3.4 Uso de Soro de Leite em Pó

Graças aos avanços tecnológicos, o soro de leite em pó vem se tornando um subproduto de valor agregado para a indústria láctea, atuando como um ingrediente rico em valores nutricionais tanto para a alimentação humana, tanto para a alimentação animal.

Inúmeras pesquisas foram e são feitas hoje em dia, juntamente com estudos e testes práticos afim de aprimorar a aplicabilidade do soro de leite em pó, com objetivos de comprovar e extrair ao máximo suas características e nutrientes para serem usados na fabricação de outros produtos tanto para alimentação humana, tanto para a alimentação animal

De acordo com Mascarelo (2019), existe uma vasta possibilidade de implantações para o soro de leite em pó, tendo seu uso em diversas áreas alimentícias, como por exemplo na fabricação de bebidas lácteas, biscoitos, chocolates, massas, concentrados de whey entre outros..., são utilizados também na suplementação animal, na indústria farmacêutica, dentre outras aplicações inovadoras que vem sendo descobertas e estudadas constantemente, na busca para a melhor utilização e aplicabilidade deste subproduto valioso, rico em propriedades nutricionais.

Na área farmacêutica, o soro tem tido um papel de destaque, uma vez que, segundo (SOUZA, 2019) o soro se destaca às aplicações na composição de produtos farmacêuticos, devido às suas fontes de peptídeos bioativos, que são responsáveis por diversos efeitos benéficos à fisiologia humana, tendo uma boa função antioxidante. Segundo Mascarello et al. (2019), existem pesquisas que expõem o potencial hipocolesterolêmico do soro de leite, que é a capacidade de redução dos níveis séricos e hepáticos de colesterol total em indivíduos. Essa característica, é explicada pelos fosfolipídios presentes no soro, que atuam na via da síntese e na absorção intestinal do colesterol, diminuindo assim seus níveis na corrente sanguínea.

As proteínas do soro possuem propriedades funcionais proveitosas para serem utilizadas em produtos alimentícios para humanos e animais. Inúmeras pesquisas demonstram as propriedades nutricionais das proteínas solúveis do soro de leite conhecidas também como *whey protein* (HARAGUCHI et al., 2006). Este concentrado de soro de leite em pó, contém cerca de 30% a 80% de proteínas, que são utilizadas para enriquecimento de alimentos usados para suplementação alimentar, que são compostos nas bebidas proteicas esportivas.

Segundo Pereira (2019), bebidas lácteas que contêm a mistura de soro de leite com outros produtos lácteos, representam cerca de um terço do mercado de fermentados, devido à sua funcionalidade com relação à síntese proteica muscular, representando grande importância na área de nutrição clínica, no quesito da saciedade para aquelas pessoas que já são e as que vem optando pela mudança no estilo de vida mais saudável, devido à sua praticidade de preparo para o consumo.

Além de aplicações em bebidas lácteas, na tabela 2 podemos ver outras aplicabilidades na indústria de alimentos onde o soro de leite em pó pode ser utilizado como ingrediente, levando em consideração suas características funcionais.

Tabela 2. Exemplos de aplicabilidade do soro em pó em alimentos, de acordo com as propriedades funcionais.

Propriedade Funcional	Setor Alimentar	Percentual de proteína	Aplicações
Viscosidade	Sobremesa	35	Chocolates, nougat, barras de cereais, marshmallow.
Solubilidade, estabilidade coloidal	Bebidas	35	Bebidas fortificadas com proteína, bebidas isotônicas, chás, sucos, iogurtes, bebidas substituintes de refeições.
Emulsificação	Sopas, alimentos infantil	85	Sopas com zero gordura, molhos para saladas, queijos fundidos.
Formação de espumas	Confeitaria	35	Glacê, chantilly, creme de leite UHT.
Gelificação	Produtos lácteos	65	logurte, sorvete
Elasticidade	Panificação	65	Bolos, cookies, pães, biscoitos, waffles.
Absorção de água e gordura	Produtos de carne	85	Salsicha, nuggets, embutidos, bife de hambúrguer.

Fonte: Adaptado de ALVES et al., 2014

De acordo com Gajo (2016), o alto valor nutricional do soro de leite em pó, pode substituir o leite em pó em diversos alimentos industrializados e processados, apresentando desta forma uma principal vantagem muito significativa em termos de custo de produção para a indústria, gerando um custo inferior em relação ao leite em pó no processo de fabricação do mesmo, proporcionado assim ganhos e eficiência às indústrias produtoras sem diminuir principalmente à qualidade dos produtos.

3.5 Produção Mais Limpa (P+L)

A Produção Mais Limpa é vista no ambiente industrial como uma prática contínua e integrada aos processos, visando o cuidado e envolvimento da organização com a estratégia ambiental, afim de aumentar a eficiência e reduzir os riscos à saúde humana e os danos ao meio ambiente.

Essa prática requer a mudança de atitude nas organizações industriais, que atualmente vem demonstrando interesse em buscar práticas produtivas mais sustentáveis com a promoção da P+L.

As práticas de P+L contemplam mudanças nos produtos e processos produtivos a fim de reduzir ou eliminar rejeitos, fazendo o uso eficiente dos recursos e matérias primas.

A P+L busca direcionar a redução nos impactos negativos do ciclo de vida dos materiais, desde a extração e chegada da matéria prima, até a disposição final dos produtos. Em relação aos processos produtivos, pode-se observar a economia de matéria prima para fabricação de alguns produtos, a eliminação do uso de materiais tóxicos e a redução dos resíduos poluentes que exigem tratamentos de descarte financeiramente desfavoráveis.

Uma das atitudes básicas dessa metodologia é a alternativa de reciclagem, ou seja, o aproveitamento das “sobras” ou do próprio produto para a geração de novos coprodutos, que excepcionalmente será o alvo a ser exposto neste estudo apresentado.

A intenção da P+L não tem alta complexidade de implementação, sendo simples e direta. Visando minimizar os desperdícios e emissões pela eliminação de causas que sejam ineficientes, criando novos produtos, subprodutos, processos e serviços, tratando-os depois que estes forem implantados (VAN BERKEL,2006). Desta forma, as condições favoráveis aos negócios e processos produtivos resultantes de ações de reaproveitamentos estratégicos, investimentos e tecnologias, criam um cenário promissor para as empresas, ampliando a rentabilidade e produção respeitando o meio ambiente.

A imagem da organização, em termos ambientais, mediante aos seus consumidores e órgãos fiscalizadores pode ser aprimorada mediante registros, ações e implantações de processos do programa de P+L.

4. METODOLOGIA

4.1 Levantamento Bibliográfico

O levantamento teórico necessário para o desenvolvimento do estudo foi construído por meio de leitura e pesquisa de diversos textos, sejam em livros, artigos, dissertações e revistas científicas (alguns citados nas referências bibliográficas) relacionados ao assunto do trabalho e também foram obtidos alguns embasamentos teóricos nas matérias de estudo e anotações da própria aluna, a autora do estudo de caso em questão.

Foi utilizado para enriquecimento de conteúdo e aprofundamento sobre o assunto pesquisas de artigos e projetos nas ferramentas de buscas virtuais tais como o Scielo, Google Scholar e revistas online voltadas para a engenharia de produção e indústrias de lácteos, ramo onde a graduanda trabalha até o momento.

Com isso a aluna pôde-se aprofundar, absorvendo mais conhecimentos sobre o assunto afim de identificar os pontos relevantes, e conceitos importantes para o desenvolvimento do projeto.

4.2 Estudo de caso

Inicialmente, foi realizado o embasamento e enriquecimento teórico e bibliográfico dos temas tratados, através das fontes de pesquisa citadas.

Após a compreensão e análises dos dados originados das pesquisas, será abordada a implicação ambiental do soro de leite, sua forma de reaproveitamento, e alternativas de valorização do subproduto.

Para um estudo prático e dinâmico afim de ter um embasamento analítico, foi realizada uma parceria no local de trabalho da aluna, onde a mesma atua no setor de SGQ (Sistema de Gestão da Qualidade) em um Laticínio, localizado na zona da mata mineira, onde a mesma vem ocupando o cargo de Analista de Laboratório.

Faz parte da rotina diária de trabalho da estudante o acompanhamento físico-químico do soro, desde o seu recebimento na planta, ainda no estado líquido, até passar para as outras etapas até chegar ao subproduto final, o soro de leite em pó. Desta forma, foi possível identificar as ações e estratégias aplicadas pela organização com a implantação de uma Produção Mais Limpa

(P+L), que visa ações de impactos ambientais, redução de custos a longo prazo e aspectos econômicos desenvolvidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a visita a empresa, foi possível analisar na prática como é complexo todo o processo de transformação do soro de leite em seu estado líquido até seu processamento final: a secagem.

O processo de secagem requer equipamentos que precisam de certo investimento para serem adquiridos, necessita de manutenções periódicas como qualquer outro equipamento, em contrapartida o lucro com a venda ou utilização interna do soro em pó, compensará futuramente estes gastos.

Transformar este material em um coproduto ao invés de tratá-lo e descartá-lo nos rios foi escolha da própria empresa, pois a mesma já tinha estudado com seu time de gestores, investidores e sócios acionistas, as vastas possibilidades de ações que poderiam ser feitas. Mediante aprovação dos membros majoritários, foi criado o planejamento que visava a construção da planta industrial de secagem e o investimento já reservado para esta ação de reaproveitamento, ou seja, a secagem para a fabricação do soro de leite em pó.

Foi de proveito e feito planejamento estratégico pela empresa estudada, utilizar esta produção de transformação de rejeitos de soro juntamente com a metodologia P+L, pois a mesma desde sua construção já tinha em mente o capital de investimento para a criação da planta de secagem. Vários motivos levaram a organização integrar este novo processamento de rejeitos de soro, entre eles são:

- A demanda de soro líquido que a empresa tem de cobrir é bem significativa, e não compensaria o processo de tratamento para descarte.
- A demanda e venda de mercado do soro em pó é significativamente relevante para as indústrias.
- A organização conta com outras unidades produtoras de lácteos, sendo mais duas em Minas Gerais, uma no Espírito Santo e outra no Rio de Janeiro. Juntamente, estas unidades contam com processamento diário de mais de 1 milhão de litros de leite por dia, e conseqüentemente, resulta em grande demanda de soro líquido no final dos processos. Sendo assim, as filiais também apresentam volumes significativos de soro afim de serem

transformados no processo de secagem. As unidades enviam este soro em carretas, sejam elas terceirizadas ou da própria organização, no estado líquido para serem processados em pó na unidade matriz de Ponte Nova – MG, onde foi feito o estudo de caso.

- Para a empresa não seria viável economicamente adotar em todas as unidades produtoras, as ações de tratamento e descarte ecologicamente correto de soro no meio ambiente. Como dito anteriormente, este processo de tratamento biológico não é barato, e para a empresa adotar o tratamento em cada unidade ficaria financeiramente caro.
- A empresa já entendia das ações da P+L e assim foi de fácil entendimento a criação deste novo processo de criação do subproduto: o soro em Pó.
- Outro aspecto bem importante, a unidade de Ponte Nova – MG processadora do subproduto, fabrica em sua gama de produtos, bebidas lácteas e cremes de ricota, produtos este que podem ser acondicionados o soro de leite em pó que a mesma produz. Esta utilização do soro em pó na fabricação de outros produtos age de forma eficiente nos processos, pois a empresa não precisa comprar este insumo, gastando com fornecedores e transportadoras. Em termos logísticos é eficiente, pois se trata da mesma planta industrial produtora dos produtos e do subproduto que é utilizado como insumo.
- Além de utilização interna, a unidade também faz a comercialização do soro em pó, onde a demanda é bem proveitosa. Sendo que esta comercialização tem participação significativa nos lucros da empresa.

Com a implantação da metodologia P+L, a empresa pode estudar a fundo o processo produtivo, através da elaboração e monitoramentos de fluxogramas, indicadores ambientais, implantação de programas educacionais para a conscientização de uso racional dos recursos naturais e da proteção do meio ambiente. A organização começou a acompanhar e seguir ações para racionalização do número de partidas e paradas requeridas em operações geradoras de efluentes. Otimizou o fluxo de processos industriais através do sequenciamento de atividades relacionados ao processamento do soro.

Os retornos da implementação do processamento deste subproduto mediante a P+L, podem ser exemplificados pelos aspectos relacionados a:

- Avaliação monetária das perdas, antes das implantações discutidas anteriormente.
- Análise de retorno de investimento para gestão ambiental e industrial.
- Redução de desperdícios;
- Redução de custos no consumo de insumos;

- Menor carga orgânica de rejeitos (menor custo de tratamento);
- Redução nos custos de operação, juntamente com a carga orgânica de tratamentos voltados aos efluentes;

Na figura 6 abaixo segue uma breve exemplificação das ações metodológicas que a empresa conduz em seu processo industrial.



Figura 6. Representação do processo de reaproveitamento de resíduos.

Fonte: ROCCA, A. C. (1993).

A empresa ainda se destacou, tendo reconhecimento em suas boas práticas de mercado para garantir a qualidade e segurança de produção em sua planta industrial, responsável pela fabricação do soro em pó. Conseguindo uma certificação importante que gera reconhecimento para a mesma. Sendo esta, a norma FSSC 22000 (Certificação de Sistema de Segurança Alimentar), que estabelece as regras para uma gestão de segurança de alimentos de origem animal, importante instrumento para os consumidores e produtores. A norma conta com especificações técnicas, ferramentas para implementar um sistema de segurança em toda cadeia produtiva e alimentar, faz também com que a organização tenha o objetivo de sempre otimizar e controlar qualquer perigo, garantindo assim que o alimento chegue seguro para o consumo humano.

6. CONCLUSÃO

Nos últimos anos, tem tido uma constante preocupação por parte das indústrias lácteas em minimizar os impactos ambientais gerados. As ações de descarte adequado dos resíduos têm tido grande oportunidade para a criação de novas alternativas, afim de obter a redução e reaproveitamento de rejeitos, bem como o reaproveitamento dos mesmos com a criação de subprodutos através de novos processos industriais de fabricação.

A empresa estudada neste trabalho optou por uma adoção de um novo processo industrial juntamente com a metodologia P+L e suas especificidades, tendo em vista os aspectos ambientais, as mudanças na forma de processamento das indústrias, afim de ir melhorando constantemente o manuseio dos resíduos, neste caso o soro. Com a metodologia P+L, houve a mudança de atitude da empresa, mediante suas ações industriais, onde atualmente a mesma vem demonstrando interesse e constância em buscar diariamente práticas produtivas mais sustentáveis com a promoção da P+L.

A alta demanda da produção de lácteos vem acarretando em grandes volumes de soro. Onde se abre uma vasta gama de aproveitamento deste produto em variados campos de utilização, seja na área alimentícia (humana e animal), e até mesmo na área farmacêutica.

O estudo realizado enfatizou e descreveu as possíveis utilizações de estratégias juntamente voltadas para as ações da P+L, tendo em foco estrategicamente ações e procedimentos para o reprocessamento e secagem do soro de leite, criando um subproduto: o soro de leite em pó, fabricado em uma indústria da zona da mata mineira.

Podemos ver que o soro de leite tem grande potencial poluidor se não for tratado e manipulado de forma correta, tendo em vista que o mesmo não precisa ser um gargalo para as indústrias de lácteos em relação ao seu alto custo de tratamento para descarte nos leitos.

Com a devida destinação, processamentos produtivos, planejamentos e investimentos que geram significativos retornos, não só financeiros, mas também ecológicos e sociais, tanto especificamente para a organização estudada neste trabalho, entre outras indústrias que optaram por este mesmo processo estratégico de geração de subprodutos.

Tendo em vista que, quando o soro passa pelo reprocessamento sendo assim transformado em pó, interligado com a eficiência das implantações e ações da P+L, podemos

ver a criação de um subproduto com grande potencial de utilização em variadas áreas e com alta demanda de comercialização, devido à sua valorização comercial.

Vale ressaltar que o processo de secagem do soro já tinha sido estudado e aprovado sua implementação mediante a situação e demanda que a empresa do estudo de caso tem com relação ao volume produzido de rejeito de soro, pois este processo de transformação do soro líquido para o soro em pó, não é um processo de simples instalação e monitoramento, tendo manutenções periódicas a serem feitas em toda a planta industrial de secagem.

É necessário que, para estas adições de novas estratégias e reprocessamentos, cada empresa tende a estudar e ilustrar suas limitações de espaço, condições financeiras de investimento, metas a serem alcançadas e demanda dos produtos que tem em produção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, L.A.F.; GOMEZ, R.J.H.C. Soro: Perspectiva de uso industrial. Londrina: UEL, 1990. **Apostila mimeografada da disciplina Ciência e Tecnologia do leite e derivados**. 54p.

BIEGER, A.; LIMA, J. Empresa e desenvolvimento sustentável: um estudo de caso da Sooro. **Revista FAE Curitiba**, v.11, n.2, p.59-67, 2008.

CARLI, B. S.; MARCELLO, I. E.; GOMES, G.; HEIN, N. Métodos de atribuição de custos conjuntos aplicados ao setor de laticínio: estudo de caso no laticínio Boa Esperança do Iguacu Ltda. **Custos e @gronegocio online**, v. 8, n. 1, 2012

COSTA, R.; FILHO, E.; MEDEIROS, G.; VILLARROEL, A.; CRUZ, S.; SANTOS, E. Substituição do leite de cabra por soro de queijo bovino para cabritos alpinos. **Rev. Bras. Zootec**, v. 39, n. 4, p. 824-830, 2010.

GAJO, Fabiula Ferrarez Silva et al. Diagnóstico da destinação do soro de leite na mesorregião do campo das vertentes–Minas Gerais. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 1, p. 26-37, 2016.

GUIMARÃES, C. **Práticas de gestão ambiental aplicadas em serviços de hotelaria: um estudo de caso**, 2006.

HARAGUCHI, Fabiano Kenji, et al. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, p. 479-488, 2006.

KELLER, K.A.; CHEMMINIAN, R. Pratical considerations for profitable production of lactose and permeate powders. **IDF International Symposium Lactose and its derivates**, Moscou, Russia, maio 2007.

KENNEDY, J.P. Utilization of whey. **Culture Dairy Products Journal.**, v.20, n.1, p13-15, 1985.

KNIPSCHILDT, M.E., ANDERSEN, G.G. In: ROBINSON, R.K., **Advances in Milk Processing, London: Chapmam & Hall**, 1994.v.1.p159-254.

LIN, C. S. K. et al. Current and future trends in food waste valorization for the

production of chemicals, materials and fuels: a global perspective. **Biofuels, Bioprod. Bioref.**, v. 8, p. 686-715, 2014.

MADERI, T. R. **Diagnóstico da gestão integrada em indústrias de laticínios do território de identidade do médio sudoeste**. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-BA, 2014.

MASCARELLO, Andressa de Freitas et al. **Technological and Biological Properties of Buttermilk: A Minireview. In: Whey-Biological Properties and Alternative Uses**. Londres: IntechOpen, 2019.

MOREIRA, R. W. M. et al. Avaliação sensorial e reológica de uma bebida achocolatada elaborada a partir de extrato hidrossolúvel de soja e soro de queijo. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 4, p. 435-438, 2010.

NUNES, Luane Alcântara et al. O soro do leite, seus principais tratamentos e meios de valorização. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 301-326, 2018.

PAN, K.; SONG, Q.; WANG, L.; CAO, B. A study of demineralization of whey by nanofiltration membrane. **Desalination**, v. 267, p. 217-221, 2011.

PAULA, L. DE; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; SOARES, T. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F. Crescimento e nutrição mineral de milho forrageiro em cultivo hidropônico com soro de leite bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.931-939, 2011.

PEREIRA, Giovanna Nathália Oliveira. Desenvolvimento e avaliação de bebida láctea não fermentada adicionada de concentrado protéico de soro de leite (WPC) e sucralose. 2019. 67 **Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural de Pernambuco**, 2019. Disponível em: <https://repository.ufrpe.br/handle/123456789/1394>. Acesso em: jun. 2020.

PORTO, L. M.; SANTOS, R. C.; MIRANDA, T. L. S. Determinação das melhores condições operacionais do processo de produção da ricota. **Bol. Centro Pesqui. Process. Aliment**, v. 23, n. 1, p. 173-182, 2005.

PRAZERES, A. R.; CARVALHO, F.; RIVAS, J.(2012) Cheese whey management: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 110, p.48-68, 2012. <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.018>>

REIS, Rangel Zagheti dos. Desenvolvimento e caracterização de bebida alcoólica fermentada a base de soro de leite. 2019. 46 f. **Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16064>>. Acesso em: maio. 2023.

ROCCA, A. C. (1993). **Resíduos sólidos industriais. São Paulo: CETESB**, 1993. 233 p.

ROBISON, R.K. **Modern dairy Technology. London**, 1986, v.1, 438p.

SOUZA, Renata Silva Cabral et al. Avaliação do potencial antioxidante de proteínas do soro de leite concentradas por ultrafiltração e hidrolisadas por diferentes proteases comerciais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, p. 1-11, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/bjft/v22/1981-6723-bjft-22-e2018021.pdf>>. Acesso em: abr. 2023.

SPACHOS, T.; STAMATIS, A. Thermal analysis and optimization of na anaerobic treatment system of whey. **Renewable Energy**, v.36, p. 2097-2105.

SPRAY PROCESS – Fabricação de Secadores Spray Dryers [https](https://www.sprayprocess.com.br/secagem-por-atomizacao/), 2002. Home>>Especificações Técnicas>> Secagem por Atomização. Disponível em: <https://www.sprayprocess.com.br/secagem-por-atomizacao/>. Acesso em: 18 de nov. de 2023.

TETRA PAK® EVAPORADOR DE FILME DESCENDENTE DE MVR (RECOMPRESSÃO MECÂNICA).

Página inicial>>soluções>>Processamento>>Equipamentos de Processamento>>Evaporação>> Tetra Pak® Evaporador de Filme Descendente de MVR (recompressão mecânica de vapor). Disponível em <https://www.tetrapak.com/pt-br/solutions/processing/main-technology-area/evaporation/tetra-pak-evaporator-mvr/>. Acesso em 20 de nov. de 2023.

THURLBY, J. A; SITNAI, O; Lactose crystallization: investigation of some process alternatives, **J. Food Sci.** 41 (1976) 43–47.

TOLEDO, R.T. Improving fermentation productivity with reverse osmosis. **Food Technology**, v. 38, n. 12, p. 92-96, 1984.

VAN BERKEL, R. Cleaner production and eco-efficiency. In: MARINOVA, D.; ANNANDALE, D.; PHILLIMORE, J. **The International Handbook on Enviromental Technology Management**. Edward Elgar, pp. 67-92, 2006.

VALLE, C. E. (1995). **Qualidade ambiental: como ser competitivo protegendo o meio ambiente: (como se preparar para as normas ISO14000)**. São Paulo: Pioneira, 1995. 117 p.