

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**DENNER DE LIMA GONÇALVES
MATHEUS FELIPE CRIADO MOURA
MATIAS NEGRÃO LOPES
MILENA MARIA DE GODOI
VICTÓRIA DE SOUZA ALIZON**

CABRWHEY

APUCARANA

2023

DENNER DE LIMA GONÇALVES
MATHEUS FELIPE CRIADO MOURA
MATIAS NEGRÃO LOPES
MILENA MARIA DE GODOI
VICTÓRIA DE SOUZA ALIZON

CABRWHEY

Trabalho de conclusão de curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química do Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maraisa Lopes Menezes

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Oliveira Defendi

APUCARANA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

CABRWHEY

Por

DENNER DE LIMA GONÇALVES
MATHEUS FELIPE CRIADO MOURA
MATIAS NEGRÃO LOPES
MILENA MARIA DE GODOI
VICTÓRIA DE SOUZA ALIZON

Monografia apresentada às 10 horas do dia 13 de junho de 2023 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana. Os candidatos foram arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Profa. Maria Carolina Sérgi Gomes	Membro
Profa. Rubiane Ganascim Marques	Membro
Profa. Maraisa Lopes de Menezes	Orientadora



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **MARAISA LOPES DE MENEZES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 14/06/2023, às 15:50, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **MARIA CAROLINA SERGI GOMES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 14/06/2023, às 16:36, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **RUBIANE GANASCIM MARQUES, COORDENADOR(A) DE CURSO/PROGRAMA**, em (at) 19/06/2023, às 12:40, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site (The authenticity of this document can be checked on the website) https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador (informing the verification code) **3499884** e o código CRC (and the CRC code) **BC6B1709**.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise detalhada do processo de produção e tratamento de soro do leite de cabra pela indústria CabrWhey, localizada na cidade de Campina Grande, Paraíba. A indústria tem como objetivo principal obter retorno financeiro através da produção de *Whey Protein* concentrado por meio da captação do resíduo do soro do leite proveniente de indústrias produtoras de queijo de cabra. Para garantir a qualidade do produto final, são realizados testes qualitativos para categorização da matéria-prima. O soro do leite dentro das condições desejadas segue para o processo de produção de *Whey Protein*, enquanto o soro do leite fora das condições esperadas é tratado como resíduo industrial. O processo de produção do *Whey Protein* consiste em etapas de pasteurização, troca iônica e atomização (*spray dryer*), com o objetivo de obter um produto com alto teor de proteínas, baixo teor de carboidratos e gorduras. Neste projeto, foi realizado o balanço material para cada equipamento do processo, a fim de obter os valores processados diariamente, de acordo com as metas estabelecidas. Além da produção de *Whey Protein*, o projeto abrange o balanço material do tratamento do soro do leite considerado inadequado para a produção do suplemento. Esse soro é destinado à estação de tratamento de efluentes da CabrWhey, onde é tratado por meio de um sistema de lodo ativado, visando a mitigação dos impactos ambientais. Por fim, o estudo também inclui a justificativa, balanço de massa e energia do processo, e a viabilidade financeira de implementação de uma indústria de *Whey Protein* concentrado com produção diária de 104Kg, na região de Campina Grande, que se destaca como um polo de indústrias de queijo de cabra.

Palavras-chave: *Whey Protein*; Soro do leite de cabra; Processo de produção; Tratamento de efluentes; Viabilidade econômica.

ABSTRACT

This paper presents a detailed analysis of the process of production and treatment of goat whey by the industry CabrWhey, located in the city of Campina Grande, Paraíba. The industry's main objective is to obtain financial return through the production of Whey Protein concentrate by capturing the whey residue from goat cheese industries. To ensure the quality of the final product, qualitative tests are performed for categorization of the raw material. Whey that meets the desired conditions goes to the Whey Protein production process, while whey that does not meet the expected conditions is treated as industrial waste. The Whey Protein production process consists of pasteurization, ion exchange and atomization (spray dryer) steps, aiming to obtain a product with high protein content, low carbohydrate and fat content. In this project, the material balance was performed for each equipment of the process, in order to obtain the daily processed values, according to the established goals. Besides the production of Whey Protein, the project covers the material balance of the treatment of whey considered unsuitable for the production of the supplement. This whey is destined to CabrWhey's effluent treatment station, where it is treated through an activated sludge system, aiming at the mitigation of environmental impacts. Finally, the study also includes the justification, mass and energy balance of the process, and the financial feasibility of implementing a concentrated Whey Protein industry with a daily production of 104Kg, in the region of Campina Grande, which stands out as a pole of goat cheese industries.

Keywords: Whey Protein; Goat whey; Production process; Wastewater treatment; Economic viability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Logomarca da empresa.	19
Figura 2 - Organograma da empresa.	20
Figura 3 - Portfólio da empresa.	21
Figura 4 - Localização do Município de Campina Grande no estado da Paraíba.	25
Figura 5 - Região metropolitana de Campina Grande.	26
Figura 6 - Imagem via satélite do terreno da empresa.	27
Figura 7 - Fluxograma do processo produtivo.	28
Figura 8 - Tanque de armazenagem em aço inox.	30
Figura 9 - Sistema de secagem por pulverização (<i>Spray dryer</i>).	32
Figura 10 - Misturador Horizontal.	33
Figura 11 - Empacotadeira automática para pó.	35
Figura 12 - <i>Rack</i> de armazenamento para estocagem dos produtos.	36
Figura 13 – Representação do processo de tratamento de água para caldeira.	38
Figura 14 - Fluxograma do processo de produção do Whey Protein Concentrado.	41
Figura 15 - Representação da ETE da CabrWhey.	54
Figura 16 – Diâmetros característicos do trocador de calor duplo tubo.	57
Figura 17 – Layout da empresa.	65
Figura 18 – Tanque de armazenamento.	67
Figura 19 - Trocador de calor.	68
Figura 20 - Sistema de EDI.	70
Figura 21 - <i>Spray Dryer</i> .	71
Figura 22 – Misturador.	72
Figura 23 – Empacotadeira	73
Figura 24 – Bomba.	75
Figura 25 – Caldeira.	76
Figura 26 – Fluxo de Caixa	82
Figura 27 – <i>Payback</i> da CabrWhey	84
Figura 28 – Ponto de equilíbrio da empresa.	85
Figura 29 – Simulação da caldeira para o vapor saturado usado no pasteurizador.	100
Figura 30 – Simulação da caldeira para o vapor saturado usado no <i>spray dryer</i> .	101
Figura 31 – PFD dos processos da empresa CabrWhey.	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios dos macronutrientes em leites de ovelha, cabra e vaca.	17
Tabela 2 - Adaptado de Quantidade produzida de leite de cabra no ano (litros)/ Município.	18
Tabela 3 - Composição do soro do leite de cabra.	42
Tabela 4 - Resultados obtidos dos balanços de massa no sistema de Troca Iônica.	43
Tabela 5- Resultados obtidos pelos balanços de massa para o <i>spray dryer</i>	43
Tabela 6 – Cálculo das entalpias para o H ₂ O.	49
Tabela 7 – Resultado da entalpia do ar em kJ/kg.	49
Tabela 8 – Dados considerados.	49
Tabela 9 – Cálculos das entalpias para H ₂ O.	50
Tabela 10 – Resultado da entalpia em kJ/kg	50
Tabela 11 - Efluentes.	54
Tabela 12 – Processo de tratamento do resíduo.	55
Tabela 13 - Injeção de capital inicial	77
Tabela 14 - Despesas fixas.	78
Tabela 15 - Custos variáveis.	78
Tabela 16 - Receita do lucro sem impostos.	79
Tabela 17 - Receitas da comercialização do produto.	79
Tabela 18 - Receita do lucro com os impostos.	80
Tabela 19 - Depreciação dos ativos.	81
Tabela 20 - Valores dos fluxos.	84
Tabela 21 - Tanque de equalização.	98
Tabela 22 - Tanque aeróbio.	98
Tabela 23 - Tanque anaeróbico.	98
Tabela 24 - Tanque facultativo.	98
Tabela 25 - Financiamento	105
Tabela 26 - Apuração do desempenho financeiro (parte1).	106
Tabela 27 - Custo da matéria-prima.	107
Tabela 28 - Custo equipamentos	107
Tabela 29 - Funcionários por cargo.	108
Tabela 30 – Investimentos iniciais (Parte 1).	109
Tabela 31 – Capital de giro.	111
Tabela 32 -Depreciações anuais (parte 1).	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Soro Leite de Cabra	46
Quadro 2 - Água	47
Quadro 3 - Padrão IPS	57
Quadro 4 - Especificações do tanque de armazenamento	66
Quadro 5 – Especificações do trocador de calor	68
Quadro 6 - Sistema de EDI	69
Quadro 7 - Especificações do Spray Dryer	70
Quadro 8 – Especificações do misturador	72
Quadro 9 - Especificações da empacotadeira	73
Quadro 10 - Especificações da bomba	74
Quadro 11 - Especificações da caldeira	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
B2C	Business to Consumer
CGR	Corrente para o tanque de equalização
COFINS	Contribuição Financeira para a Seguridade Social
C_{par}	Calor específico do ar
C_{soro}	Calor específico do soro concentrado
DMLT	<i>Design Method of Logarithmic Temperature Difference</i>
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DRE	Demonstração do resultado do exercício
EBITDA	Sigla que traduzida do inglês para lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização
EDI	Sistema de eletrodeionização
ETE	Estação tratamento de efluentes
FMI	Future market insights
H ₂ O	Água
IEWPC	Sistema de troca iônica
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
ISS	Impostos sobre serviços
m_{ar}	Vazão mássica do ar
m_{ev}	Vazão mássica do evaporado
m_{soro}	Vazão mássica do soro concentrado
LA	Lagoa aeróbica
LAN	Lagoa anaeróbia
LAIR	Lucro antes do imposto de renda
LFA	Lagoa facultativa
Q	Calor
P	Produto
PIB	Produto interno bruto
PIS	Programa de Integração Social
RSD	Corrente que sai do <i>spray dryer</i> e é reutilizada para pré-aquecer a água do processo

RTI	Corrente que vai para o tratamento
SAC	Sistema de Amortização Constante
SD	Corrente do produto final
SINDUSCON – PB	Sindicato da Indústria da Construção Civil da Paraíba
SL	Soro do leite
SRF	Secretaria da Receita Federal
T_e	Temperatura de equilíbrio
$T_{ent,ar}$	Temperatura de entrada do ar
$T_{ent,soro}$	Temperatura de entrada do soro
TI	Corrente que sai do trocador iônico
TIR	Taxa interna de retorno
TMA	Taxa mínima atrativa
VPL	Valor presente líquido
$\lambda_{\text{água}}$	Entalpia de mudança de fase L-V

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO	15
2.1	Objetivos Específicos	15
3	JUSTIFICATIVA.....	16
4	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	19
4.1	Missão, Visão e Valores	20
4.2	Categorias de produtos	20
5	ANALISE E CONTEXTO DE MERCADO	22
5.1	Mercado Interno	22
5.2	Público-alvo.....	23
5.3	Localização.....	24
6	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	28
6.1	Fluxograma.....	28
6.2	Etapas da produção.....	29
6.2.1	Recebimento e armazenamento da matéria-prima	29
6.2.2	Pasteurização.....	30
6.2.3	Troca iônica.....	30
6.2.4	Secagem	31
6.2.5	Ciclone	33
6.2.6	Mistura.....	33
6.2.7	Análises físico-químicas	34
6.2.8	Empacotamento	34
6.2.9	Armazenamento	35
7	UTILIDADES.....	37

7.1 Vapor.....	37
7.2 Tratamento de água.....	37
8 LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE.....	39
8.1 Análises da matéria-prima	39
8.2 Análises dos produtos	40
9 BALANÇO DE MASSA PARA O PROCESSO PRODUTIVO DO WHEY PROTEIN CONCENTRADO A PARTIR DO SORO DO LEITE DE CABRA	41
10 BALANÇO DE ENERGIA PARA O PROCESSO PRODUTIVO DO WHEY PROTEIN CONCENTRADO A PARTIR DO SORO DO LEITE DE CABRA	45
10.1 Pasteurizador	45
10.1.1 Trocador de calor duplo tubo - Resfriamento	46
10.2 <i>Spray dryer</i>	48
10.3 Caldeira.....	50
11 TRATAMENTO DE RESÍDUOS.....	52
11.1 Balanço de massa da ETE.....	53
12 DIMENSIONAMENTO E SETORIZAÇÃO	56
12.1 Setor 100: Recebimento e armazenamento de matéria-prima.....	56
12.1.1 Tanque de armazenamento	56
12.2 Setor 200: Produção.....	56
12.2.1 Pasteurizador	56
12.2.1.1 Aquecimento pasteurizador.....	57
12.2.1.2 Resfriamento pasteurizador	60
12.2.2 Trocador lônico.....	62
12.2.3 <i>Spray dryer</i>	62
12.2.4 Misturador	63
12.3 Setor 400: Utilidade.....	63
12.3.1 Bomba.....	63

12.3.2	Caldeira	63
12.4	Setor 500: Estoque	64
12.4.1	Empacotadeira	64
13	DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSO E LAYOUT DA EMPRESA..	65
14	EQUIPAMENTOS	66
14.1	Tanques de armazenamento	66
14.2	Trocador de calor (Pasteurizador)	68
14.3	Trocador iônico	69
14.4	Sistema de secagem por atomização	70
14.5	Misturador	71
14.6	Empacotadeira.....	73
14.7	Bomba	74
14.8	Caldeira	75
15	ANÁLISE FINANCEIRA.....	77
15.1	Custos para operação da CabrWhey	77
15.2	Custos fixos	77
15.3	Custos variáveis	78
15.4	Capital de giro.....	79
15.5	Receitas.....	79
15.6	Cargas tributárias	79
15.7	Aporte	80
15.8	Depreciação	80
15.9	Demonstrativo do resultado de exercício (DRE)	81
15.10	Valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e <i>payback</i> 82	
15.11	Ponto de equilíbrio	84

16	CONCLUSÃO	86
	REFERÊNCIAS	87
	APÊNDICES	96
	APÊNDICE A – CÁLCULOS DO BALANÇO DE MASSA DA ETE	97
	APÊNDICE B – BALANÇO DE ENERGIA.....	99
	APÊNDICE C – PFD.....	102
	APÊNDICE D – BALANÇO FINANCEIRO	104

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o leite caprino tem sido amplamente adotado como substituto do leite de vaca e utilizado globalmente na produção de diversos produtos, como bebidas lácteas, leite em pó e *Whey Protein*. O aumento da demanda por esses produtos tem impulsionado o crescimento significativo do consumo de leite de cabra no Brasil. Esse crescimento é atribuído ao valor nutricional elevado do leite caprino, sua melhor digestibilidade, menor incidência de alergias e potenciais benefícios para a saúde dos consumidores (CENACHI *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2014;).

O leite de cabra é um fluido biológico complexo constituído por proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas, minerais e enzimas, destinado a atender às necessidades nutricionais dos mamíferos recém-nascidos (CENACHI *et al.*, 2011). Esse tipo de leite apresenta propriedades semelhantes ao leite de vaca e pode ser classificado como alimento funcional devido aos vários benefícios que oferece à saúde. Entre esses benefícios, destacam-se a qualidade superior em termos de propriedades nutricionais, melhor digestibilidade, teor elevado de proteínas altamente nutritivas, presença de ácidos graxos benéficos ao organismo, baixo potencial alergênico, entre outros (SIQUEIRA *et al.*, 2020).

As proteínas do leite de cabra são compostas por caseínas, proteínas solúveis (β -lactoglobulina e α -lactoalbumina), proteoses, peptonas, albumina sérica e imunoglobulinas. Dentre elas, a β -caseína representa a maior proporção das caseínas, correspondendo a 53% do total, e é caracterizada por seu menor potencial alergênico. Por outro lado, a α s1-caseína está presente em menor quantidade em comparação ao leite de vaca, enquanto as composições de α s2-caseína e κ -caseína são semelhantes em ambos os leites (SIQUEIRA *et al.*, 2020).

O leite é amplamente utilizado como matéria-prima na produção de produtos lácteos, como queijo, manteiga e nata (CAMPOS *et al.*, 2022). Na indústria láctea, ocasionalmente são gerados subprodutos, que são simplesmente descartados, como o soro do leite, que é obtido durante a fabricação de queijos. O soro do leite consiste em uma fração solúvel que contém 55% dos nutrientes presentes no leite, e sua composição varia de acordo com a raça dos animais e fatores genéticos.

As proteínas presentes no soro do leite de cabra têm sido objeto de estudos devido às suas atividades biológicas, que podem ser utilizadas na formulação de

produtos com propriedades aprovadas à saúde. O desenvolvimento desses produtos pode agregar valor ao setor e oferecer vantagens adicionais para a saúde humana (GOMES, 2012; CAMPOS *et al.*, 2022). O soro do leite tem sido cada vez mais procurado devido aos benefícios proporcionados por suas proteínas de alta qualidade, sendo utilizado em diversas aplicações, como alimentação animal, consumo humano (uso farmacêutico, alimentos para crianças, adultos e idosos, produtos de confeitaria) e produção industrial de *Whey Protein* (GOMES, 2012).

O *Whey Protein* é um suplemento em pó à base de um concentrado de proteínas amplamente utilizado por atletas para promover o ganho de massa muscular. Esse produto é derivado da proteína do soro do leite. O consumo desse suplemento tem apresentado um aumento significativo devido aos benefícios associados a ele, como baixo peso molecular, alto valor biológico, ótima absorção e digestibilidade, além de baixa incidência de alergias (PALU *et al.*, 2019).

A ingestão de *Whey Protein* proporciona benefícios que vão além do ganho de massa muscular em atletas. Esse suplemento também é utilizado por adultos e idosos para promover o desenvolvimento muscular, impulsionar o sistema imunológico e auxiliar na recuperação pós-operatória e em casos de queimaduras. Além disso, o *Whey Protein* contribui para a redução de peso, o aumento da densidade mineral óssea, o controle do apetite, entre outros fatores (MELO; BORDONAL, 2009; CLEAN, 2022).

2 OBJETIVO

A CabrWhey possui como objetivo principal a aquisição do soro do leite de cabra proveniente de indústrias e produtores de queijo de cabra localizados na região de Campina Grande, Paraíba. Essa aquisição tem como finalidade a utilização do soro do leite para a produção de *Whey Protein*, desde que o mesmo esteja em condições adequadas para tal finalidade. Caso o soro do leite não atenda aos requisitos necessários para a produção de *Whey Protein*, o mesmo será encaminhado para uma estação de tratamento de resíduos, onde receberá o tratamento apropriado de forma a garantir sua correta disposição.

2.1 Objetivos Específicos

Para tanto, os objetivos específicos são:

- ✓ Realizar uma análise de mercado com o objetivo de avaliar a viabilidade da implementação de uma indústria de *Whey Protein*, utilizando o soro do leite de cabra como matéria-prima;
- ✓ Realizar análises físico-químicas para avaliar a adequação do soro do leite de cabra para a produção de *Whey Protein* ou, caso contrário, encaminhá-lo para uma estação de tratamento de resíduos;
- ✓ Descrever as etapas e o processo de produção de *Whey Protein*;
- ✓ Elaborar o balanço de massa e de energia do processo;
- ✓ Elaborar o balanço de massa para a estação de tratamento de resíduos;
- ✓ Realizar o tratamento dos resíduos do processo de produção e do soro do leite considerado inadequado para a produção do *Whey Protein*.;
- ✓ Realizar a viabilidade financeira para a implementação da empresa CabrWhey.

3 JUSTIFICATIVA

Whey Protein, um suplemento alimentar amplamente utilizado, teve sua origem nos Estados Unidos na década de 90, com base em estudos realizados por um engenheiro brasileiro no setor de alimentos, que descobriu uma técnica para desidratar o soro do leite (LIMA, 2015). Essa descoberta possibilitou a reutilização do soro do leite, que antes era descartado de forma inadequada no meio ambiente ou utilizado como complemento na alimentação animal, representando um desperdício significativo, considerando sua composição rica em proteínas e compostos orgânicos, o que também resultava em impactos ambientais negativos (MILKPOINT, 2021).

Atualmente, observa-se uma tendência crescente em melhorar a alimentação e cuidar do corpo, o que tem impulsionado o aumento do consumo de suplementos alimentares, incluindo o *Whey Protein* (SEBRAE, 2020). Estima-se um crescimento médio de 7,2% no consumo global de *Whey Protein* entre 2016 e 2021 (ABIAD, 2018). No mercado brasileiro, durante a pandemia, houve um aumento significativo nas vendas de *Whey Protein*, dobrando o faturamento do produto (TOLIPAN, 2021).

No mercado, existem diferentes tipos de *Whey Protein*, como concentrado, isolado e hidrolisado, que podem ser obtidos a partir de fontes animais ou vegetais. Os mais comuns são produzidos a partir do soro do leite de vaca, devido à sua alta quantidade de proteínas e disponibilidade no mercado (PENSARDI, 2022).

Nesse contexto, a CabrWhey apresenta um projeto inovador no Brasil, uma vez que a maior parte da produção de *Whey Protein* no país utiliza o soro leite de vaca como base. Com o objetivo de oferecer novas opções aos consumidores, a CabrWhey utilizará o soro leite de cabra para produzir o *Whey Protein*, sendo pioneira nesse tipo de produto no mercado nacional. Além disso, a empresa realizará o tratamento adequado do soro do leite que não atender aos padrões exigidos para produção, evitando o descarte inadequado no meio ambiente.

O uso do soro leite de cabra como base para a produção de *Whey Protein* apresenta atrativos significativos, devido às suas características. O leite de cabra possui menor teor de lactose em comparação ao leite de vaca e menor quantidade de α 1-caseína, que é um agente alergênico encontrado em maior proporção no leite de vaca. Além disso, o leite de cabra apresenta maior quantidade de proteínas, tornando-se uma alternativa interessante ao leite de vaca para a produção de *Whey Protein* (SOUZA *et al.*, 2014).

Tabela 1 - Valores médios dos macronutrientes em leites de ovelha, cabra e vaca.

Composição	Leite de Ovelha	Leite de Cabra	Leite de Vaca
Gordura (%)	7,9	4,1	3,6
Lactose (%)	4,9	4,5	4,7
Proteína (%)	6,2	3,5	3,4
Caseína (%)	4,7	2,4	3,0
Caseína α -s ₁ (% caseíco)	6,7	5,6	40,9
Caseína α -s ₂ (% caseíco)	22,8	19,2	10,7
β -Caseína (% caseíco)	61,6	54,8	36,3
κ -Caseína (% caseíco)	8,9	20,4	11,9

Fonte: MILKPOINT (2021)

A escolha da localização da fábrica foi baseada em dados obtidos do IBGE (2021), que indicam que a região nordeste do Brasil concentra o maior rebanho de caprinos do país, com destaque para a Paraíba, o maior estado produtor de leite de cabra (IBGE, 2021). Com base nesses fatores, a cidade de Campina Grande, na Paraíba, foi selecionada para sediar a fábrica. Campina Grande é reconhecida como um dos principais polos econômicos do Nordeste e da América Latina, conforme a revista americana Newsweek. Além disso, a cidade está estrategicamente localizada próxima a importantes regiões produtoras de leite de cabra, como demonstrado na Tabela 3 (IBGE, 2021). Portanto, Campina Grande-PB é considerada uma localização estratégica para a instalação da empresa.

Tabela 2 - Adaptado de Quantidade produzida de leite de cabra no ano (litros)/ Município.

Estado	Cidade	Litros produzidos no ano
PB	Taperoá	543000
PE	Ventosa	526000
PB	Sumé	507000
RN	Mossoró	370000
PE	Alagoinha	365000
PB	Parari	242000
PE	Pedra	235000
PB	Prata	209000
PB	Cabaceiras	208000
PB	São Domingos do Cariri	207000
PE	Buíque	186000
PB	São Sebastião do Umbuzeiro	182000
PB	Zabelê	182000
PB	Boqueirão	160000
PE	Pesqueira	159000

Fonte: IBGE (2021)

4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O nome CabrWhey foi criado a partir da combinação das palavras "Cabra" e "*Whey Protein*", sendo que "Cabra" refere-se ao animal que fornecerá o derivado utilizado na produção do produto comercializado, e "*Whey Protein*" é o próprio item produzido pela empresa.

A logomarca da empresa utiliza as cores preto, vermelho e cinza, como mostra a Figura 1. O preto representa autoridade e mistério, transmitindo uma sensação de inovação ao apresentar o produto no mercado. O vermelho simboliza a energia que é proporcionada pelo consumo do produto, enquanto o cinza representa a sofisticação que um novo produto oferece aos seus usuários.

O *slogan* escolhido baseia-se nas características do produto após seu consumo: saúde e energia máxima.

Figura 1 - Logomarca da empresa.



Fonte: Autoria própria (2022)

A produção do *Whey Protein* da marca CabrWhey será focada principalmente no mercado interno e será comercializada por meio de plataformas *online*, permitindo o envio dos produtos para todo o país, sem a necessidade de unidades físicas de venda. A empresa irá oferecer o *Whey Protein* em sabores de chocolate, chocolate meio amargo e morango, visando atender a uma ampla variedade de consumidores.

4.1 Missão, Visão e Valores

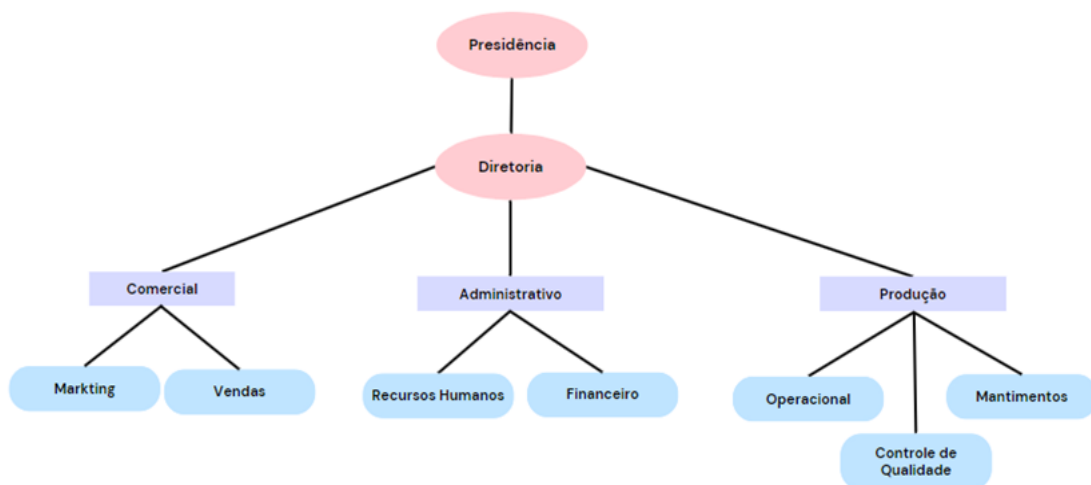
A missão da empresa CabrWhey é fornecer um produto de alta qualidade, mais acessível e com menor teor de alergênicos, visando melhorar a saúde, qualidade de vida e bem-estar de seus clientes. A CabrWhey se destaca como pioneira no país ao utilizar o soro do leite de cabra como componente do *Whey Protein*.

A visão da empresa é se tornar uma referência no Brasil no uso do soro do leite de cabra para a produção de *Whey Protein*.

Como a CabrWhey busca ser uma empresa que prioriza a qualidade de seu produto e o bem-estar de seus funcionários, seus valores fundamentais incluem responsabilidade, saúde, ética profissional, inovação, transparência, preocupação com a sociedade e respeito.

A Figura 2 apresenta o organograma da empresa.

Figura 2 - Organograma da empresa.



Fonte: Autoria própria (2022)

4.2 Categorias de produtos

Com o objetivo de atender às preferências variadas dos consumidores, a CabrWhey oferecerá três sabores distintos para comercialização de seu produto: morango, chocolate e chocolate meio amargo. Para a embalagem padrão, será utilizado um pote de *Whey Protein* concentrado com capacidade de 1 kg, correspondente ao sabor produzido. Além disso, a empresa também disponibilizará

pacotes de 1 kg como opção de refil, visando reduzir custos ao utilizar um material mais econômico para essa finalidade. O portfólio da empresa, apresentado na Figura 3, apresenta as diferentes embalagens para cada sabor disponível.

Figura 3 - Portfólio da empresa.



Fonte: Autoria própria (2022)

5 ANALISE E CONTEXTO DE MERCADO

O mercado global de *Whey Protein* tinha um valor de US\$ 8,2 bilhões na época. A estimativa é que esse mercado atinja o valor de US\$ 252 bilhões até o ano de 2025. É importante ressaltar que essa estimativa abrange não apenas o *Whey Protein*, mas o produto é o mais comercializado no setor de suplementação (DINO, 2022).

A Europa é a região que possui a maior receita nesse setor em todo o mundo, representando cerca de 37% do mercado. Essa predominância é explicada pelo alto consumo do suplemento alimentar, tanto por jovens quanto por idosos (NICÁCIO, 2018).

Em segundo lugar estão os Estados Unidos com, aproximadamente, 32% da receita global. A diferença em relação à Europa é que os Estados Unidos possuem um mercado desenvolvido de importação e exportação. Além disso, a popularização de refeições saudáveis e rápidas em substituição à *fast food*, que costumava ser a opção mais rápida, mas prejudicial à saúde, também contribuiu para esse resultado (NICÁCIO, 2018).

Na Ásia, o mercado de *Whey Protein* tem chamado a atenção global, não apenas por representar 21% do mercado global, mas também pelo número crescente de pessoas na região que estão buscando uma alimentação melhor. Destaca-se a Índia, com sua alta densidade populacional e cerca de 300 milhões de habitantes preocupados com sua qualidade de vida (NICÁCIO, 2018).

5.1 Mercado Interno

O mercado de suplementos não se restringe apenas às pessoas que frequentam academias, mas também abrange atletas de várias modalidades, como nadadores, triatletas, ciclistas, entre outros. Um fator que contribuiu para o crescimento desse mercado é o aumento no número de instituições que oferecem cursos na área de nutrição, com um aumento de 117% entre 2008 e 2018 (NICÁCIO, 2018).

No Brasil, o mercado de suplementação teve um desempenho positivo durante a pandemia, diferenciando-se de outros setores. Houve um aumento de 48% nas vendas de 2020 para 2021. Esse aumento foi impulsionado pela busca por uma

alimentação saudável em um momento em que a saúde e a imunidade se tornaram fundamentais (ABEVD, 2021).

A pandemia também estimulou a valorização de produtos nacionais, devido à escassez global de matérias-primas no setor. Em 2021, o Brasil contava com 45 fabricantes nacionais, que respondiam por cerca de 88% das vendas. Apesar da alta precificação dos suplementos no mercado atual, há espaço para inovações que atendam às necessidades dos consumidores em termos de suplementação, mas com preços reduzidos (ABEVD, 2021).

5.2 Público-alvo

Os suplementos alimentares são desenvolvidos para atender às necessidades de pessoas que buscam complementar sua dieta diária, quando não conseguem obter todos os nutrientes necessários por meio das refeições convencionais. Esses suplementos podem ser encontrados em diversas formas, como líquidos, barras, géis, comprimidos ou pós (CORRÊA; NAVARRO, 2014).

Embora os recursos ergogênicos proteicos sejam comumente associados aos praticantes de musculação com o objetivo de ganho de massa muscular, um estudo realizado em 2016 pela Universidade do Sagrado Coração em Bauru/SP, utilizando roedores como modelo experimental, investigou os efeitos da alimentação, suplementação e exercício físico. Os resultados demonstraram a eficácia do *Whey Protein* no aumento da massa muscular. Além disso, o estudo também observou que a suplementação proteica resultou em uma redução do consumo de carboidratos na dieta, indicando que o suplemento foi eficaz na redução de peso (JOEL *et al.*, 2016).

Além dos benefícios relacionados à redução de gordura e aumento de massa muscular, a utilização do *Whey Protein* traz outros benefícios à saúde, como ação anticancerígena e redução do risco de doenças cardiovasculares. Em um estudo conduzido por Rodrigues (2013) para a revista digital EFDeports.com, foram comparadas proteínas derivadas da soja, caseína, proteína de carne bovina e proteína do soro do leite. O *Whey Protein* se destacou positivamente quanto ao efeito anticancerígeno e protetor do sistema circulatório.

Portanto, os produtos da CabrWhey serão direcionados a indivíduos que buscam complementação alimentar, ganho de massa muscular e perda de peso. A venda será exclusivamente *online*, no formato de B2C (*Business to Consumer*),

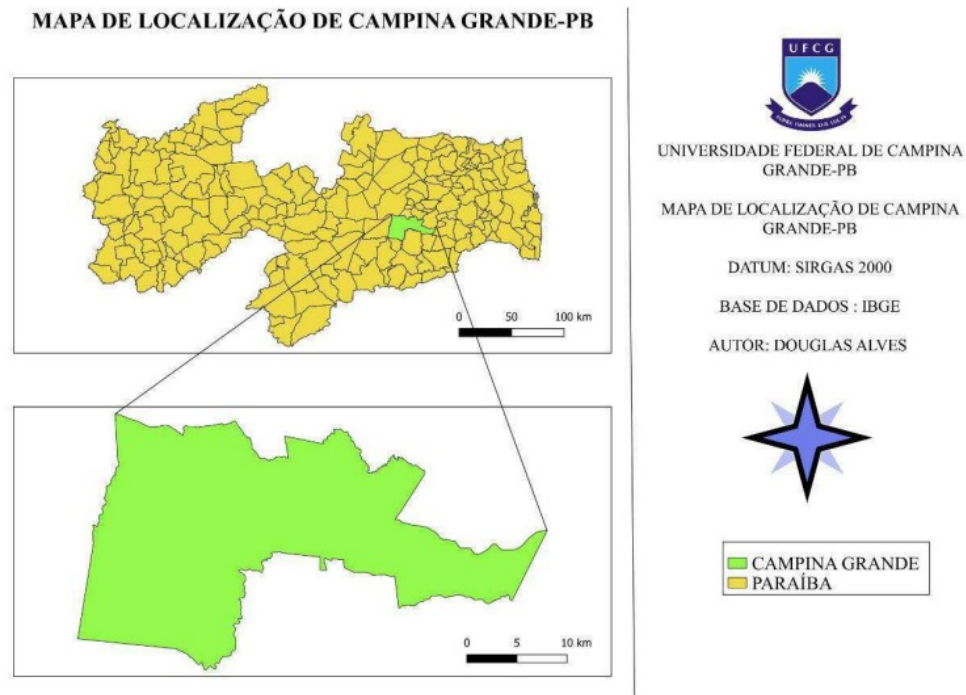
atendendo todo o território nacional, e a entrega dos produtos será realizada por meio de transportadora.

5.3 Localização

A seleção do local para a implantação da CabrWhey levou em consideração diversos fatores, como a proximidade com os fornecedores de matéria-prima, logística de transporte e incentivos fiscais. Com base nessas considerações, a cidade escolhida como sede da empresa foi Campina Grande, localizada na Paraíba (PB), que é reconhecida como um importante polo industrial na região nordeste. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021), a população estimada da cidade é de 412.830 habitantes, sua área territorial abrange 591,658 km² e seu Produto Interno Bruto (PIB) é o segundo maior do estado, ficando atrás apenas da capital, João Pessoa.

No que diz respeito ao mercado caprino, a cidade está em proximidade com dois municípios de grande produção de leite de cabra e seus derivados, Taperoá e Sumé, ambos localizados na Paraíba, de acordo com o Censo Agropecuário do IBGE (2021). Além disso, Campina Grande está próxima à capital do estado, João Pessoa, o que facilita o transporte e a comercialização dos produtos em âmbito nacional. A Figura 4 ilustra a localização do município de Campina Grande dentro do estado da Paraíba.

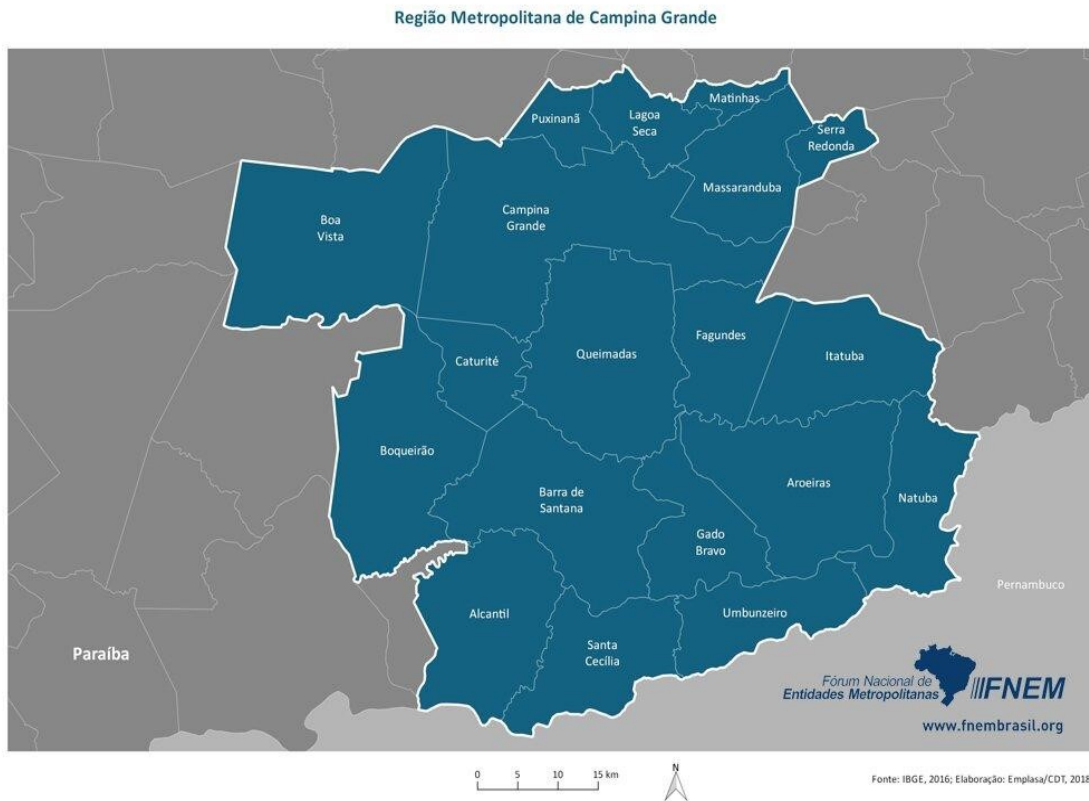
Figura 4 - Localização do Município de Campina Grande no estado da Paraíba.



Fonte: ALVES (2021)

A cidade de Campina Grande, localizada no nordeste do Brasil, é reconhecida como um dos maiores polos industriais da região, além de possuir grande potencial tecnológico, estando entre os mais importantes da América Latina. Sua área metropolitana é composta por dezenove municípios e tem população estimada em 638.017 habitantes em 2017. Campina Grande também é um importante centro universitário, atraindo um grande número de estudantes e, conseqüentemente, oferecendo mão-de-obra qualificada. A cidade abriga vinte e uma universidades, sendo três delas públicas (PREFEITURA DE CAMPINA GRANDE, 2022). A Figura 5 ilustra a região metropolitana de Campina Grande.

Figura 5 - Região metropolitana de Campina Grande.



Fonte: FNEM (2017)

O terreno selecionado, como mostrado na Figura 6, foi escolhido com base na localização na área industrial da cidade de Campina Grande, localizada na Paraíba. A área total do terreno é de 76.554,25 m², o que o torna adequado para abrigar uma indústria de porte médio, considerando todas as necessidades estruturais. Além disso, a escolha também levou em consideração a proximidade do terreno com um lago (água para utilidades), rodovias e o aeroporto.

Figura 6 - Imagem via satélite do terreno da empresa.



Fonte: GOOGLE (2022)

Conforme informações fornecidas pela Prefeitura de Campina Grande (2022), o município oferece incentivos econômicos e fiscais para empresas que se estabelecem na região. De acordo com a Lei N° 2.214/91, alguns dos estímulos disponíveis são os seguintes:

- Isenção de imposto municipal pelo período de dez anos;
- Execução de serviços de terraplanagem e infraestrutura do terreno;
- Destinação de área de terra em locais adequados;
- Dispensa de taxas de licenciamento em obras;
- Assessoria e orientação na escolha para a implantação de projetos de instalação e ampliação;
- Permuta de área de terras em atendimento a solicitações de empresas já existentes.

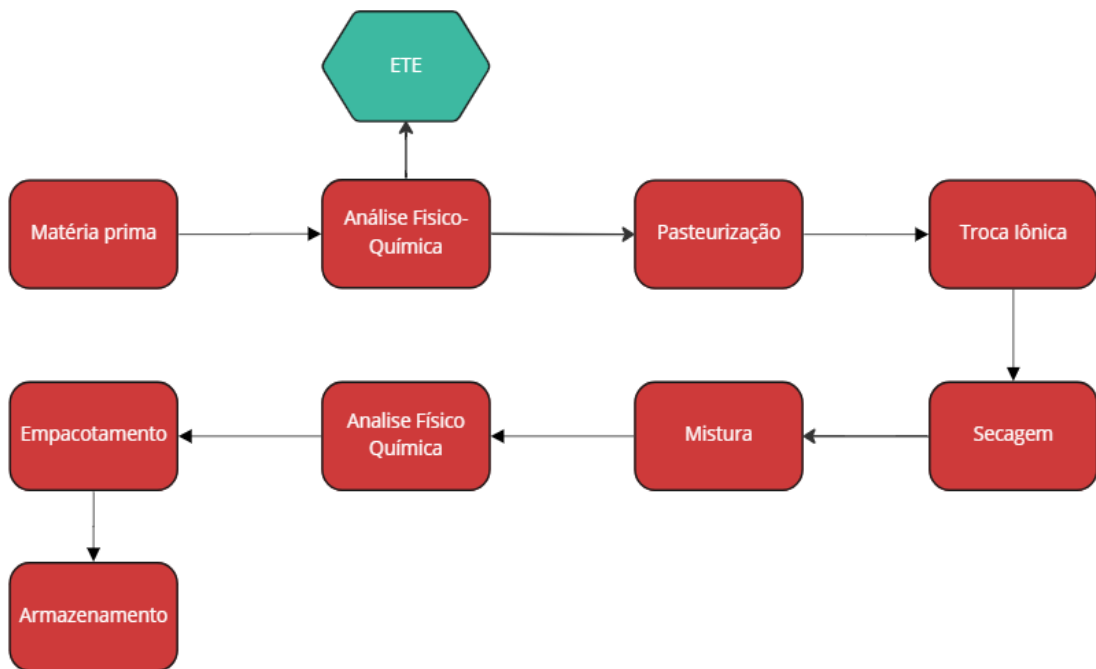
6 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

A descrição do processo é muito importante para qualquer indústria, uma vez que é necessária para que haja um entendimento de todo o processo produtivo, desde a chegada da matéria-prima até o produto final.

6.1 Fluxograma

Por meio do diagrama de blocos representado na Figura 7, pode-se observar as etapas de produção do *Whey Protein* a partir do soro do leite de cabra.

Figura 7 - Fluxograma do processo produtivo.



Fonte: Autoria própria (2022)

6.2 Etapas da produção

6.2.1 Recebimento e armazenamento da matéria-prima

A matéria-prima proveniente do descarte das indústrias de produção de queijo de cabra será recebida na indústria por meio de caminhões. Após o recebimento, uma amostra do soro do leite de cada caminhão passará por análises físico-químicas no laboratório da empresa pelo departamento de controle de qualidade para avaliar sua adequação para as etapas de produção ou se deve ser encaminhado para a estação de tratamento de efluentes. As análises envolverão parâmetros como temperatura, pH, demanda biológica de oxigênio (DBO), acidez, densidade, quantidade de sólidos e percentual de extrato seco, este último sendo um indicador do teor de proteínas do soro, o que agrega maior valor ao produto (MORR; HA, 1993).

O soro do leite adequado para a produção será direcionado aos tanques de armazenamento, que devem ser construídos em aço inoxidável, conforme mostrado na Figura 8. Essa escolha se deve à necessidade de evitar a proliferação de bactérias e o acúmulo de óleos e açúcares provenientes do soro do leite, além de proporcionar facilidade na manutenção, limpeza e maior durabilidade dos tanques. Para preservar a qualidade da matéria-prima, os tanques serão equipados com agitadores internos e mantidos a baixas temperaturas, em torno de 4°C.

De acordo com Jopemar (2022), é possível realizar o armazenamento do soro por até 30 dias, após esse período, não estará mais em conformidade com os padrões de uso e não deve ser utilizado na produção. A Figura 8 é um exemplo do tanque que vai ser utilizado.

Figura 8 - Tanque de armazenagem em aço inox.



Fonte: JOPEMAR (2022)

6.2.2 Pasteurização

Neste processo, o objetivo principal consiste em elevar a temperatura do soro do leite, a fim de eliminar os microrganismos patogênicos responsáveis por doenças como tuberculose, cólera, difteria e outras, além de preservar suas características organolépticas, físicas e nutritivas. A empresa CabrWhey optou por adotar a pasteurização de tipo rápido, que é executada em um curto intervalo de tempo. Para essa finalidade, foi selecionado um trocador duplo tubo como equipamento. Ao sair do tanque de armazenamento, o soro do leite é impulsionado por uma bomba centrífuga e percorre um trajeto até o pasteurizador, onde é rapidamente aquecido de 4°C a 75°C por, aproximadamente, 30 segundos. Em seguida, é resfriado em um segundo trocador de calor duplo tubo. Após a etapa de pasteurização, o soro do leite é encaminhado para a fase de troca iônica.

6.2.3 Troca iônica

O processo de concentração de proteínas no soro do leite utilizando um trocador iônico baseia-se na capacidade das resinas trocadoras de íons de adsorver

e liberar íons presentes no soro. Para esse fim, seleciona-se uma membrana de sherosil-S que em estudos se mostrou mais eficiente para o processo, além de poder usa-la de formar catiônica ou aniônica mostrando uma maior versatilidade (NICHOLS; MORR, 1985).

O soro do leite é passado por uma coluna contendo a resina trocadora de íons, onde ocorre a adsorção seletiva dos íons indesejados pela resina, enquanto as proteínas passam através da coluna. Em seguida, a resina é lavada para remover os íons adsorvidos.

A proteína concentrada é eluída da coluna por meio de uma solução salina, que possui uma concentração de íons maior do que a capacidade da resina de reter as proteínas, permitindo sua liberação. Durante todo o processo, são monitorados e controlados parâmetros como fluxo, pH e condutividade, visando garantir a eficiência da troca iônica e a qualidade do produto final.

Vale ressaltar que o uso de trocadores iônicos para concentração de proteínas no soro do leite é apenas uma das opções disponíveis. Outras técnicas, como a filtração por membrana ou a precipitação com agentes químicos, podem ser empregadas dependendo dos requisitos e do processo específico da indústria.

Essa abordagem de separação foi escolhida devido à sua eficiência e ao menor custo em comparação a outros métodos. Além disso, o uso da membrana resulta em um produto final com menor teor de gordura e lactose.

E para garantir o custo-benefício do processo, é essencial que a resina seja facilmente mantida. Por isso, foi adaptado o processo de regeneração de resina aniônica, que utiliza solução de soda cáustica para retirar os íons retidos na resina. Esse processo é feito contracorrente, mas após um determinado tempo, o rendimento de produção diminui. Além disso, a regeneração das resinas aniônicas pode ocorrer com solução de soda cáustica com concentração de 4 a 8%. É importante lembrar que a regeneração de resinas aniônicas e catiônicas pode variar dependendo do tipo de resina e do processo de tratamento utilizado (RESINAS, 2017).

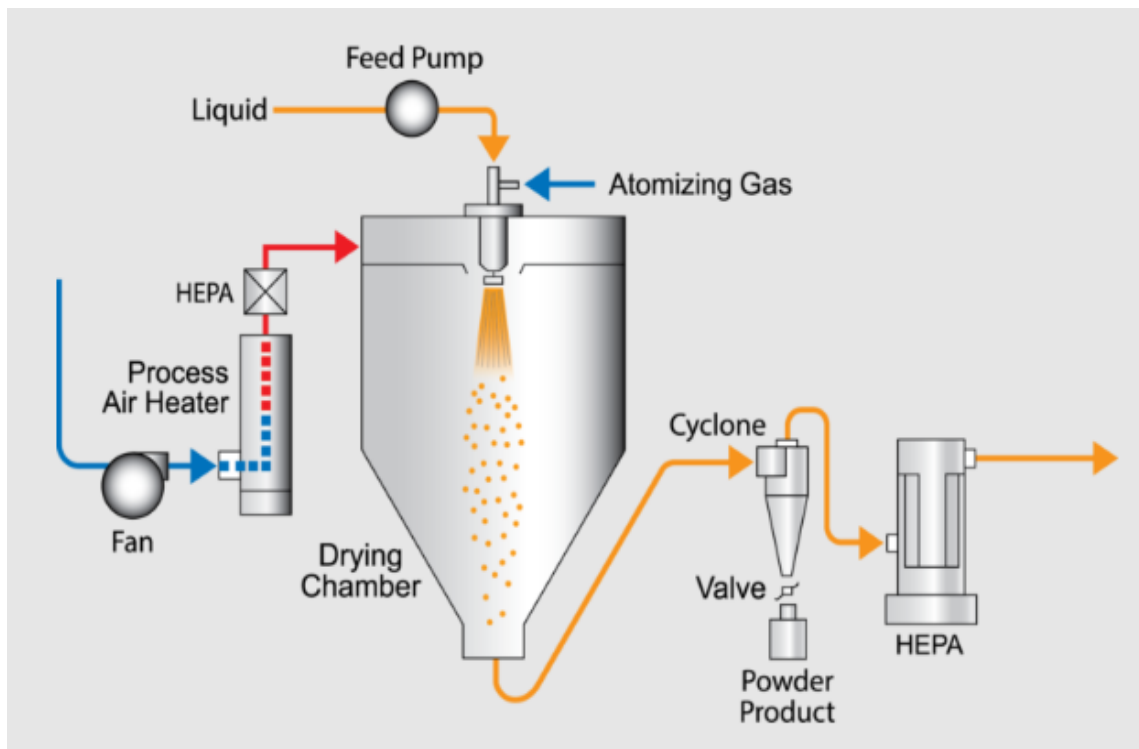
6.2.4 Secagem

O objetivo desse processo é realizar a secagem e atomização do concentrado de proteínas obtido nas etapas anteriores, transformando-o em pó com um teor de umidade inferior a 5%. A empresa CabrWhey optou por utilizar um secador por

pulverização (*spray dryer*) para essa finalidade. O processo de secagem no secador por pulverização ocorre em três etapas, conforme ilustrado na Figura 9.

Na primeira etapa, o soro do leite é atomizado em pequenas gotículas, o que resulta em uma área superficial maior. Na segunda etapa, essas gotículas são expostas a uma corrente de ar quente, geralmente na faixa de temperatura de 160 a 250°C. Isso permite a transferência de calor para as gotículas. Na terceira etapa, ocorre uma rápida evaporação das gotículas, resultando na formação de partículas sólidas, ou seja, o pó de proteína (LUZ, 2016).

Figura 9 - Sistema de secagem por pulverização (*Spray dryer*).



Fonte: Secagem (2021)

O processo de secagem por *spray dryer* é capaz de remover até 99,5% da água presente no *Whey Protein* Concentrado, resultando em um aumento percentual dos demais compostos no produto final. Além de sua função principal de transformar um líquido em pó, o *spray dryer* também apresenta a capacidade de proteger compostos bioativos contra processos de degradação, como a oxidação. Isso resulta na eficiência da preservação dos compostos e na redução das perdas de propriedades nutritivas e características sensoriais do produto (SOUZA *et al.*, 2018).

6.2.5 Ciclone

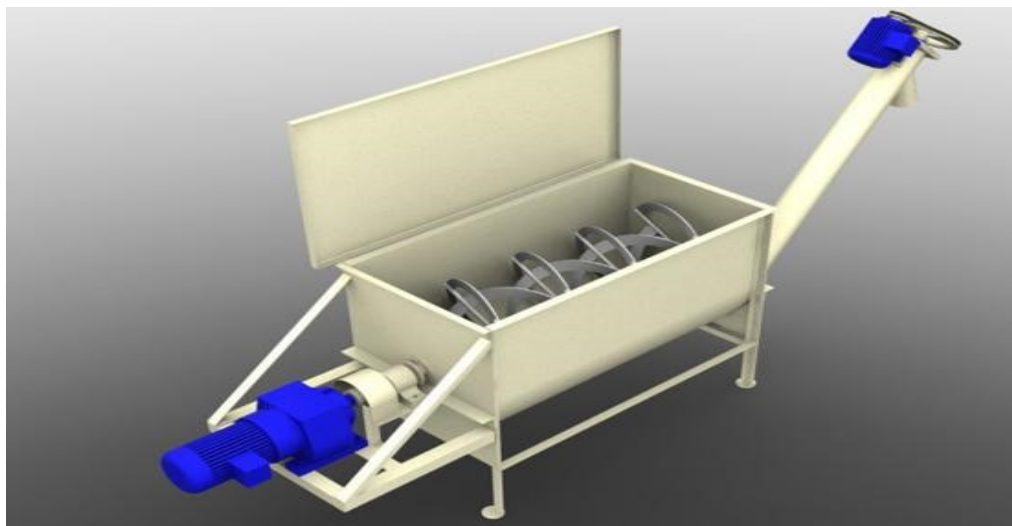
Após a secagem do concentrado de proteínas é necessário o uso dos ciclones, que são equipamentos responsáveis pela coleta das partículas, ou seja, a limpeza dos gases e o arraste de maior parte das partículas em suspensão para obter um alto índice de eficiência.

6.2.6 Mistura

Após o processo de secagem, o produto é submetido a um processo de mistura, no qual são adicionados compostos de formulação, como essências. Esses compostos são responsáveis por conferir cor, sabor e características emulsificantes ao produto final, facilitando sua dissolução em líquido durante o preparo e consumo (CORREIA *et al.*, 2019).

O processo de mistura e homogeneização ocorre em um misturador a seco, equipado com lâminas helicoidais conforme mostrado na Figura 10. As lâminas helicoidais impulsionam os materiais, promovendo a mistura por meio de serpentinas de fluxo e contrafluxo. Isso cria uma ampla área de contato, resultando em um alto grau de homogeneidade no produto final (SUPERSTEEL, 2017).

Figura 10 - Misturador Horizontal.



Fonte: CIRELLI, 2017

6.2.7 Análises físico-químicas

Por fim, é necessário realizar análises químicas e físicas do produto para obter informações sobre suas propriedades e compará-las com os requisitos legais e as expectativas da empresa. Essas análises são essenciais para garantir a conformidade do produto antes de prosseguir para as etapas subsequentes e chegar ao consumidor final (CORREIA *et al.*, 2019).

As análises também serão realizadas no laboratório da empresa, utilizando amostras do produto obtidas no final de cada lote de produção. Essas análises têm como objetivo aprimorar e melhorar os produtos finais, bem como os processos de produção (CORREIA *et al.*, 2019).

6.2.8 Empacotamento

Após a etapa de mistura e análise de qualidade, o produto será encaminhado para o departamento de empacotamento, onde será embalado em dois tipos de recipientes. O recipiente padrão será um pote de *Whey Protein* concentrado, com capacidade de 1 kg, adequado para cada sabor produzido. Além disso, serão utilizados pacotes de 1 kg como opção de refil (CORREIA *et al.*, 2019).

O processo de empacotamento será realizado de forma automatizada, utilizando uma máquina empacotadora dimensionada para atender a demanda diária com uma margem de segurança. Dessa forma, caso haja um aumento na demanda, a máquina será capaz de suprir as necessidades, conforme ilustrado na Figura 11 (CORREIA *et al.*, 2019).

Figura 11 - Empacotadeira automática para pó.



Fonte: PROTEC (2014)

6.2.9 Armazenamento

Após a conclusão do processo de produção e embalagem, é necessário armazenar o produto em *racks* de armazenamento, conforme ilustrado na Figura 12. Estes *racks* são organizados e monitorados por sistemas de registro computacionais, que utilizam etiquetas e números de cadastro para identificar e controlar a quantidade de produtos armazenados em cada *rack*. Essas informações são essenciais para o controle de vendas e o acompanhamento da quantidade de produtos disponíveis para distribuição (TPC, 2022).

Figura 12 - Rack de armazenamento para estocagem dos produtos.



Fonte: TPC (2022)

7 UTILIDADES

O setor de utilidades de uma indústria é composto por serviços que são de extrema importância no dia a dia da indústria, como geração de ar aquecido, tratamento de água e geração de energia. Para manter um alto padrão de qualidade é necessária, também, uma boa manutenção nesse setor a fim de evitar falhas.

Levando em consideração a importância das utilidades e uma visão sustentável, a empresa direcionou sua atenção às utilidades de geração de vapor e tratamento de água.

7.1 Vapor

O vapor é uma utilidade muito importante para a produção de *Whey Protein* e, devido a essa necessidade, a geração de vapor ocorrerá em caldeira elétrica presente na própria indústria aumentando, assim, a sua eficiência de produção. A caldeira produz vapor por meio do aquecimento da água que é uma substância de fácil acesso pela indústria, pois há um lago bem próximo a localidade da empresa proporcionando um custo relativamente baixo (ENTENDA, 2022).

O vapor é utilizado para o aquecimento indireto no pasteurizador e no *spray dryer* o aquecimento é direto, ou seja, o vapor tem contato físico com o produto com a finalidade de atomizar as partículas.

7.2 Tratamento de água

O tratamento de água é um processo muito importante, pois na parte de utilidades a água será utilizada na caldeira e para resfriamento.

A água utilizada na caldeira e para resfriamento é proveniente de fontes naturais e, com isso, pode conter diversas substâncias em suspensão ou dissolvidas em concentrações diversas, devido a isso é necessário realizar um tratamento dessa água a fim de evitar possíveis danos ao equipamento e diminuição de sua eficiência.

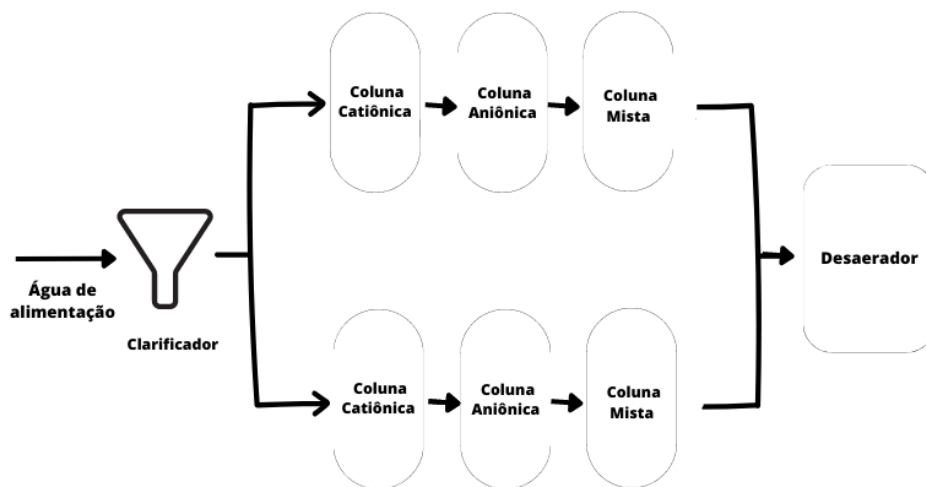
O primeiro processo do tratamento de água é a clarificação, que tem a finalidade de remover todas as partículas sólidas e em suspensão, e remover a turbidez. Nesse processo, é adicionado um coagulante na água formando flocos e

decantando partículas ao fundo para a realização da separação da água (NOGUEIRA; NOGUEIRA; ROCHA, 2005).

A segunda etapa do processo de tratamento é a suavização, que é um processo de desmineralização que deixa a água praticamente livre de materiais dissolvidos. Esse processo envolve a passagem da água por uma coluna de resina catiônica, que retém os cátions e libera hidrogênio, e depois por uma coluna de resina aniônica para reter os ânions e liberar a hidroxila. Além disso, a água pode passar por um leito misto de resinas para garantir maior pureza da água. Periodicamente, é necessário regenerar essas resinas que ficam saturadas e perdem sua capacidade. Para o processo de regeneração, é utilizado ácido clorídrico para resinas catiônicas e hidróxido de sódio para resinas aniônicas (INÁCIO *et al.*, 2016).

Por fim, é necessário um processo de desaeração que tem como finalidade eliminar todos os gases dissolvidos na água e, após isso, poderá ser encaminhada para utilização na indústria como mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Representação do processo de tratamento de água para caldeira.



Fonte: Autoria própria (2023)

8 LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade do *Whey Protein* deve ser realizado desde a etapa de recebimento da matéria-prima, pois é fundamental avaliar diversos indicadores e parâmetros ao longo do processo produtivo. Com o propósito de assegurar a manutenção da qualidade do produto em um patamar de excelência, é imprescindível efetuar análises de maneira regular, tanto para cada remessa de matéria-prima recebida na indústria, como para cada lote de produto fabricado. Essas análises são essenciais para assegurar que os padrões de qualidade sejam atendidos.

8.1 Análises da matéria-prima

A qualidade da matéria-prima é um aspecto crucial para o processo industrial, e para garantir um alto nível de qualidade, é necessário realizar análises físico-químicas e qualitativas da matéria-prima. No caso do soro do leite, é importante que este esteja em conformidade com as regulamentações estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de acordo com as instruções normativas nº 62 e 68 (BRASIL, 2006). Essas regulamentações definem os requisitos e especificações que devem ser atendidos pelo soro do leite, a fim de assegurar a qualidade do produto final.

- Análise Microbiológica Coliformes tolerantes < 10 UFC/mL.
- Análise Microbiológica *Salmonella sp*
- % Acidez: será determinada a partir da titulação com hidróxido de sódio e deverá estar entre 0,11 – 0,15%;
- pH: será utilizado um pHmetro digital, contabilizando 4,47- 5,30 de acidez;
- % Umidade deverá ser de 91 – 96% e a secagem em estufa a 105°C;
- % Cinzas entre 0,37 – 0,72% através da incineração na mufla a 550°C;
- % Proteínas entre 0,77 – 1,3% utilizando o método de análises macro- Kjeldahl;
- % Gordura deverá ser de 0,14 – 0,68% e a lactose de 3 – 5,2%;
- % Carboidratos deverão ser de 2%.

Os parâmetros analisados têm um impacto direto na qualidade da matéria-prima, sendo determinantes para a eficiência e o rendimento do processo produtivo. Esses parâmetros serão avaliados imediatamente após o recebimento da matéria-

prima, permitindo que sejam tomadas as medidas de tratamento adequadas caso os valores estejam fora dos padrões ideais (SOARES, 2014). Essa abordagem proativa de análise e tratamento assegura que a matéria-prima seja utilizada de forma adequada, minimizando possíveis impactos negativos na qualidade e no desempenho do processo industrial.

8.2 Análises dos produtos

A garantia da qualidade também é essencial antes que os produtos finais cheguem aos clientes, a fim de evitar contaminação ou defeitos de fabricação, e assegurar a satisfação dos mesmos. Existem normas que regulam o empacotamento e a embalagem de alimentos industrializados, como a Resolução RDC nº 429 (BRASIL, 2020), que estabelece diretrizes para a padronização, classificação, registro, inspeção, produção, fiscalização e rotulagem do produto.

Embora não haja uma regulamentação específica para os produtos em questão, estudos conduzidos por Silva e Souza (2016) estimaram que o teor de umidade desses produtos deve variar entre 3,99% e 6,70%. Esse parâmetro é de extrema importância para garantir a estabilidade, segurança e qualidade do *Whey Protein* fabricado.

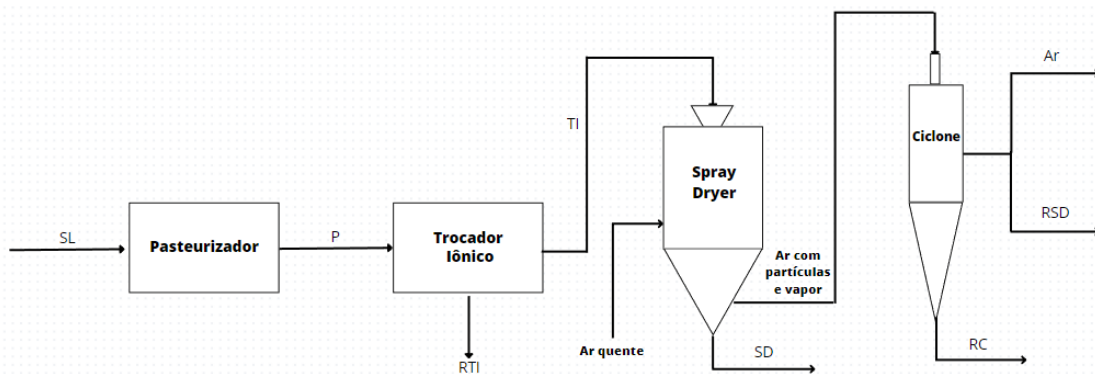
Quanto aos teores médios de cinzas, o método de análise por queima seca deve ser utilizado para estabelecer uma faixa de 2,81% a 4,94% no produto final. O teor proteico nas amostras finais deve ter uma média de 39,72% a 78,62%. Além disso, a porcentagem de carboidratos na amostra deve ser analisada e deve estar na faixa de 9,48% a 43,15% (SILVA; SOUZA, 2016).

Nesse contexto, o laboratório de controle de qualidade desempenha um papel fundamental, pois é essencial manter os padrões desde o início do processo produtivo até o produto final, garantindo o reconhecimento e a satisfação dos clientes.

9 BALANÇO DE MASSA PARA O PROCESSO PRODUTIVO DO WHEY PROTEIN CONCENTRADO A PARTIR DO SORO DO LEITE DE CABRA

Para realizar o balanço de massa do processo produtivo do *Whey Protein* a partir de soro do leite de cabra, foram adotadas as seguintes premissas: o processo opera em batelada 8 horas por dia, sendo que no período da manhã são operados o pasteurizador e o trocador iônico, e no período da tarde os demais equipamentos, não há acúmulo com a variação do tempo e não ocorrem reações químicas durante o processo. A Figura 14 apresenta o esquema do processo.

Figura 14 - Fluxograma do processo de produção do *Whey Protein* Concentrado.



Fonte: Autoria própria (2022)

O processo de produção do *Whey Protein* a partir do soro do leite de cabra começa com o pasteurizador, seguido pelo sistema de troca iônica, no qual o objetivo é concentrar a proteína e remover parcialmente os sólidos totais.

No pasteurizador, não ocorre variação de massa, ou seja, tudo o que entra na corrente de soro do leite (SL) segue para a corrente de produto (P) e entra no sistema de troca iônica.

Para estimar a quantidade inicial do soro do leite de cabra a ser processada pela empresa, utilizou-se a Tabela 2 como referência, calculando a soma da quantidade de leite produzido na região próxima a Campina Grande - PB. Considerando que cada litro de leite produz 900 mL de soro (ALVES *et al.*, 2014), assumiu-se que 75% de todos os produtores da região fornecerão à CabrWhey o soro do leite de cabra que seria anteriormente descartado.

Em seguida, essa quantidade foi dividida por 240 dias, correspondendo aos dias úteis em um ano. O valor resultante foi multiplicado por 0,7, pois foi estabelecido

que cerca de 30% do soro do leite é inadequado para a produção e é encaminhado para tratamento de efluentes (ETE). Portanto, o valor inicial para os cálculos foi de 11.237 L de soro do leite por dia, equivalente a 11.577 kg/dia e densidade de 1,0302 g.cm⁻³.

A Tabela 3 apresenta as composições necessárias do soro do leite de cabra para o cálculo do balanço de massa.

Tabela 3 - Composição do soro do leite de cabra.

Componente	Fração mássica	Massa (kg)
Água	0,938	10853,439
Gordura	0,005	57,885
Proteína	0,010	115,770
Lactose	0,040	463,080
Cinzas	0,008	86,828
TOTAL	1,000	11577,000

Fonte: Autoria própria (2022)

A Equação 1 demonstra o balanço de massa global para o sistema de troca iônica.

$$P = TI + RTI \quad (1)$$

A Equação 2 representa o balanço de massa por componente, no caso, para a água.

$$x_{\text{água}}^P P = x_{\text{água}}^{TI} TI + x_{\text{água}}^{RTI} RTI \quad (2)$$

Os cálculos para os balanços de cada componente são semelhantes à Equação 1 e à Equação 2, variando apenas as correntes de entrada e saída, bem como os componentes considerados, que incluem gordura, proteína, lactose e cinzas presentes na composição do soro do leite de cabra.

Os resultados desses cálculos estão apresentados na Tabela 4, na qual P representa a corrente de entrada do soro do leite após passar pelo pasteurizador, TI é o soro concentrado resultante do processamento e que será direcionado para o *Spray dryer*, e RTI é o resíduo obtido no sistema de troca iônica, que será tratado antes de ser descartado no meio ambiente.

Tabela 4 - Resultados obtidos dos balanços de massa no sistema de Troca Iônica.

Corrente	P		TI		RTI	
	x	m(kg/dia)	x	m(kg/dia)	x	m(kg/dia)
Água	0,937	10853,439	0,8386	542,6719	0,9434	10310,0766
Gordura	0,005	57,885	0,0072	4,6308	0,0049	53,2542
Proteínas	0,010	115,770	0,1154	74,6717	0,0038	41,0984
Lactose	0,040	463,080	0,0107	6,9462	0,0417	456,1339
Cinzas	0,007	86,827	0,0282	18,2338	0,0063	68,5937
TOTAL	1,000	11577,001	1,0000	647,1544	1,000	10929,8469

Fonte: Autoria própria (2022)

Para o sistema de troca iônica (IEWPC), considerou-se que na corrente TI sairia 5% de água, 8% de gordura, 64,5% de proteína, 1,5% de lactose e 21% de cinzas (NICHOLS; MORR, 1985).

O atomizador, responsável pela pulverização do concentrado, é o equipamento responsável por transformar o produto líquido em pó, conferindo as características do *Whey Protein*. Sua operação consiste em secar os produtos líquidos utilizando uma corrente de ar quente, removendo apenas a água (corrente RSD). A porcentagem de proteína desejada no produto final (corrente SD) deve estar na faixa de 35% a 80% para o *Whey Protein* Concentrado (ÇELIK, 2015).

Dessa forma, foi possível realizar o balanço de massa para o *spray dryer* na produção do *Whey Protein* concentrado, e os resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5- Resultados obtidos pelos balanços de massa para o *spray dryer*

Corrente	TI		SD		RSD	
	x	m(kg/dia)	x	m(kg/dia)	x	m(kg/dia)
Água	0,8386	542,6719	0,0037	0,3907	1,000	542,2812
Gordura	0,0072	4,6308	0,0442	4,6308	0,000	0,000
Proteínas	0,1154	74,6717	0,7120	74,6717	0,000	0,000
Lactose	0,0107	6,9462	0,0662	6,9462	0,000	0,000
Cinzas	0,0282	18,2338	0,1739	18,2338	0,000	0,000
TOTAL	1,0000	647,1544	1,000	217,923	1,000	542,2812

Fonte: Autoria própria (2022)

Ao final do processo, um ciclone é utilizado para separar as partículas muito finas que podem ter sido carregadas pelo ar proveniente do *spray dryer*. A água da

corrente RSD (resíduo do *spray dryer*) é incorporada ao ar e, após o devido tratamento, é liberada para a atmosfera.

Após a conclusão de todos os processos, a corrente SD, que representa o produto final, passa por uma etapa de adição de essência, a qual proporcionará sabor e aroma específicos para cada um dos sabores desenvolvidos, sendo que a produção de cada sabor dependerá da demanda e do estoque disponível. Logo em seguida, o produto finalizado é encaminhado para o armazenamento.

10 BALANÇO DE ENERGIA PARA O PROCESSO PRODUTIVO DO WHEY PROTEIN CONCENTRADO A PARTIR DO SORO DO LEITE DE CABRA

10.1 Pasteurizador

O pasteurizador escolhido pela CabrWhey foi o trocador de calor duplo tubo, que é um equipamento utilizado para o processo de pasteurização de líquidos, como leite, sucos, bebidas e outros produtos sensíveis ao calor. É projetado com dois tubos concêntricos, no qual o líquido a ser pasteurizado flui pelo tubo interno, enquanto um meio de aquecimento circula pelo tubo externo.

O processo de pasteurização ocorre por meio da transferência de calor do meio de aquecimento para o líquido. O meio de aquecimento pode ser vapor, água quente ou outro fluido térmico, dependendo da aplicação e das necessidades do processo. À medida que o líquido passa pelo tubo interno, o calor é transferido para ele, elevando sua temperatura para um nível específico e mantendo-o por um determinado período de tempo, geralmente definido para eliminar os microrganismos prejudiciais.

A configuração de tubo duplo oferece algumas vantagens em relação a outros tipos de pasteurizadores. O design concêntrico permite uma área de superfície maior para a transferência de calor, o que resulta em uma pasteurização mais eficiente e rápida. Além disso, o tubo externo atua como uma camada de isolamento térmico, reduzindo as perdas de calor para o ambiente circundante e melhorando a eficiência energética do processo.

A CabrWhey irá utilizar como meio de aquecimento o vapor, advindo de uma caldeira elétrica. Para poder determinar a quantidade mássica de vapor necessária, primeiro é preciso saber a quantidade de calor (Q) que será trocada.

Para os cálculos, foram assumidos um coeficiente global de transferência de calor e calor específico constante ao longo do trocador, além de perdas de calor para as vizinhanças desprezíveis. As equações utilizadas foram.

$$Q_q = \dot{m}_q * L \quad (3)$$

$$Q_f = \dot{m}_f * Cp * \Delta T \quad (4)$$

Para o fluido quente, foi utilizada a Equação 3, por ocorrer mudança de fase. E para o fluido frio foi utilizada a Equação 4, pois não ocorre a troca de fase.

Quadro 1 - Soro Leite de Cabra

T _{fe}	4	°C
T _{fs}	75	°C
m	0,8039584	kg/s
C _p	4400	J/kg.K
ρ	1200	kg/m ³
μ _{i(u)}	1,02E-03	N.s/m ²
k	0,607	W/m*K

Fonte: Autoria própria (2023)

Conhecendo os parâmetros para o fluido frio (soro do leite) apresentados no Quadro 1, por meio da Equação 4 é possível calcular a quantidade de calor trocada ($Q_f = 251157W$).

Considerando que não há perda de calor para o ambiente, foi utilizada a Equação 5 para determinar a vazão mássica de vapor de água (\dot{m}_q).

$$Q = Q_f = Q_q \quad (5)$$

Para o fluido frio, soro do leite, a vazão mássica determinada foi de 2894 kg/h e para o calor específico foi utilizada uma média entre o valor do leite e o da água, visto que o calor específico do soro do leite de cabra não foi encontrado na literatura consultada. A temperatura de entrada foi de 4°C e a de saída de 75 °C.

Desta forma, foi determinado o valor de $\dot{m}_q = 449$ kg/h, que representa a quantidade de vapor necessária para a realização da pasteurização.

10.1.1 Trocador de calor duplo tubo - Resfriamento

Após a pasteurização, o soro do leite é imediatamente resfriado por meio de um trocador de calor de tubo duplo. Neste equipamento, o tubo interno é preenchido com o soro do leite, atuando como fluido quente. No espaço anular entre os tubos interno e externo, circula o fluido frio que, neste caso, é a água em temperatura ambiente, responsável por absorver o calor do soro do leite.

A transferência de calor ocorre de maneira similar ao processo de pasteurização, no qual o fluido quente cede calor para a parede do tubo. Por sua vez, a parede do tubo transfere esse calor para o fluido frio que circula no espaço anelar.

Para realizar os cálculos, foi considerado que o coeficiente de transferência de calor total seja constante e a capacidade de calor específica seja constante ao longo do trocador de calor. Além disso, as perdas de calor para o ambiente foram ignoradas, considerando-as desprezíveis.

Com o balanço de energia foi possível determinar a quantidade de calor trocada (Q). Para ambos os fluidos foi utilizada a Equação 4, pois não ocorre mudança de fase. Os dados estão representados no Quadro 2.

Quadro 2 - Água

T _{qe}	20	°C
T _{qs}	35	°C
ρ	1000	kg/m ³
μ(u)	1,00E-03	N.s/m ²
k	0,6	W/m.K
C _p	4186	J/kg.K

Fonte: Autoria própria (2023)

Conhecendo-se os parâmetros para o soro do leite (Quadro 1) e os da água (Quadro 2) e por meio da Equação 4, foi possível calcular a quantidade de calor trocada ($Q_q=123810W$). Com base na consideração de não haver perda de calor para o ambiente, foi utilizada a Equação 5 para determinar a vazão mássica de água (\dot{m}_f).

Para o fluido quente, soro do leite, foram utilizados os mesmos dados da pasteurização, com a temperatura de entrada do soro igual a 75°C e saída de 4°C. Para a água de resfriamento foram obtidos os valores de viscosidade, calor específico, densidade e condutividade térmica através do *software* COCO[V3.6], e definida a temperatura de entrada de 20°C e a de saída de 35°C.

Dessa forma, foi determinado o valor de $\dot{m}_f = 7099kg/h$ que representa vazão mássica de água necessária para o resfriamento do soro do leite de cabra.

10.2 Spray dryer

O *spray dryer* é um equipamento que opera em altas temperaturas a fim de atomizar as partículas líquidas do soro de leite. Para ocorrer essa operação, é utilizada uma corrente de vapor de água e, com base nisso, foi possível construir um balanço energético para este equipamento, conforme Equação 6, que representa o calor trocado entre as fases.

$$m_{vapor} * \int C_{p_{vapor}} * (T_{ent,vapor} - T_e) = m_{soro} * C_{p_{soro}} * (T_e - T_{ent,soro}) + m_{ev} * \lambda_{água} \quad (6)$$

Em que:

m_{vapor} – Vazão mássica do vapor de água (kg/h);

$C_{p_{vapor}}$ – Calor específico do vapor água;

$T_{ent,vapor}$ – Temperatura de entrada de vapor de água;

T_e – Temperatura de equilíbrio;

m_{soro} – Vazão mássica do soro concentrado;

$C_{p_{soro}}$ – Calor específico do soro concentrado;

$T_{ent,soro}$ – Temperatura de entrada do soro;

m_{ev} – Vazão mássica do evaporado;

$\lambda_{água}$ – Entalpia de mudança de fase L-V á 105°C com uma pressão de 120,82 kPa;

Considerou-se que o processo ocorre de maneira adiabática. O c_p dos líquidos foi considerado constante, e o c_p dos gases foi calculado em função da temperatura conforme a Equação 8.

De acordo com Himmemblau e Riggs (2006):

$$\Delta H = \int_{T_e}^{T_{ent,vapor}} c_p * dt \quad (7)$$

$$c_p = a + b * T + c * T^2 + d * T^3 \quad (8)$$

Pelas Equação 7 e 8 calculou-se a variação de entalpia (kJ/kmol) do vapor de água. Calculou-se então para a água, os dados são expressos na Tabela 6.

Tabela 6 – Cálculo das entalpias para o H₂O.

	T _{eq} (°C)	T _{ent} (°C)	a	b x 10 ²	c x 10 ⁵	d x 10 ⁹	ΔH (kJ/kmol)
H ₂ O	105	183	33,36	0,688	0,7604	-3,593	H ₂ O

Fonte: Autoria própria (2023)

Para a realização dos cálculos do calor sensível do resfriamento do vapor de água até a temperatura de equilíbrio dividiu-se o resultado encontrado pelo Total de entalpia pela massa molar da água para transformá-la na unidade desejada, como pode ser observado na tabela 7.

Tabela 7 – Resultado da entalpia do ar em kJ/kg.

Total (kJ/kmol)	2691,0574
ΔH (kJ/kg)	149,3704

Fonte: Autoria própria (2023)

Para a realização dos cálculos foram considerados os seguintes parâmetros mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 – Dados considerados.

m soro concentrado(kg)	647,1544
Tempo do Spray dryer (h)	4
Taxa mássica (kg/h)	161,7886
C _p soro concentrado (kJ/kg°C)	4,4
T _{ent} soro (°C)	25
T _{eq} soro (°C)	105
m evaporado (kg)	542,281
Taxa evaporado (kg/h)	135,57025
λ _{água} (kJ/kg)	2114,26

Fonte: Autoria própria (2023)

Após a realização dos cálculos utilizando a Equação 6, foi encontrado um resultado de $m_{\text{vapor}} = 2300,19 \text{ kg/h}$, sendo equivalente a $0,6389 \text{ kg/s}$.

Analogamente, para calcular a transferência de calor entre as correntes (Q) necessária para realizar a operação, utilizou-se o mesmo procedimento utilizando as Equações 7 e 8, obtendo-se, assim, a Tabela 9.

Tabela 9 – Cálculos das entalpias para H₂O.

	T _{eq} (°C)	T _{ent} (°C)	a	b x 10 ²	c x 10 ⁵	d x 10 ⁹
H ₂ O	25	183	33,36	0,688	0,7604	-3,593

Fonte: Autoria própria (2023)

O resultado encontrado, total de entalpia, foi dividido pela massa molar da água para que o resultado ficasse na unidade de medida desejada, como pode ser visto na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultado da entalpia em kJ/kg

Total (kJ/kmol)	5398,419
ΔH (kJ/kg)	299,646

Fonte: Autoria própria (2023)

10.3 Caldeira

A geração de vapor é uma necessidade na indústria, pois muitos processos utilizam vapor saturado como utilidade quente. O vapor saturado tem a vantagem de manter a temperatura constante durante o processo de condensação, quando mantida a pressão constante. Para garantir a eficiência energética do sistema de geração de vapor, é necessário realizar balanços energéticos e avaliar os resultados obtidos. No caso específico da CabreWhey, a eficiência energética do sistema de geração de vapor é avaliada com base nos valores necessários de vapor saturado que serão utilizados no pasteurizador e no *spray dryer*. A partir desses valores, foi possível calcular o trabalho que a caldeira elétrica da CabreWhey terá, garantindo assim a eficiência energética do sistema de geração de vapor.

Com base nas informações anteriores, a simulação da geração de vapor foi realizada usando o *software* COCO[V3.6]. A simulação foi dividida em duas fases: a primeira etapa para a pasteurização, que será utilizada por 4 horas no turno da manhã, e a segunda etapa para o *spray dryer*, que funcionará no turno da tarde, também por 4 horas. A simulação ajuda a medir a eficiência energética dos sistemas de geração de vapor e identificar as possíveis melhorias para garantir a eficiência dos processos industriais. A geração de vapor é uma necessidade na maioria dos processos industriais, e o vapor saturado tem a grande vantagem de manter uma temperatura

constante durante a condensação, quando mantido a uma pressão constante. Mediante a utilização da simulação, foram obtidos os valores de trabalho da caldeira para os processos. Esses valores foram de 259.456W para o pasteurizador e de $1,79217 \times 10^6$ W para o *spray dryer*.

Apesar de o processo CabrWhey ser realizado em batelada, foi possível implementar uma integração energética no processo de pasteurização. Essa integração ocorre ao utilizar a corrente de vapor para pré-aquecer a corrente de água pressurizada que é enviada para a caldeira. Como resultado dessa integração, é possível reduzir em até 100.000W a carga de trabalho que seria exigida da caldeira. Tal simulação de projeto pode ser observada no Apêndice C.

11 TRATAMENTO DE RESÍDUOS

O *Whey Protein* é um produto que utiliza resíduos provenientes da fabricação de derivados do leite, especificamente o soro do leite. Essa prática representa um avanço significativo na reutilização de resíduos, evitando o desperdício de uma matéria-prima valiosa e o descarte inadequado na natureza.

No entanto, mesmo com a utilização do soro do leite, durante a produção do suplemento são gerados diversos resíduos que requerem tratamento adequado antes de serem liberados no meio ambiente. Nesse sentido, a empresa CabrWhey destinará seus resíduos de acordo com as regulamentações estabelecidas pela Resolução CONAMA Nº 313 de 2002 e a norma NBR 10.004 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (ABNT, 2004; RESOLUÇÃO, 2002).

Os resíduos gerados pela empresa são classificados como classe 3, devido à sua composição contendo resíduos inertes. Portanto, é necessário cumprir o artigo 16 da Resolução CONAMA 357/05 (2005), que estabelece os parâmetros a serem seguidos para o tratamento da água antes de ser descartada em corpos hídricos, que são:

- Estar virtualmente ausentes de qualquer material flutuante, abrangendo espumas não naturais;
- Ter óleos e graxas ausentes;
- Não ter substâncias que tenham gosto ou odor;
- Virtualmente ausentes de corantes de fontes antrópicas;
- Não conter resíduos sólidos objetáveis;
- DBO de 5 dias de até 10 mg.L⁻¹ em 20 °C, com turbidez de até 100 UNT e cor verdadeira de até 75 mg.Pt.L⁻¹;
- OD que seja maior que 4 mg.L⁻¹ O₂ e pH entre 6,0 a 9,0.

Considerando a classificação dos resíduos gerados como classe 3, é importante destacar que uma parcela de 30% do total de soro do leite de cabra recebido não estará em conformidade com os padrões necessários para ser direcionada ao processo produtivo. Essa fração será encaminhada diretamente para o tratamento de resíduos.

O monitoramento foi feito para garantir os parâmetros do soro conforme indicado por Hernares (2015). Esses parâmetros são utilizados como referência para monitorar e garantir a adequação do tratamento dos resíduos gerados durante o processo produtivo.

Foi considerado o valor de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de 3000 mg/L⁻¹ para os cálculos, conforme descrito em Ciência (2013). Esse valor é consistente com os parâmetros destacados por Henares (2015), servindo como base para avaliar a carga orgânica presente nos efluentes gerados pelo processo produtivo.

11.1 Balanço de massa da ETE

Considerando as diferentes concentrações de matéria orgânica, sólidos suspensos e pH presentes na corrente residual (RTI), essa corrente será direcionada juntamente com os 30% do soro do leite que não serão utilizados no processo para um tanque equalizador. O objetivo desse tanque é uniformizar as propriedades físico-químicas das correntes residuais, ressaltando que tais resíduos não contêm partículas maiores.

A corrente restante, denominada corrente RSD, é composta apenas por vapor d'água proveniente do *spray dryer*, e será liberada para a atmosfera.

Para tratar os orgânicos solúveis, semi-solúveis e as partículas finas derivadas de proteínas, lactose e cinzas removidas durante a produção, uma série de tanques de estabilização será usada: lagoa aeróbica (LA), lagoa anaeróbica (LAN) e lagoa facultativa (LFA).

Considerando a alta quantidade de matéria orgânica dissolvida no efluente, as lagoas de estabilização são a melhor escolha devido à capacidade de utilização de microrganismos para reduzir a carga de matéria orgânica por meio da digestão. A CabrWhey optou por uma sequência de lagoas para a sua Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), começando com uma lagoa aeróbica para a sedimentação inicial, seguida por uma lagoa anaeróbica com maior profundidade para minimizar a presença de oxigênio e, por fim, uma lagoa facultativa que utiliza microrganismos anaeróbios para digerir a carga orgânica presente no efluente.

O balanço de massa para a ETE seguiu o esquema apresentado na Figura 15, tendo como resultado final o somatório das correntes residuais provenientes do

efluente a ser tratado e do efluente rejeitado (soro do leite fora dos padrões), conforme demonstrado na Tabela 11.

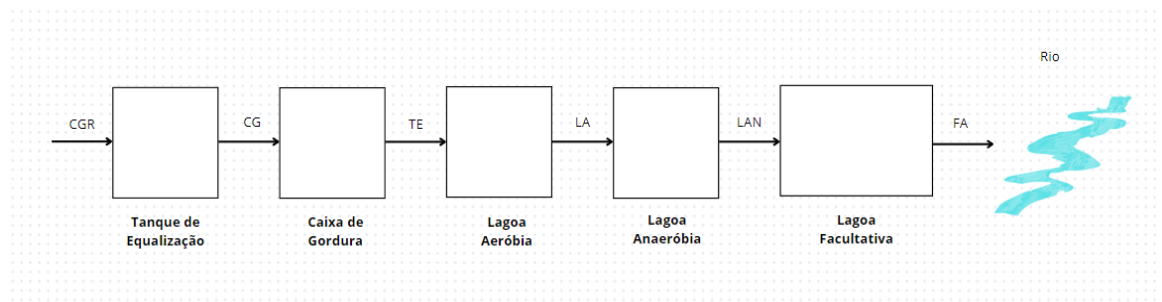
Tabela 11 - Efluentes.

	Efluente gerado	Soro do leite fora dos padrões
ETR (L)	10.609,442	4.816,125
X _{gordura}	0,0048	0,0050
G (L)	51,6931	24,080625

Fonte: Autoria própria (2022)

A gordura que se obtém no processo será redirecionada para empresas parceiras para a sua correta destinação.

Figura 15 - Representação da ETE da CabrWhey.



Fonte: Autoria própria (2023)

Assim, no tanque de equalização, ocorrerá a soma dos efluentes a serem tratados e rejeitados, resultando em um total de 15425,5668 L/por dia.

O balanço de massa global para o tanque de equalização é representado pela Equação 9.

$$CGR = R_{gordura} + CG \quad (9)$$

A Equação 10 apresenta o balanço de massa para a gordura, levando em consideração a sua eliminação completa pela caixa de gordura.

$$R_{gordura} = x_{gordura}CGR \quad (10)$$

Nas lagoas aeróbias, anaeróbias e facultativas, não haverá um acúmulo significativo de lodo, portanto, o fluxo será constante para o tratamento de resíduo.

Com base nos dados fornecidos pela SABESP em 2009, foram consideradas remoções de 90%, 85% e 75% para as lagoas aeróbias, anaeróbias e facultativas, respectivamente.

A partir dos balanços materiais, foram obtidos os valores de vazão, carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e teor de gordura, conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 – Processo de tratamento do resíduo.

Corrente	CGR	Saída da LA	Saída da LAN	Saída do LFA
Fluxo(L/dia)	15.425,567	15.349,793	15.349,793	15.349,793
DBO	3000	300	45	11,25
Gordura(kg)	70,242	-	-	-

Fonte: Autoria própria (2022)

12 DIMENSIONAMENTO E SETORIZAÇÃO

A CabreWhey implementará um total de seis setores distintos em suas instalações. Esses setores incluem: Setor 100 - Recebimento e Armazenamento de Matéria-Prima, Setor 200 - Produção, Setor 300 - Análise de Qualidade, Setor 400 - Utilidades, Setor 500 - Estoque e Setor 600 - Tratamento de Resíduos.

12.1 Setor 100: Recebimento e armazenamento de matéria-prima

Neste segmento apresentam-se os equipamentos presentes no setor 100 da indústria.

12.1.1 Tanque de armazenamento

Considerando a capacidade diária de processamento de soro do leite da CabreWhey, que é de 12.000 litros por dia, será necessário adquirir um conjunto de 15 tanques. Cada tanque terá uma capacidade de 1.000 litros, permitindo um armazenamento adequado do soro do leite. Os tanques terão uma dimensão de 1050 mm de diâmetro x 2380 de altura.

12.2 Setor 200: Produção

Neste segmento apresentam-se os equipamentos presentes no setor 200 da indústria.

12.2.1 Pasteurizador

O pasteurizador é um trocador de calor duplo tubo caracterizado por seus diâmetros internos e externos. Como já foi mencionado anteriormente, foi dimensionado um trocador de calor de duplo tubo de aquecimento com 181,63 m de comprimento. Pensando que este equipamento é grande e que não é viável ocupar todo este espaço, o mesmo será dividido em 37 tubos de 5 metros. Já para o trocador de calor duplo tubo de resfriamento, foi dimensionado um trocador de calor de duplo tubo com 13,5 m de comprimento. Pensando que este equipamento é grande e que

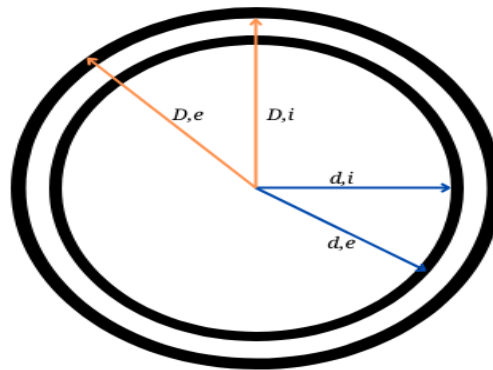
também não é viável ocupar todo este espaço, o mesmo foi projetado em 3 tubos de 4,5 m de comprimento.

12.2.1.1 Aquecimento pasteurizador

O método para o dimensionamento utilizado foi o DMLT (*Design Method of Logarithmic Temperature Difference*).

O equipamento é caracterizado pelos seus diâmetros internos e externos, descritos na Figura 16.

Figura 16 – Diâmetros característicos do trocador de calor duplo tubo.



Fonte: Autoria própria (2023)

No dimensionamento do trocador de calor foram adotados os diâmetros com base nos valores da Tabela padrão IPS, apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Padrão IPS

	polegadas	metros
De	2,38	0,060452
Di	2,067	0,0525018
de	1,66	0,042164
di	1,38	0,035052

Fonte: PADRÃO IPS

Para os cálculos foram assumidos um coeficiente global de transferência de calor e calor específico constantes ao longo do trocador, além de perdas de calor para o meio ambiente desprezíveis.

A Equação 11 foi utilizada para o projeto do trocador de calor.

$$Q = U * A * \Delta T_{ln} \quad (11)$$

Em que:

Q = calor trocado (J/s) ou W;

U = coeficiente global de troca térmica ou coeficiente global de transferência de calor (J/s.m²);

A = área de troca térmica (m²);

ΔT_{ln} = média logarítmica de temperatura (°C).

Sabendo-se que o valor de Q=251157W que já foi determinado anteriormente no balanço de energia do pasteurizador duplo tubo, pode-se proceder com os cálculos.

Primeiramente, é necessário determinar o coeficiente global de troca térmica (U), o qual depende do coeficiente de transferência de calor por convecção do fluido frio (h_f ou h_e), do quente (h_q ou h_{ie}), do fator incrustação (R_d) e da resistência condutiva da parede (R_p).

A resistência condutiva por apresentar valores insignificantes comparados aos demais coeficientes foi desconsiderada nos cálculos.

Para a determinação do coeficiente de transferência de calor dos fluidos, primeiramente, foi necessário calcular a velocidade (Equação 12) e determinar o tipo de escoamento por meio do número de Reynolds (\Re) (Equação 13).

No cálculo da velocidade, o diâmetro deve ser adaptado de acordo com a área na qual o fluido irá escoar, sendo a área da seção de escoamento do soro do leite de cabra o anel entre os tubos e a área da seção de escoamento da água o tubo interno. Para o cálculo de Reynolds da água foi utilizado o diâmetro interno do tubo, já para o soro do leite de cabra foi utilizado o diâmetro equivalente (Equação 14), por se tratar de um anel.

$$\frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{v * \pi * di^2}{4} \quad (12)$$

$$\Re = \frac{\rho * v * di}{\mu} \quad (13)$$

$$d_{eq} = \frac{D_i^2 - d_e^2}{d_e} \quad (14)$$

Em que, a vazão mássica é representada por \dot{m} (kg/h), a densidade é ρ (kg/m³), a velocidade é v (m/s), o d_i (m) representa o diâmetro interno do tubo interno, o D_i (m) é o diâmetro interno do tubo externo, o d_e (m) é o diâmetro externo e d_{eq} (m) é o diâmetro equivalente.

Com a classificação do escoamento definida, foi calculado o número de Nusselt, para o fluido quente e para o fluido frio. O escoamento da água foi classificado como laminar ($Re = 4,5$), utilizando a Equação 15 para encontrar $Nu = 6,18 \cdot 10^{-4}$. Já o escoamento do soro do leite foi classificado como turbulento ($Re = 2,38 \cdot 10^4$), utilizando a Equação 16 para encontrar $Nu = 1,67 \cdot 10^2$.

$$Nu = 1,86 * \left(\frac{\Re * Cp * \mu}{K} * (D/L) \right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{\mu}{\mu_p} \right)^{0,14} \quad (15)$$

$$Nu = 0,027 * \Re^{0,8} * \left(\frac{Cp * \mu}{K} \right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{\mu}{\mu_p} \right)^{0,14} \quad (16)$$

Admitindo-se propriedades constantes, a última parcela da Equação de Nusselt foi desconsiderada.

Obtidos os números de Nusselt para os fluidos, foi determinado, então, o coeficiente de transferência de calor por convecção para cada fluido, por meio da Equação 17, ressaltando-se a utilização do diâmetro adequado para cada caso. Ainda, para a água, foi necessária uma correção do valor, obtendo-se h_{ie} , (Equação 18).

$$Nu = \frac{h * D}{K} \quad (17)$$

$$h_{ie} = h_{i * \frac{d_i}{d_e}} \quad (18)$$

Para o fluido interno, o coeficiente de calor por convecção calculado foi $h_{ie} = 5,19 \cdot 10^{-4}$ W/m²K e para o externo, tem-se $h_e = 4,36 \cdot 10^3$ W/m²K.

Com todos os parâmetros descritos anteriormente definidos, foi possível calcular o coeficiente global de troca térmica (U) e dimensionar o trocador de calor (Equação 19).

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + Rd_Q + Rd_f + \frac{1}{h_{ie}}} \quad (19)$$

Determinou-se o valor de $U = 6,29 \cdot 10^3$ e foi possível obter a área lateral do trocador de calor pela Equação 20, sendo obtido o valor de $A = 5,48 \cdot 10^3 \text{ m}^2$. Sendo assim, com o valor da área é possível dimensionar o comprimento (L) do trocador de calor.

$$A = 2 * \pi * r * L \quad (20)$$

Desse modo, foi dimensionado um trocador de calor de duplo tubo com 181,63 m de comprimento. Pensando que este equipamento é grande e que não é viável ocupar todo este espaço, o mesmo será dividido em 37 tubos de 5 metros.

12.2.1.2 Resfriamento pasteurizador

O dimensionamento do segundo trocador de calor duplo tubo será análogo ao primeiro, a grande diferença aqui será que o fluido quente desta vez é o soro do leite que foi pasteurizado e o fluido frio será a água em temperatura ambiente.

Para o dimensionamento do trocador de calor é necessário determinar o coeficiente global de troca térmica (U), o qual depende do coeficiente de transferência de calor por convecção do fluido frio (h_f ou h_e), do quente (h_q ou h_{ie}), do fator incrustação (R_d) e da resistência condutiva da parede (R_p).

A resistência condutiva por apresentar valores insignificantes comparados aos demais coeficientes foi desconsiderada nos cálculos.

Para a determinação do coeficiente de transferência de calor dos fluidos, primeiramente, foi necessário calcular a velocidade (Equação 12) e determinar o tipo de escoamento por meio do número de Reynolds (Equação 13). No cálculo da velocidade o diâmetro deve ser adaptado de acordo com a área na qual o fluido irá escoar, sendo a área da seção de escoamento da água o anel entre os tubos e a área da seção de escoamento do soro do leite o tubo interno. Para o cálculo de Reynolds da água foi utilizado o diâmetro interno do tubo, já para o soro do leite de cabra deve ser utilizado o diâmetro equivalente (Equação 14), por se tratar de um anel.

$$\frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{v * \pi * D^2}{4} \quad (12)$$

$$\Re = \frac{\rho * v * D}{\mu} \quad (13)$$

$$d_{eq} = \frac{D_i^2 - d_e^2}{d_e} \quad (14)$$

Com a classificação do escoamento definida, foi calculado o Número de Nusselt, para o fluido quente e para o fluido frio. O escoamento do soro do leite foi classificado como laminar ($Re = 0,43$) e, utilizando-se a Equação 15 encontrou-se $Nu = 4,03$. O escoamento da água foi classificado como turbulento ($Re = 5,94 * 10^4$), e utilizou-se a Equação 16 para encontrar $Nu = 3,4 * 10^2$.

$$Nu = 1,86 * \left(\frac{\Re * Cp * \mu}{K} * (D/L) \right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{\mu}{\mu_p} \right)^{0,14} \quad (15)$$

$$Nu = 0,027 * \Re^{0,8} * \left(\frac{Cp * \mu}{K} \right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{\mu}{\mu_p} \right)^{0,14} \quad (16)$$

Admitindo-se propriedades constantes, a última parcela da Equação de Nusselt foi desconsiderada, como dito anteriormente.

Obtido o número de Nusselt para os fluídos, é calculado o coeficiente de transferência de calor por convecção para cada um, por meio da Equação 17, ressaltando a utilização do diâmetro adequado para cada caso. Ainda, para o soro, é necessária uma correção do valor, obtendo h_{ie} , Equação 18.

$$Nu = \frac{h * D}{K} \quad (17)$$

$$h_{ie} = h_{i * \frac{d_i}{d_e}} \quad (18)$$

Para o fluído interno, o coeficiente de calor por convecção calculado foi $h_{ie} = 5,8 * 10^1$ e para o externo, tem-se $h_e = 8,8 * 10^3$.

Com todos os parâmetros descritos anteriormente definidos, é possível calcular o coeficiente global de troca térmica (U) e dimensionar o trocador de calor pela Equação 19.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + Rd_Q + Rd_f + \frac{1}{h_{ie}}} \quad (19)$$

Calculado o valor de $U = 8,80 \cdot 10^3$, é possível obter a área lateral do trocador de calor pela Equação 20 e obter o valor de $A = 4,06 \cdot 10^2 \text{ m}^2$. Sendo assim, com o valor da área é possível dimensionar o comprimento (L) do trocador de calor.

$$A = 2 * \pi * r * L \quad (20)$$

Desse modo, foi dimensionado um trocador de calor de duplo tubo com 13,5 m de comprimento. Pensando que este equipamento é grande e que não é viável ocupar todo este espaço, o mesmo foi projetado em 3 tubos de 4,5 m de comprimento.

12.2.2 Trocador Iônico

Para atender às demandas do processo, o trocador iônico da CabrWhey deve ser capaz de processar diariamente 11577,00 kg/dia de soro do leite em um período de 4 horas, o que corresponde a uma vazão de 2.894,25 kg/h. Ao selecionar o equipamento, é crucial considerar essa vazão e garantir que o trocador iônico possua capacidade suficiente para processá-la de forma eficiente e atender às necessidades do processo.

12.2.3 *Spray dryer*

A CabrWhey possui um *spray dryer* modelo LPG-150, adquirido com o objetivo de atomizar e secar o concentrado de proteínas obtido nas etapas anteriores do processo. Esse equipamento é responsável por transformar o concentrado em pó. Para garantir a eficiência do processo, o sistema de secagem por atomização é seguido por um ciclone, que tem a função de separar qualquer particulado que possa estar carregado no ar proveniente do sistema de secagem por atomização. Este

equipamento tem uma dimensão de 5,5 m de comprimento x 4,5 m de largura x 7 de altura. Sua capacidade de evaporação é de 150 kg/h.

12.2.4 Misturador

Após a obtenção do *Whey Protein* é necessário adicionar as essências desenvolvidas para que o produto possa ser encaminhado ao empacotamento. Para essa etapa foi escolhido um misturador modelo WLDH-0.3 *Ribbon Mixer Machine*. Esse equipamento é responsável por homogeneizar o sabor e aroma no pó. O equipamento atua sob uma faixa de velocidade de 58-60 rpm (rotações por minutos). Seu volume bruto é de 300 L e com volume máximo de carga de 150 L. Sua dimensão é 2,03m de comprimento x 0,63m de largura x 0,98m de altura.

12.3 Setor 400: Utilidade

12.3.1 Bomba

A bomba desempenha um papel crucial no processo produtivo da CabrWhey, sendo responsável pelo transporte eficiente entre os equipamentos. Além disso, a bomba desempenha um papel fundamental no processo da caldeira, pois é responsável por pressurizar a água que será utilizada para a produção de vapor. É essencial que a bomba seja capaz de pressurizar a água a um nível de 10 bar, garantindo, assim, um fornecimento adequado de água pressurizada para a caldeira.

Além disso, a bomba é usada para fazer o transporte da matéria durante todo o processo de produção do *Whey Protein*, como por exemplo, no transporte do soro do leite de cabra até o pasteurizador e no transporte do concentrado de proteína até o *spray dryer*.

12.3.2 Caldeira

A caldeira elétrica desempenha um papel fundamental no suprimento de energia para o pasteurizador e o *spray dryer*, uma vez que ambos requerem vapor em seus respectivos processos. O pasteurizador necessita de uma vazão de 448,65 kg/h,

enquanto o *spray dryer* requer uma vazão de 2300,19 kg/h. Portanto, é essencial que a caldeira elétrica seja capaz de gerar vapor com uma vazão entre 440 e 2400 kg/h, a fim de atender às demandas energéticas desses equipamentos. Além disso, a eficiência energética deve ser levada em consideração na seleção da caldeira elétrica, uma vez que o consumo de energia pode ser significativo.

Na parte da manhã por ter só processo de pasteurização, a caldeira terá uma potência de 1037,824kWh e irá gerar um vapor a 180°C a 10bar. Já no período da tarde, a mesma irá gerar vapor para o *spray dryer* á uma potência de 7168,68 kWh, em que produzirá uma corrente de vapor a 183°C a 10 bar.

12.4 Setor 500: Estoque

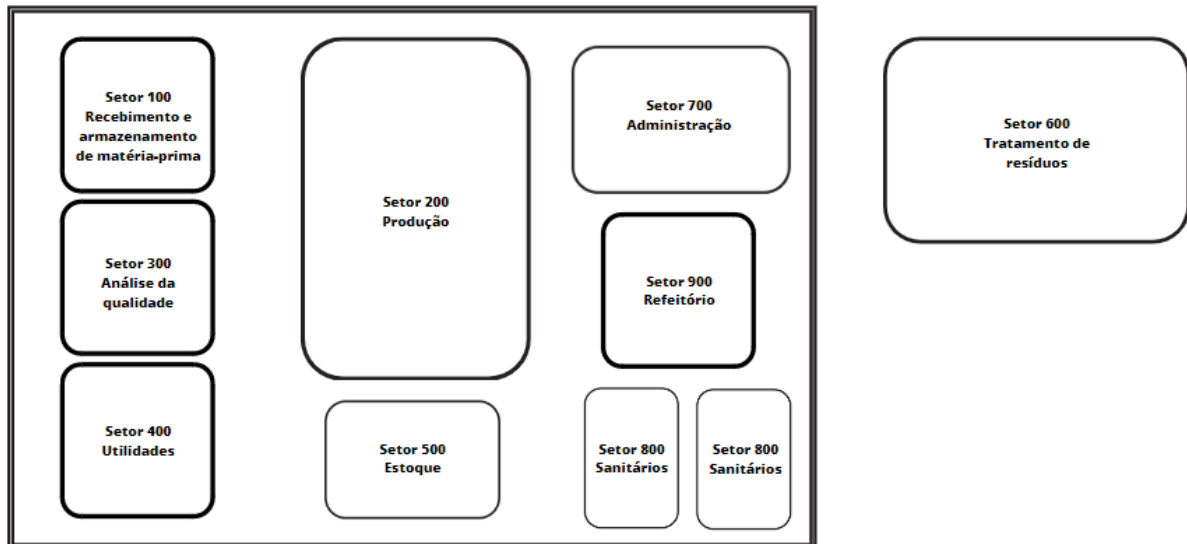
12.4.1 Empacotadeira

A empacotadora da CabrWhey é responsável por manter a precisão dos pesos e, também, é ela que dá aos produtos a logomarca e todas as informações sobre o produto. Para atender à demanda diária, é necessário contar com uma empacotadora capaz de embalar 104 kg por dia de *Whey Protein* em embalagens individuais de 1000 gramas. Assim, suas dimensões são de 2,25m de largura x 1,55m de comprimento x 3,0m de altura. Atua sob uma capacidade de produção de 20 a 60 sacos por minuto.

13 DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSO E LAYOUT DA EMPRESA

O *layout* da indústria foi elaborado de acordo com os dados descritos nos tópicos acima e está representado na Figura 17.

Figura 17 – Layout da empresa.



Fonte: Autoria própria (2023)

O PFD da empresa, ou Diagrama de Fluxo de Processo, representa de forma gráfica os fluxos de todo o processo realizado pela indústria. No apêndice C, encontra-se o PFD do setor 200 de produção do *Whey Protein* e do setor 600 de tratamento de resíduos da empresa. O PFD da CabrWhey poder ser visualizado pelo link abaixo.

- drive.google.com/file/d/1UL2JZQilGM-bh68cZhGLkBq17wc3BY0M/view?usp=share_link

14 EQUIPAMENTOS

Para a produção e as utilidades, a empresa utilizará os seguintes equipamentos principais: tanques de armazenamento, trocadores de calor de tubos duplos (para pasteurização), trocador iônico, sistema de secagem por atomização, bombas, empacotadeira e caldeira elétrica. A seleção desses equipamentos foi feita levando-se em consideração a capacidade de atender à produção diária da indústria. Neste tópico, serão abordados detalhes sobre cada um desses equipamentos escolhidos, incluindo seus preços e especificações correspondentes.

14.1 Tanques de armazenamento

Os tanques de armazenamento são essenciais na operação da CabrWhey, pois têm a finalidade de armazenar e resfriar o soro do leite logo após sua recepção, antes de ser direcionado para o processo produtivo. O resfriamento é crucial para preservar a qualidade do soro do leite, e a temperatura necessária é de 4°C. O soro do leite de cabra pode ser mantido nos tanques por um período máximo de 48 horas. As especificações detalhadas desses tanques podem ser encontradas no Quadro 4.

Quadro 4 - Especificações do tanque de armazenamento

Nome do equipamento	Tanque de armazenamento
Marca	Shangwang
Local de origem	Xangai, China
Tensão	220V/380V
Garantia	1 ano
Função	Armazenamento
Peso	1000 kg
Componentes principais	PLC, rolamento, motor, bomba
Tipos de processamento	Leite
Dimensão	(1050mm Diâmetro; altura 2380mm; inlet outlet 38mm)
Material	Aço inoxidável
Preço	U\$8.500,00

Fonte: ALIBABA (2023f)

O tanque de armazenamento adquirido pela CabrWhey é um tanque de mistura lateral de camada dupla, equipado com uma jaqueta. A camada de jaqueta é projetada para permitir o aquecimento, resfriamento e preservação do calor do conteúdo do tanque.

A camada intermediária presente no tanque de aço inoxidável de dupla camada é responsável pela transferência eficiente de calor para o material contido no tanque. Essa transferência de calor ocorre de maneira rápida, segura e saudável, garantindo que as propriedades do soro do leite de cabra sejam preservadas durante o armazenamento.

O sistema de armazenamento mencionado encontra-se na Figura 18.

Figura 18 – Tanque de armazenamento.



Fonte: ALIBABA (2023f)

Deste modo, o custo total incluindo todos os 15 tanques necessários foi de, aproximadamente, U\$119.000,00.

14.2 Trocador de calor (Pasteurizador)

Com uma capacidade de processamento de soro do leite de cabra de 12.000 litros por dia, será necessário adquirir dois trocadores de calor, um para o aquecimento e outro para o resfriamento.

As especificações do trocador de calor usado pela CabrWhey estão explicitadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Especificações do trocador de calor

Nome do equipamento	Pasteurizador Duplo Tubo
Marca	Gele
Tipo	Tubo estabilizador
Local de origem	Guangdong, China
Pressão máxima de operação	3.0 MPa
Garantia	1 ano
Material	cobre, aço inoxidável, aço carbono
Temperatura máxima	300°C
Preço	U\$5.000,00

Fonte: ALIBABA (2023h)

O equipamento está representado na Figura 19.

Figura 19 - Trocador de calor.



Fonte: ALIBABA (2023h)

Como serão utilizados dois trocadores no processo, o custo será de aproximadamente U\$5.000,00 cada.

14.3 Trocador iônico

A produção de concentrado proteico a partir do soro do leite de cabra é um processo que envolve a separação dos componentes do soro, como lactose, gordura, cinza e água, para obter um fluxo contendo a maior parte de proteína.

Pensando nisso, a CabrWhey usa o sistema de eletrodeionização (EDI) com membrana de troca iônica de íons de migração em que as proteínas do soro do leite irão se concentrar, separando-as dos demais componentes do soro, para que em seguida o fluxo contendo a maior parte de proteína siga para o *spray dryer*, tal equipamento tem uma capacidade de vazão de até 4000kg/h, assim suprimindo nossa necessidade diária.

No Quadro 6 estão descritas as informações especificadas pelos fornecedores.

Quadro 6 - Sistema de EDI

Nome do equipamento	Sistema de EDI
Marca	JHM
Local de origem	Shandong, China
Tensão	220V - 380V
Garantia	2 anos
Função	Separa e concentra a proteína
Peso	480 kg
Tecnologia	Tratamento prévio, UF, RO, a bomba de HP, dosagem, UV
Indústrias aplicáveis	Fábrica de alimentos e Bebidas, Fazendas
Dimensão	(3,2x1,5x1,75) metros
Sistema de controle	PLC + HMI auto e manual
Preço	U\$3.300

Fonte: ALIBABA (2023e)

O trocador iônico pode ser observado na Figura 20.

Figura 20 - Sistema de EDI.



Fonte: ALIBABA (2023e)

Desta maneira o custo do sistema de EDI será de, aproximadamente, US\$ 3.300,00.

14.4 Sistema de secagem por atomização

A CabrWhey possui um *spray dryer* modelo LPG-150, adquirido com o objetivo de atomizar e secar o concentrado de proteínas obtido nas etapas anteriores do processo. Esse equipamento é responsável por transformar o concentrado em pó. Para garantir a eficiência do processo, o sistema de secagem por atomização é seguido por um ciclone.

As especificações detalhadas e os custos associados ao *spray dryer* podem ser encontrados no Quadro 7.

Quadro 7 - Especificações do Spray Dryer

Nome do Equipamento	Spray Dryer
Marca	KODI
Modelo	LPG-150
Temperatura de entrada	140-350°C
Local de Origem	Henan, China
Garantia	1 ano
Peso	1400kg
Dimensão (C*L*A)	(5,5*4,5*7) metros
Capacidade de evaporação	150kg/h

Velocidade rotativa(rpm)	15.000
Diâmetro do corpo (m)	1,5
Diâmetro do disco atomizador	150
Potência de aquecimento (kW)	99
Pó seco recuperado (%)	>95
Custo	U\$25.000,00

Fonte: ALIBABA (2023g)

O *spray dryer* pode ser visualizado na Figura 21:

Figura 21 - Spray Dryer.



Fonte: ALIBABA (2023g)

Deste modo, o custo total do sistema de secagem por atomização foi de, aproximadamente, U\$25.000,00.

14.5 Misturador

Após a obtenção do *Whey Protein* é necessário adicionar as essências desenvolvidas para que o produto possa ser encaminhado ao empacotamento. Para essa etapa, foi escolhido um misturador modelo WLDH-0.3 Ribbon Mixer Machine.

As especificações detalhadas e os custos associados ao misturador podem ser encontrados no Quadro 8.

Quadro 8 – Especificações do misturador

Nome do Equipamento	Equipamento de mistura
Marca	RELA
Modelo	WLDH-0.3
Tipo de misturador	Fita
Local de Origem	Jiangsu, China
Garantia	1 ano
Peso (kg)	720
Dimensão (mm, CxLxa)	2030 x 630 x 980
Faixa de velocidade (rpm)	58-60
Volume bruto (L)	300
Máximo volume de carga (L)	150
Capacidade de carregamento máxima (kg)	80
Potência (kW)	4
Custo	U\$4.800,00

Fonte: ALIBABA (2023d)

Este equipamento pode ser visualizado na Figura 22:

Figura 22 – Misturador.

Fonte: ALIBABA (2023d)

Para suprir a demanda diária da CabrWhey é necessário realizar processos em batelada com o sabor programado totalizando, assim, o custo do misturador em U\$4.800,00.

14.6 Empacotadeira

A CabrWhey selecionou a empacotadora YB-210F devido à sua capacidade adequada para atender à demanda diária de produção da empresa.

As especificações detalhadas e os custos associados ao misturador podem ser encontrados no Quadro 9.

Quadro 9 - Especificações da empacotadeira

Nome do Equipamento	Máquina de embalagem multifunção
Marca	YB
Modelo	YB-210F
Produto de aplicação	pó
Local de Origem	Shanghai, China
Garantia	1 ano
Peso (Kg)	1500
Dimensão (L*W*H)	2250 mm x 1550 mm x 3000mm
Peso da embalagem	10g – 1000g
Tipo do selo	< +/- 1%
Capacidade de produção	20-60 sacos/min
Comprimento do saco	90- 250mm
Largura do saco	100-210mm
Potência (KW)	2.2
Custo	U\$18.000,00

Fonte: ALIBABA (2023a)

Este equipamento pode ser visualizado na Figura 23.

Figura 23 – Empacotadeira



Fonte: ALIBABA (2023a)

14.7 Bomba

A utilização da caldeira é essencial em diversos processos industriais, gerando vapor para uma vasta gama de necessidades. Para que a caldeira funcione corretamente, é necessário que a água utilizada esteja comprimida a 10 bar. Para isso, a CabrWhey utiliza a bomba CDMF3, que realiza a compressão da água antes de ser utilizada na caldeira. A pressurização da água é um processo importante para garantir o bom funcionamento da caldeira e evitar problemas como corrosão e incrustação. Além disso, a pressurização da água pode ser realizada por meio de sistemas de pressurização, que aumentam a pressão baixa num sistema de água de modo a atingir um caudal e pressão de água suficientes para os processos industriais. A escolha do equipamento adequado para a pressurização da água é fundamental para garantir a eficiência e qualidade do processo industrial, a bomba escolhida está especificada no Quadro 10 e representada na Figura 24.

Quadro 10 - Especificações da bomba

Nome do Equipamento	Bomba centrífuga de hélice duplo
Marca	CNP
Modelo	CDMF3
Potência	0,5 - 4 hp
Local de Origem	Zhejiang, China
Motor	TEFC Motor
Garantia	1 ano
Pressão Máx.	25 bar
Tensão	220V - 485V
Taxa máxima de fluxo	4,4m ³ /h
Frequência	60Hz
Material	Aço inoxidável

Fonte: ALIBABA (2023b)

Figura 24 – Bomba.

Fonte: ALIBABA (2023b)

A bomba escolhida custa, aproximadamente, US\$ 360,00.

14.8 Caldeira

A geração de vapor desempenha um papel fundamental em vários processos industriais, como pasteurização e secagem. Para atender a essa necessidade, a CabrWhey utiliza a caldeira elétrica WDR2, que tem uma capacidade de fornecimento de vapor de até 4t/h. A caldeira elétrica é responsável por produzir vapor por meio do aquecimento da água, uma substância facilmente disponível e de baixo custo.

O vapor gerado pela caldeira é amplamente utilizado em diversos setores industriais e em várias etapas dos processos de produção, sendo que o tipo de vapor necessário depende da pressão da caldeira. É importante ressaltar que a água utilizada na caldeira durante o processo de geração de vapor deve estar livre de quaisquer contaminantes, o que representa um desafio para as indústrias em relação ao tratamento adequado da água de caldeira. As especificações da WDR2 estão detalhadas no Quadro 11.

Quadro 11 - Especificações da caldeira

Nome do equipamento	Caldeira de vapor horizontal de WDR
Marca	Yuanda
Modelo	WDR2
Local de origem	Henan, China
Combustível	Eletricidade
Garantia	2 anos
Produção de Vapor	Máx. 4 t/h
Potência	70 - 1400 kW
Eficiência térmica	99%
Indústrias aplicáveis	Fabricação Planta, Fábrica de alimentos e Bebidas
Estrutura	Tubo de aquecimento elétrico
Sistema de controle	PLC + HMI auto e manual
Preço	US\$5.000

Fonte: ALIBABA (2023c)

A Figura 25 representa a caldeira WDR2 usada na CabrWhey:

Figura 25 – Caldeira.

Fonte: ALIBABA (2023c)

Assim, o custo da caldeira WDR2 foi de, aproximadamente, US\$5.000,00.

15 ANÁLISE FINANCEIRA

Foi realizada uma análise financeira do projeto CabrWhey para verificar sua viabilidade econômica. Essa análise envolve a coleta de dados relacionados a diversos fatores, como investimento imobiliário, construção civil, custo de produção e retorno financeiro. Mais detalhes podem ser encontrados no Apêndice D.

15.1 Custos para operação da CabrWhey

Para iniciar o projeto é necessário um investimento inicial, que inclui a compra de equipamentos (como seus preços são em dólares, estes devem ser convertidos para reais pela cotação do dia, que é de R\$ 4,99), utilidades, equipamentos de laboratório, mobiliário e custos administrativos. Adicionalmente, existe um investimento relacionado à aquisição de terrenos. Todos os custos estão detalhados na Tabela 13.

Tabela 13 - Injeção de capital inicial

Capital	Valores	
Terreno	R\$	299.546,27
Equipamentos	R\$	939.708,67
Construção	R\$	1.535.553,49
Veículo	R\$	136.000,00
Laboratório	R\$	253.350,00
ETE	R\$	50.000,00
Demais investimentos	R\$	100.000,00
Total	R\$	3.314.158,43

Fonte: Autoria própria (2023)

Os demais investimentos serão usados para EPI's, capacitação dos funcionários, manutenção dos equipamentos, investimentos em sustentabilidade e responsabilidade social, como a implementação de práticas de produção mais responsáveis e ações sociais para a comunidade local.

15.2 Custos fixos

A CabrWhey terá os custos fixos de produção. Os mesmos não variam com os parâmetros operacionais e incluem custos administrativos, água/esgoto, laboratório,

funcionários, energia e manutenção de equipamentos. Os custos fixos anuais totais podem ser encontrados na Tabela 14.

Tabela 14 - Despesas fixas.

Setores	Valores	
Administrativo	R\$	4.000,00
Água/esgoto	R\$	6.542,00
Laboratório	R\$	5.000,00
Funcionários	R\$	1.339.004,44
Energia	R\$	30.888,00
Manutenção	R\$	120.000,00
Total	R\$	1.505.435,08

Fonte: Autoria própria (2023)

Devido aos custos fixos, a CabrWhey tem 15 funcionários no total. A Tabela 14 mostra os custos de água e energia relacionados apenas ao consumo dos funcionários, sem levar em conta o valor energético gasto no maquinário de produção.

15.3 Custos variáveis

Os custos de produção relacionados ao volume de produção, como água/esgoto, energia, matérias-primas e embalagens, são considerados custos variáveis, pois variam de acordo com o volume de produção ou atividades. Os mesmos são calculados separadamente dos custos fixos e são incluídos no calculado do custo total de produção. Os valores correspondentes são mostrados na Tabela 15.

Tabela 15 - Custos variáveis.

	Mensal		Anual	
Água e Esgoto	R\$	1.943,22	R\$	33.144,00
Energia	R\$	15.524,05	R\$	189.427,39
ETE	R\$	28.417,60	R\$	341.011,22
Embalagens	R\$	229,23	R\$	9.750,80
Total	R\$	46.114,11	R\$	553.369,32

Fonte: Autoria própria (2023)

15.4 Capital de giro

O capital de giro é inicialmente utilizado para dar suporte às operações do negócio até que a receita seja recebida dessa atividade. Este valor corresponde ao valor necessário para financiar 3 meses de operação, totalizando R\$ 238.016,44.

15.5 Receitas

A receita da CabrWhey será gerada a partir da venda de seus produtos. A receita anual estimada é de R\$ 3.339.648,00. Isso significa que a empresa irá faturar esse valor em um ano com a venda de seus produtos, considerando o volume total de vendas realizadas. O cálculo da receita é feito multiplicando a quantidade de unidades vendidas pelo preço de venda estimado. Os valores detalhados podem ser encontrados nas Tabelas 16 e 17.

Tabela 16 - Receita do lucro sem impostos.

Receita	Valores	
Receita bruta	R\$	3.339.648,00
Lucro Líquido	R\$	3.061.344,00
Lucro líquido sem impostos	R\$	2.986.869,85

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 17 - Receitas da comercialização do produto.

Material	Quantidade mensal	Receita Unitária	Receita Mensal	Receita Anual
<i>Whey Protein</i>	2080	R\$ 150,00	R\$ 278.304,00	R\$ 3.339.648,00

Fonte: Autoria própria (2023)

15.6 Cargas tributárias

Os tributos incidentes sobre os produtos da empresa incluem PIS (Programa de Integração Social), COFINS (Contribuição Financeira para a Seguridade Social), IPI (Imposto Tributário) e ISS (Impostos Sobre Serviços). Com base na receita anual total da empresa, destina-se um total de 27,8% para o pagamento desses impostos.

A Tabela 18 mostra o valor total do imposto pago e o valor arrecadado após as deduções.

Tabela 18 - Receita do lucro com os impostos.

Impostos	Total de impostos	
PIS	R\$	19.035,99
COFINS	R\$	74.474,15
IPI	R\$	667.929,60
ISS	R\$	166.982,40
Total anual	R\$	928.422,14

Fonte: Autoria própria (2023)

15.7 Aporte

É importante mencionar que os sócios da CabrWhey arcarão com o custeio do terreno. Portanto, o valor a ser financiado contemplará o investimento total, excluindo o terreno e o capital de giro inicial. Esse valor corresponde a R\$3.014.612,16. O financiamento será integral por meio do banco BIVA, que é um correspondente bancário da Social - Crédito, Financiamento e Investimento S.A. Como a CabrWhey pertence à categoria de médias empresas, a taxa de juros do empréstimo será de 2,8% ao ano, com carência de 1 ano e prazo total de 10 anos (BIVA, 2011).

Além disso, optou-se pelo financiamento SAC (Sistema de Amortização Constante), no qual o valor do financiamento pago em parcelas de amortização permaneceu constante. Como resultado, os pagamentos diminuem ao longo do tempo, pois os juros diminuem a cada ano (SAMANEZ, 2002). O padrão de financiamento pode ser visto no Apêndice D.

15.8 Depreciação

A depreciação refere-se à diminuição do valor que um ativo fixo incorre devido ao desgaste, impactos naturais e obsolescência, ou seja, inclui uma revisão anual da taxa de depreciação do ativo por custo de aquisição (ALMEIDA *et al.*, 2016). De acordo com as Diretrizes Regulamentadoras da Secretaria da Receita Federal (SRF), os valores de depreciação são estabelecidos de acordo com a natureza de cada bem. As alíquotas são de 10% para máquinas, equipamentos e instalações, 20% para

veículos e 4% para terreno e construções (INVESTOR, 2022). A Tabela 19 apresenta os valores para 10 anos.

Tabela 19 - Depreciação dos ativos.

Ano	Valor total	Depreciação
0	R\$ 3.264.158,43	R\$ 229.909,86
1	R\$ 3.034.248,58	R\$ 208.603,11
2	R\$ 2.825.645,47	R\$ 189.794,87
3	R\$ 2.635.850,60	R\$ 173.133,53
4	R\$ 2.462.717,07	R\$ 158.324,13
5	R\$ 2.304.392,94	R\$ 145.118,33
6	R\$ 2.159.274,61	R\$ 133.306,30
7	R\$ 2.025.968,31	R\$ 122.710,09
8	R\$ 1.903.258,22	R\$ 113.178,21
9	R\$ 1.790.080,01	R\$ 104.581,22
10	R\$ 1.685.498,78	

Fonte: Autoria própria (2023)

15.9 Demonstrativo do resultado de exercício (DRE)

A demonstração do resultado do exercício (DRE), conforme descrito por Lima e Neto (2010), tem por objetivo fornecer informações sobre o desempenho financeiro de uma empresa, traduzindo esses resultados no patrimônio líquido, e permite a análise do lucro ou prejuízo obtido.

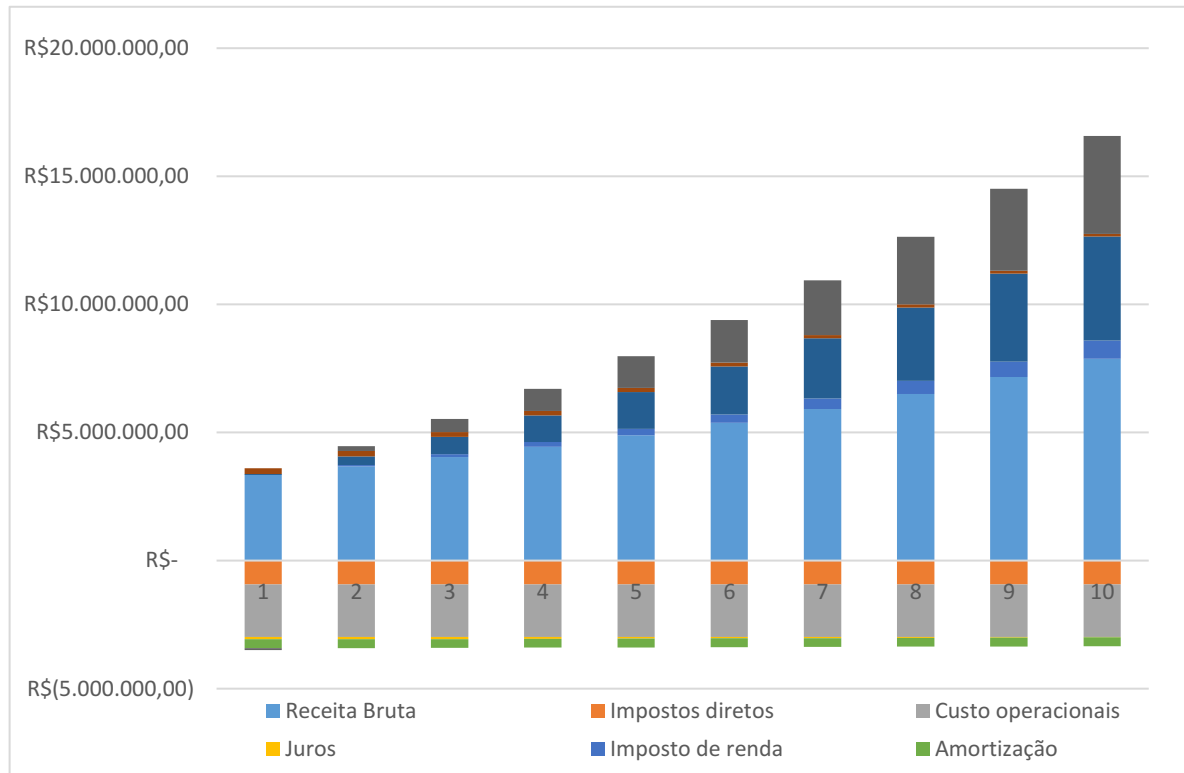
A receita bruta é a entrada registrada na DRE, enquanto a saída é representada pelos impostos diretos, despesas operacionais, depreciação, juros, imposto de renda e amortização financeira.

O EBITDA e o LAIR são indicadores financeiros que refletem os resultados financeiros baseados exclusivamente nas atividades e no lucro antes dos impostos, respectivamente. O EBITDA é a sigla em inglês para "Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization" (Lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização) e representa a geração operacional de caixa da empresa, ou seja, o quanto a empresa gerou de recursos apenas em suas atividades operacionais. Já o LAIR é a sigla em português para "Lucro Antes do Imposto de Renda" e representa o lucro antes dos impostos. Ambos os indicadores são importantes para avaliar a saúde financeira de uma empresa e sua capacidade de gerar lucro a partir de suas atividades

operacionais. Além disso, tem-se uma espera de crescimento de 10% ao ano, em relação ao ano anterior (SOUZA, *et al.*, 2022).

O Apêndice D contém a tabela do demonstrativo da Figura 26, que mostra o fluxo de caixa da CabrWhey.

Figura 26 – Fluxo de Caixa



Fonte: Autoria própria (2023)

15.10 Valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e *payback*

O fluxo de caixa é uma ferramenta que registra e acompanha as entradas e saídas de dinheiro de uma empresa em um período específico. Sua importância reside na capacidade de prever, planejar e controlar essas movimentações financeiras ao longo do tempo. O resultado final do fluxo de caixa é o saldo disponível, ou seja, a diferença entre o total de recebimentos e os pagamentos efetuados no mesmo período. Esse saldo reflete a quantia de dinheiro que a empresa tem à disposição após as transações financeiras.

A vida útil dos equipamentos utilizados pela CabrWhey é de dez anos, e é importante que a preparação do fluxo de caixa resulte em um retorno sobre o investimento que supere o valor inicial investido. A fim de avaliar a rentabilidade do

investimento, a TMA (Taxa Mínima Atrativa), a TIR (Taxa Interna de Retorno) e o VPL (Valor Presente Líquido) desempenham um papel fundamental (BLANK; TARQUIN, 2010).

A TMA indica se um investimento é viável, mostrando qual o mínimo que se deve remunerar para ser rentável. Essa taxa serve como referência para investidores ou empresas que desejam obter lucro com seus investimentos. Além disso, a TIR representa uma taxa a qual gera igualdade entre entrada e saída dos fluxos de caixa. Em outras palavras, a TIR precisa ser maior ou igual à TMA para que o investimento seja considerado rentável (SAMANEZ, 2002, apud SOUZA *et al.*, 2020).

O VPL, por sua vez, determina se um investimento gerará um valor superior ao capital inicial investido, considerando o impacto dos fluxos de caixa futuros em termos de valor presente (SAMANEZ, 2002, apud SOUZA *et al.*, 2022). Os critérios utilizados referem-se ao sinal do valor encontrado: se for positivo, o investimento é considerado viável, pois a entrada será paga e o investimento terá retorno, se não, não vale a pena o investimento.

A Tabela 21 mostra o fluxo de caixa, o valor presente líquido e o payback da empresa. Com isso, pode-se constatar que o investimento da CabrWhey será rentável após 1 ano.

Para a CabrWhey, chegou-se ao valor de 12,43% para a TMA e pela análise do fluxo de caixa, foi possível calcular o VPL e a TIR, gerando valores de R\$ 3.765.156,16 e 26,44%, respectivamente. Com base nesses resultados, pode-se concluir que o investimento possui VPL positivo e TIR acima da TMA estabelecida. Portanto, o investimento se mostrou rentável como pode ser observado na Tabela 20.

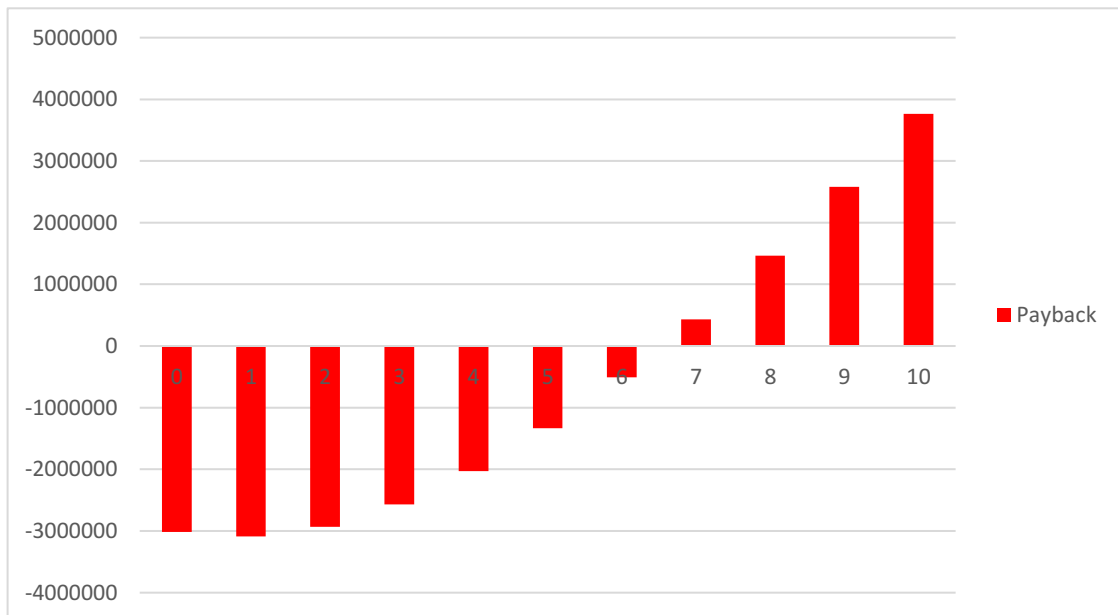
Tabela 20 - Valores dos fluxos.

	Fluxo de Caixa	Valor Presente	Payback
0	-R\$ 3.014.612,16	-R\$ 3.014.612,16	-R\$ 3.014.612,16
1	-R\$ 82.038,76	-R\$ 72.971,27	-R\$ 3.087.583,44
2	R\$ 196.626,38	R\$ 155.563,42	-R\$ 2.932.020,02
3	R\$ 514.257,42	R\$ 361.892,12	-R\$ 2.570.127,90
4	R\$ 863.436,20	R\$ 540.457,65	-R\$ 2.029.670,24
5	R\$ 1.247.241,06	R\$ 694.407,93	-R\$ 1.335.262,31
6	R\$ 1.669.069,56	R\$ 826.554,63	-R\$ 508.707,68
7	R\$ 2.132.668,55	R\$ 939.406,04	R\$ 430.698,36
8	R\$ 2.642.167,47	R\$ 1.035.197,41	R\$ 1.465.895,77
9	R\$ 3.202.115,36	R\$ 1.115.918,98	R\$ 2.581.814,75
10	R\$ 3.817.521,73	R\$ 1.183.341,41	R\$ 3.765.156,16

Fonte: Autoria própria (2023)

Pela Tabela 21 também pode se ressaltar o *payback*, que é o tempo necessário que a CabrWhey levou para se pagar, que foi de 6 anos, como pode ser observado na Figura 27.

Figura 27 – Payback da CabrWhey



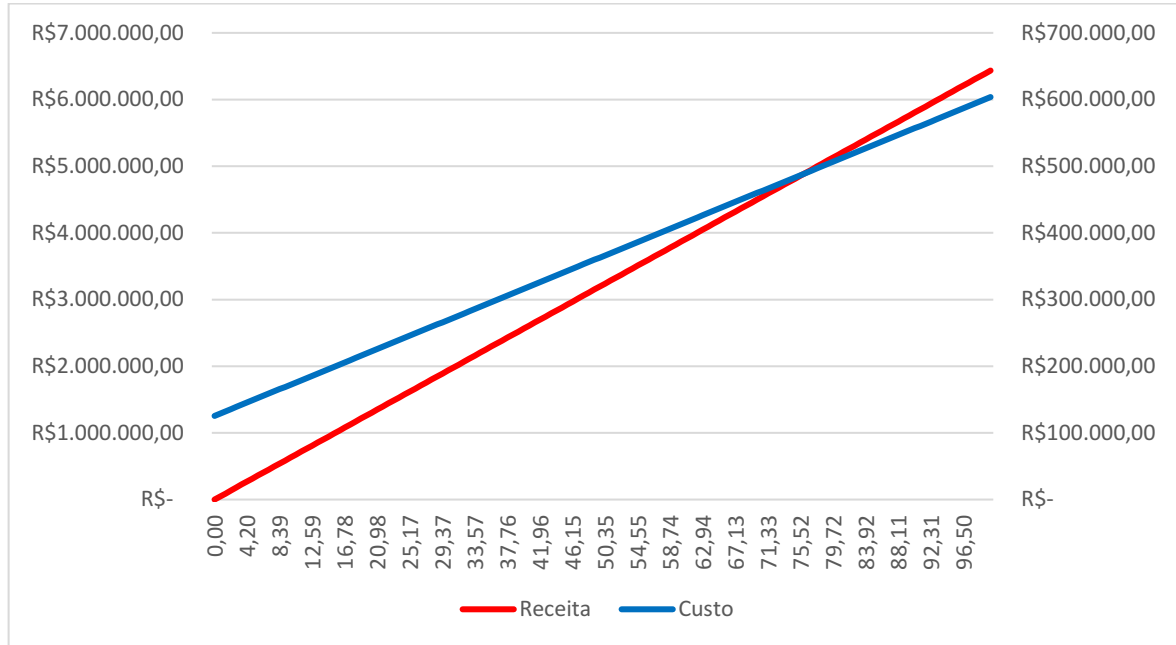
Fonte: Autoria própria (2023)

15.11 Ponto de equilíbrio

O ponto de equilíbrio representa o nível de receita necessário para cobrir os custos no mês, indicando quando a empresa igualará suas receitas e despesas,

levando em consideração as projeções de vendas (SEBRAE, 2021). A Figura 28 ilustra o ponto de equilíbrio da empresa.

Figura 28 – Ponto de equilíbrio da empresa.



Fonte: Autoria própria (2023)

Observa-se que existe um cruzamento em 19,00 unidades de produto, o que indica o volume de vendas necessário para atingir o ponto de equilíbrio, que corresponde a cerca de 89% da produção mensal. Cálculos detalhados para determinar o ponto de equilíbrio podem ser encontrados no Apêndice D.

16 CONCLUSÃO

Com base nas análises realizadas neste estudo, é possível concluir que o desenvolvimento como um todo teve um papel fundamental na aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Pode-se afirmar que o projeto proposto pela empresa CabrWhey possui um grande potencial, uma vez que a empresa busca sempre a qualidade dos produtos, a responsabilidade ambiental e a excelência na produção.

A localização da empresa é justificável com base nas análises da produção do leite de cabra e do soro caprino. A facilidade de obtenção da matéria-prima e a localização como um importante polo econômico são fatores que favorecem a produção de *Whey Protein* e a distribuição do produto final.

Além disso, pesquisas realizadas indicam um aumento de 48% no mercado de suplementação no Brasil. Nesse contexto, a viabilidade do presente trabalho se destaca, uma vez que o produto ainda não está sendo produzido no país, aumentando-se, assim, as perspectivas de expansão em todo o território nacional.

Com base nos balanços materiais e energéticos, foi possível projetar uma produção de 104 kg/dia. Com isso, a CabrWhey pode ser considerada uma empresa de médio porte em comparação com as grandes produtoras nacionais, destacando-se como a primeira indústria produtora de *Whey Protein* a partir do soro do leite de cabra no Brasil.

Por fim, com base nas análises efetuadas, a empresa revela-se economicamente rentável, pois apresenta lucros atrativos, tendo perspectiva de venda de cerca de 24960 unidades por ano. Com uma perspectiva de expansão para outras regiões do país de acordo com a oferta de matéria-prima qualificada.

REFERÊNCIAS

- ABEVD, Associação Brasileira de Empresas de Vendas Diretas. **Pandemia aumenta consumo de suplementos alimentares**. [S. l.], 16 abr. 2021. Disponível em: <https://www.abevd.org.br/estado-de-minas-pandemia-aumenta-consumo-de-suplementos-alimentares/>. Acesso em: 24 set. 2022.
- ABIAD: **Com crescimento de 7,2%, mercado de Whey Protein deve chegar a R\$ 40,9 bi em 2021**. [S. l.], 3 abr. 2018. Disponível em: <https://abiad.org.br/com-crescimento-de-72-mercado-de-whey-protein-deve-chegar-a-r-409-bi-em-2021-diz-pesquisa/>. Acesso em: 1 set. 2022.
- ABNT NBR 10004. [S. l.], 31 maio 2004. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 27 set. 2022.
- ALMEIDA, Leonardo S. F. de *et al.* Contabilidade custo: depreciação de máquinas e equipamentos para terraplenagem. **REVISTA DE TRABALHOS ACADÊMICOS UNIVERSO-SÃO GONÇALO**, v. 1, n. 2, p. 144-162, 2016.
- ALVES, Douglas. **CICLOFAIXAS E RELAÇÕES DE CONFLITOS EM SEUS TERRITÓRIOS**: estudo de caso em Campina Grande-PB. Orientador: Profa. Dra. Kátia Cristina Ribeiro Costa. 2021. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura de Geografia) - Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/22734/1/DOUGLAS%20ALVES%20-%20TCC%20ARTIGO%20LIC%20GEOGRAFIA%20CH%202021.pdf>. Acesso em: 3 out. 2022.
- ALVES, M.P; MOREIRA, R.O; RODRIGUES Junior, P.H, *et al.* **Soro do leite: Tecnologias para o processamento de coprodutos**. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v.69, n.3, p. 212-226, 2014.
- ALIBABA, **Automatic Premade Pouch Coffee Powder Flour Spice Powder Filling Machine Packing Machine For Small Business - Buy Spice Machine Product on Alibaba.com**. Disponível em: https://www.alibaba.com/product-detail/Automatic-premade-pouch-coffee-powder-flour_1600643771615.html. Acesso em: 29 maio. 2023a.
- ALIBABA, **Bomba Centrífuga De Hélice Duplo,60hz, Aço Inoxidável, Vertical, Impulsionador Centrífugo, Bombas De Água - Product on Alibaba.com**. Disponível em: https://portuguese.alibaba.com/p-detail/60HZ-1600087745648.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.116b2977hiKNUJ&s=p. Acesso em: 29 maio. 2023b.
- ALIBABA, **Caldeira Elétrica De Vapor Horizontal De Wdr Totalmente Automático - Buy Product on Alibaba.com**. Disponível em: https://portuguese.alibaba.com/p-detail/Fully-1600593870112.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.79b4534eSYc55C&s=p. Acesso em: 29 maio. 2023c.

ALIBABA, **Máquina De Mistura De Pó Seco Misturador Misturador Horizontal Da Fita - Buy Product on Alibaba.com**. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/p-detail/CE-1600456088298.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.68304b64ZLJMMe&s=p>. Acesso em: 29 maio. 2023d.

ALIBABA, **Eletrodialise Membrana Para Tratamento De Água Do Sistema - Buy Product on Alibaba.com**. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/p-detail/Electrodialysis-60646248697.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.261b3254BX9UzK>. Acesso em: 29 maio. 2023e.

ALIBABA, **Fresh Milk Storage Tank/stainless Steel Tank - Buy Product on Alibaba.com**. Disponível em: <https://www.alibaba.com/product-detail/fresh-milk-storage-tank-Stainless-Steel_60573153072.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.32c23925kTMHkx>. Acesso em: 29 maio. 2023f.

ALIBABA, **PLG-15 Spray dryer - Buy Product on Alibaba.com**. Disponível em: <https://www.alibaba.com/product-detail/10000m-h-lab-commercial-spray-dryer_1600310849394.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.5ddf3853DIHGK0&s=p>. Acesso em: 29 maio. 2023g.

ALIBABA, **M2 Concha E Tubo De Troca De Calor - Buy Product on Alibaba.com**. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/p-detail/30-62233822190.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.20f47283eERTqz&s=p>. Acesso em: 29 maio. 2023h.

BIVA Correspondente Bancário LTDA: Conectar, simplificar e melhorar sua vida financeira. [S. l.], 24 fev. 2011. Disponível em: <https://biva.com.br/>. Acesso em: 28 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde nº RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 429, de 8 de outubro de 2020. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados.**: Diário Oficial da União, [S. l.], p. 1-106, 9 out. 2020.

BRASIL. Lei nº 4.506, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o imposto que recai sobre as rendas e proventos de qualquer natureza. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/109498/lei-4506-64#art-57>. Acesso em 28 maio 2023.

BLANK, Leland.; TARQUIN, Anthony. **Engenharia Econômica. Porto Alegre: Grupo A**, 2010. 9788563308986. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788563308986/>. Acesso em: 28 maio 2023.

CAMPOS, Maria Isabel Ferreira; LIMA, Anna Karoline de Souza; NETO, José Honório Pereira Lopes; OLIVEIRA, Julia Mariano Caju de; GADELHA, Tatiane Santi. Propriedades biológicas das proteínas e peptídeos do soro do leite caprino. **Research, Society and Development**, Brasil, v. 11, n. 1, p. 1-22, 2 jan. 2022. Acesso em: 11 set. 2022.

CANO, Fernando Camillo Santos. **Análise dos circuitos espaciais de produção e dos círculos de cooperação na produção de suplementos alimentares: Whey Protein**. 2017. 66 p. Trabalho de graduação (Graduação) - UNESP, Rio Claro, SP, 2017. Acesso em: 11 set. 2022.

CENACHI, Danielle Barros; FURTADO, Marco Antônio Moreira; BELL, Maria José Venezuela. **Aspectos composicionais, propriedades funcionais, nutricionais e sensoriais do leite de cabra: uma revisão**. 382. ed. [S. l.: s. n.], 2011. 11-20 p. Acesso em: 11 set. 2022.

CIRELLI, **Misturador Horizontal**, Cirelli, 2017. Disponível em: <<https://www.cirelli.com.br/index.php/misturador-horizontal>>. Acesso em: 30 set. 2022.

CIÊNCIA do Leite. *In: Uso do soro do leite na indústria de laticínios*. [S. l.], 12 mar. 2013. Disponível em: <https://cienciadoleite.com.br/noticia/3095/uso-do-soro-de-leite-na-industria-de-laticinios>. Acesso em: 24 nov. 2022.

CLEAN Whey Protein, proteína de leite de cabra não desnaturada - Mt Capra- 453g. Cotia, SP, 9 set. 2022. Disponível em: <https://www.querotudonatural.com.br/whey-protein-cabra>. Acesso em: 11 set. 2022.

COCO. (sd). Núcleo de Continuação e Caixas de Ferramentas (COCO) [Software]. SourceForge. Recuperado em 1º de junho de 2023, em <https://sourceforge.net/projects/auto-07p/files/coco/>

CORRÊA, Damares Bernardino; NAVARRO, Antonio Coppi. DISTRIBUIÇÃO DE RESPOSTAS DOS PRATICANTES DE ATIVIDADE FÍSICA COM RELAÇÃO À UTILIZAÇÃO DE SUPLEMENTOS ALIMENTARES E O ACOMPANHAMENTO NUTRICIONAL NUMA ACADEMIA DE NATAL/RN. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, [s. l.], 1 fev. 2014. Disponível em: <http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/419/399>. Acesso em: 1 out. 2022.

CORREIA, Laís *et al.* **Estudo da viabilidade Técnico-Econômica para implantação de uma indústria de Whey Protein isolado**. Universidade do sul de Santa Catarina, Tubarão, 2019. Acesso em: 28 set. 2022.

ÇELIK, K. **Whey every aspect**. Edited by Prof. Dr. Kemal Çelik. İstanbul Caddesi, İstanbul Çarşısı. Nu.: 48/48-49 iskitler, Altındağ-ANKARA. Whey Handbook For The Dairy Sector, 2015.

DINO, Divulgador de notícias. **Suplementos setor deve mobilizar US\$ 252 bilhões em 2025**. [S. l.], 28 abr. 2022. Disponível em: <https://www.mundodomarketing.com.br/noticias-corporativas/conteudo/274729/suplementos-setor-deve-mobilizar-us-252-bilhoes-em-2025>. Acesso em: 22 set. 2022.

ENTENDA a **importância da geração de vapor para processos industriais**. Agrolândia, SC: BurnTech a melhor caldeira do Brasil, 28 mar. 2022. Disponível em: <https://blog.burntech.ind.br/geracao-de-vapor-para-processos-industriais/>. Acesso em: 1 maio 2023.

EARLY, R., **Tecnologia de los productos lácteos**. Acribia, 459 p., Zaragoza. 2000

FÓRUM NACIONAL DE ENTIDADES METROPOLITANAS. **Região Metropolitana de Campina Grande (PB)**. [S. l.], 24 out. 2017. Disponível em: <https://fnembrasil.org/regiao-metropolitana-de-campina-grande-pb/>. Acesso em: 4 out. 2022.

GOMES, Jacieny Janne Leite. **Propriedades nutricionais, reológicas e sensoriais de bebidas lácteas elaboradas a partir de leite de cabra, vaca e a sua mistura**. 2012. Dissertação (Mestrado) - UFPB, João Pessoa-PB, 2012. Acesso em: 11 set. 2022.

GOOGLE. Google Earth website. <https://earth.google.com/web/@-7.26984807,-35.88346878,479.19541851a,1000d,30y,0h,0t,0r/data=MikKJwolCiExd1pIVUtXY2F1bUFDcXFWZnRSTkQjOFFRSk1sQldEamMgAQ>. Acesso em: 11 set. 2022.

HARAGUCHI, Fabiano Kenji *et al.* Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana: Whey Protein: composition, nutritional properties, applications in sports and benefits for human health. **Revista de Nutrição**, [S. l.], p. 479-488, 31 jul. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/PRpChxDqt3YYYYvkN8KFRDmS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 1 out. 2022.

HENARES, J. F. **Caracterização do efluente de laticínio: análise e proposta de tratamento**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão. Campo Mourão, 2015.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**. [S. l.], 16 nov. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/padrao-racial-de-ovinos-raca-lacaune/censo-agropecuario-ibge-2017>. Acesso em: 1 set. 2022.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Campina Grande**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>. Acesso em: 27 set. 2022.

IFOPE. **Pasteurização do leite**: o que é e qual a importância desse processo. o que é e qual a importância desse processo. 2020. Disponível em: <https://blog.ifopecom.br/pasteurizacao-do-leite-o-que-e-e-qual-a-importancia-desse-processo/>. Acesso em: 31 set. 2022.

INÁCIO, D. *et al.* **Aumentar a Confiabilidade do Processo Assegurando a Produção de Água Desmineralizada de Alta Qualidade**. 2016. Faculdade Educacional de Araucária. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção).

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 62, DE 26 DE AGOSTO DE 2003. Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializar os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. MÉTODOS ANALÍTICOS OFICIAIS PARA ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS PARA CONTROLE DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL E ÁGUA, Defesa Agropecuária Estado de São Paulo, 26 ago.

2003. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-62-de-26-08-2003,665.html>. Acesso em: 22 abr. 2023.

INVESTOR. Taxa de depreciação de máquinas e equipamentos: saiba como calcular. Disponível em: <https://investorcp.com/gestao-empresarial/taxa-de-depreciacao-de-maquinas-e-equipamentos/>. Acesso em: 28 maio 2023.

JOPEMAR. A função do tanque de aço inox na indústria de laticínios. [S. l.], 2 set. 2022. Disponível em: <https://www.tanquedeacoinox.com.br/category/tanque-para-leite/>. Acesso em: 1 out. 2022.

JOEL, Rochely Luiz Costa *et al.* USO DE DIFERENTES DOSAGENS DE SUPLEMENTAÇÃO COM WHEY PROTEIN SOBRE A HIPERTROFIA MUSCULAR, VARIAÇÃO PONDERAL E CONSUMO DE RAÇÃO. **JORNADA DE NUTRIÇÃO**, [S. l.], p. 62-69, 24 ago. 2016. Disponível em: https://unisagrado.edu.br/custom/2008/uploads/anais/nutricao_2016/Rochely_Joel-62-69.pdf. Acesso em: 1 out. 2022.

KHAN, Abu Mustafa. **Evaporation.** Aligarh, 2001.17 slides, color.

LIMA, Patrícia. **Whey Protein sai das academias e vira ingrediente até para festa infantil - mas será que faz bem à saúde?** [S. l.], 23 maio 2015. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/donna/fitness/noticia/2015/05/whey-protein-sai-das-academias-e-vira-ingrediente-ate-para-festa-infantil-mas-sera-que-faz-bem-a-saude-cjplfcyrf00zvmncn6wjkncc.html>. Acesso em: 10 nov. 2022.

LIMA, Fabiano Guasti; NETO, Alexandre Assaf. **Fundamentos de Administração Financeira.** 1. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LUZ, Gabriela Bagio. **Processo de extração das proteínas de soro do leite para produção de concentrado proteico.** Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, v.9, n2, 2016. Acesso em: 28 set. 2022.

MELO, Fernanda Feltrin de; BORDONAL, Vanessa Cantieri. Relação do uso da Whey Protein isolada e como coadjuvante na atividade física. **Revista esportiva de nutrição esportiva**, São Paulo, v. 3, n. 17, p. 478-487, 1 set. 2009. Acesso em: 11 set. 2022.

MILKPOINT: **Digestibilidade de leite de ovelha e cabra.** [S. l.], 27 maio 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/lipaufv/digestibilidade-de-leite-de-ovelha-e-cabra-225664/>. Acesso em: 1 set. 2022.

MILKPOINT: **Whey Protein: como o produto do soro do leite foi de descarte poluente a um ingrediente caro.** [S. l.], 10 out. 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/como-o-whey-protein-foi-de-descarte-poluente-a-um-ingrediente-carro-227613/>. Acesso em: 2 set. 2022.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **CENSO AGROPECUÁRIO IBGE 2017: PRODUÇÃO DE LEITE DE CABRA.** [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/padrao-racial-de-ovinos-raca-lacaune/censo-agropecuario-ibge-2017>. Acesso em: 27 set. 2022.

MINKS, A. M. D. **Relatório de estágio – ALIBRA Ingredientes LTDA**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, Curso de Engenharia de Produção. Medianeira, 2012.

MORR, C. V.; HA, E. W. **Whey Protein concentrates and isolates processing and functional properties**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 33, n. 6, p. 431-476, 1993.

MOURA, Andréa. **PROTEÍNAS DO SORO DO LEITE: SORO DO LEITE, UM PRODUTO NATURAL DO LEITE. Dossiê proteínas do soro do leite**, *Food ingredients Brasil*, ed. 41, 2017. Disponível em: https://revista-fi.com/upload_arquivos/201708/2017080411181001502910420.pdf. Acesso em: 11 nov. 2022.

NICÁCIO, Romário. **Crescimento de 7.2%, mercado de Whey Protein a R\$ 40.9bi em 2021**. [S. l.], 13 abr. 2018. Disponível em: <https://oportaln10.com.br/com-crescimento-de-72-mercado-de-whey-protein-deve-chegar-a-r-409-bi-em-2021-diz-pesquisa-80539/>. Acesso em: 22 set. 2022.

NICHOLS, JA; MORR, CV. Spherosil-S Ion Exchange Process for Preparing Whey Protein Concentrate. *Journal of Food Science*, [S. l.], v. 50, n. 3, p. 605-609, 13 maio 1985.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta; NOGUEIRA, Fábio José Horta; ROCHA, Carlos Roberto. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE VAPOR**. Rio de Janeiro, RJ: [s. n.], 2005.

OLIVEIRA, Gisley *et al.* **MDLGV – INDÚSTRIA LTDA: PROCESSO PRODUTIVO DE WHEY PROTEIN**. Orientador: Prof.^a Dr.^a Rubiane Ganascim Marques. 2018. 205 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Apucarana-PR, 2018.

FAGNANI, Rafael. Da ultrafiltração à osmose reversa: Ultrafiltração. In: *Da ultrafiltração à osmose reversa: Ultrafiltração*. [S. l.], 25 abr. 2016. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/rafael-fagnani/da-ultrafiltracao-a-osmose-reversa-99854n.aspx>. Acesso em: 14 nov. 2022.

PALU, Caroline de Souza *et al.* **Tecnologia de produção de Whey Protein**. 2019. 4 p. Dissertação (Graduação) - UNIFEOB, São João da Boa Vista, SP, 2019.

PENSARDI, Juliana. **Tipos de Whey Protein e seus Benefícios**. [S. l.], 26 dez. 2022. Disponível em: <https://www.dicasdetreino.com.br/tipos-de-whey-protein-e-seus-beneficios/>. Acesso em: 2 set. 2022.

PRATES. **Qual a diferença entre payback simples e descontado?**, 2016. Disponível em: < <https://www.wrprates.com/qual-e-a-diferenca-entre-paybacksimples-e-descontado/> >. Acesso em: 28 maio 2022.

PREFEITURA de Campina Grande-PB: **História**. [S. l.], 12 jun. 2018. Disponível em: <https://campinagrande.pb.gov.br/historia/>. Acesso em: 1 set. 2022.

PROTEC, para produtos em pó. Protec Soluções para Empacotamento, 2019. Disponível em: < <https://www.prtecassistencia.com.br/empacotadora-para-produtos-em-po/> >. Acesso em: 01 out. 2022.

RESINAS de Troca Iônica: Desmineralizadores. [S. l.], 6 out. 2017. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/desmineralizadores-resinas-de-troca-ionica/>. Acesso em: 14 jun. 2023.

RESOLUÇÃO CONAMA N° 313, DE 29 DE OUTUBRO DE 2002. [S. l.], 22 nov. 2002. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=263>. Acesso em: 27 set. 2022.

RESOLUÇÃO CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005*. [S. l.], 17 mar. 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 27 set. 2022.

RODRIGUES, Abraham Lincoln de Paula. Benefícios da suplementação de Whey Protein para a saúde humana. **EFDeportes.com**, Buenos Aires, 1 dez. 2013. Disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd187/beneficios-da-suplementacao-de-whey-protein.htm>. Acesso em: 1 out. 2022.

SUPERSTEEL, Ribbon Blenders, misturador horizontal, misturador helicoidal. SuperSteel, 2017. Disponível em: < <https://www.supersteelmaquinas.com.br/ribbon-blender.html> >. Acesso em: 01 out. 2022.

SABESP. Eficiência de remoção de DBO dos principais processos de tratamento de esgoto adotado no Brasil. **Reunião Sub-Grupo de Saneamento - CONAMA.** Janeiro de 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/EFABF603/ApresentacaoRemocaoDBO.pdf>>. Acesso em: 24 de outubro de 2017.

SAMANEZ, C. P. Matemática Financeira: Aplicações à análise de investimentos. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

SANTIN, Juliana. **Soro do leite:** o que é e benefícios para a saúde. o que é e benefícios para a saúde. 2020. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/beneficios-do-soro-do-leite-para-a-saude-18419n.aspx>. Acesso em: 20 set. 2022.

SEBRAE: **Pesquisa registra aumento no consumo de suplementos e traz números animadores para o mercado.** [S. l.], 30 nov. 2020. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/pesquisa-registra-aumento-no-consumo-de-suplementos-e-traz-numeros-animadores-para-o-mercado/>. Acesso em: 1 set. 2022.

SEBRAE. **Ponto de equilíbrio: ferramenta para manter seu negócio seguro.** 2021. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/ponto-de-equilibrio,67ca5415e6433410VgnVCM1000003b74010aRCRD#:~:text=O%20ponto%20de%20equil%C3%ADbrio%20%C3%A9,suas%20receitas%20e%20seus%20custos>. Acesso em 28 maio 2023.

SECAGEM por Pulverização. [S. l.], 16 dez. 2021. Disponível em: <https://www.simplepharmanotes.com/2021/12/spray-drying.html>. Acesso em: 16 dez. 2022.

SILVA, Lizandra Vasconcellos; SOUZA, Schella Vitorino Carvalho de. Qualidade de suplementos proteicos: avaliação da composição e rotulagem. **Revista do instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, p. 75:1703, 11 ago. 2016.

SIQUEIRA, Kennya Beatriz; JUNIOR, Idílio José Delgado; STOCK, Lorildo Aldo. **Produção, composição e processamento de leite de cabra no Brasil**. Juiz de Fora - MG: [s. n.], 2020. Acesso em: 11 set. 2022.

SOARES, Cláudia Dal Molin. AVALIAÇÃO DO LEITE DE CABRA CRU, CRU CONGELADO, QUEIJO MINAS FRESCAL E D SORO POR DIFERENTE PERIODOS DE TEMPO. *In*: SOARES, Cláudia Dal Molin. **AVALIAÇÃO DO LEITE DE CABRA CRU, CRU CONGELADO, QUEIJO MINAS FRESCAL E D SORO POR DIFERENTE PERIODOS DE TEMPO**. Orientador: Prof^a Dr^a Neila Sílvia Pereira dos Santos Richards. 2014. Dissertação (Mestrado) - Mestre, Santa Maria, RS, 2014.

SORO do leite **Matéria-prima valiosa para nutrição**. [S. l.], 1 jun. 2017. Disponível em: <http://www.nutricaoopraticaesaudavel.com.br/bem-estar/soro-do-leite/>. Acesso em: 29 set. 2022.

SOUZA, Viviane de; BENEVIDES, Selene Daiha; OLIVEIRA, Leandro Silva; SANTOS, Valderlândia Oliveira dos. **Aspectos importantes para obtenção de leite de cabra com qualidade**. Sobral, CE: [s. n.], 2014. Acesso em: 11 set. 2022.

SOUZA, Cláucia Fernanda Volken de; *et al.* **Aplicação do processo de spray drying na fabricação de produtos lácteos**. MilkPoint, 2018. Disponível em: < <https://www.milkpoint.com.br/colunas/claucia-fernanda-souza/aplicacoes-do-processo-de-spray-drying-na-fabricacao-de-produtos-lacteos-210942/#>>. Acesso em: 30 set. 2022.

SOUZA, Viviane; BENEVIDES, Selene Daiha; OLIVEIRA, Leandro Silva; SANTOS, Valderlândia Oliveira. **Aspectos importantes para a Obtenção de Leite de Cabra com Qualidade**. Documentos 111 on-line, [S. l.], p. 1-40, 27 jun. 2014. E-book (111).

SOUZA, Ana Flávia *et al.* **SER ENCANTO: INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS**. Orientador: Prof.^a Dr^a Ana Maria Ferrari Lima. 2022. 177 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Apucarana-PR, 2022.

TOLIPAN, Heloisa. **Consumo de Whey Protein dá grande salto na pandemia. Entenda benefícios!**. [S. l.], 11 jun. 2021. Disponível em: <https://heloisatolipan.com.br/quotes/consumo-de-whey-protein-da-grande-salto-na-pandemia-entenda-beneficios/>. Acesso em: 1 set. 2022.

TPC. **Rack de armazenamento**: entenda o que é e como funciona. TPC b.log, 2022. Disponível em: < <https://www.grupotpc.com/blog/rack-armazenamento/>>. Acesso em: 01 out. 2022.

TROVATI, J. Tratamento de Água para Geração de Vapor: Caldeiras. 2018. Disponível em: https://www.snatural.com.br/PDF_arquivos/Torre-Caldeira-Tratamento-Agua-Caldeira.pdf. Acesso em: 07 maio 2022.

YANSEN, Isabela. **Whey Protein: história e propriedades**. [S. l.]: Fisiculturismo, 15 maio 2011. Disponível em:

<https://fisiculturismo.com.br/mat%C3%A9rias/suplementos/whey-protein-hist%C3%B3ria-e-propriedades-r286/>. Acesso em: 11 set. 2022.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Cálculos do Balanço de Massa da ETE

Nas Tabelas 21 a 24 estão demonstrados mais detalhadamente o balanço de massa do tratamento de efluentes utilizado pela CabrWhey.

Tabela 21 - Tanque de equalização.

LAGOA DE EQUALIZAÇÃO			
CGR (L/dia)	15.425,5668	TE (L/dia)	15.425,5668
X_{gordura}	0,0049	R_{gordura}	75,774
DBO (mg/L)	3000	DBO (mg/L)	3000

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 22 - Tanque aeróbio.

LAGOA DE AERÓBICA			
TE (L/dia)	15.349,793	LA(L/dia)	15.349,793
DBO (mg/L)	3000	DBO (mg/L)	300

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 23 - Tanque anaeróbico.

LAGOA DE ANAERÓBICA			
LA(L/dia)	15.349,793	LAN (L/dia)	15.349,793
DBO (mg/L)	300	DBO (mg/L)	45

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 24 - Tanque facultativo.

LAGOA FACULTATIVA			
LAN (kg/dia)	15.349,793	LFA (kg/dia)	15.349,793
DBO (mg/L)	45	DBO (mg/L)	11,25

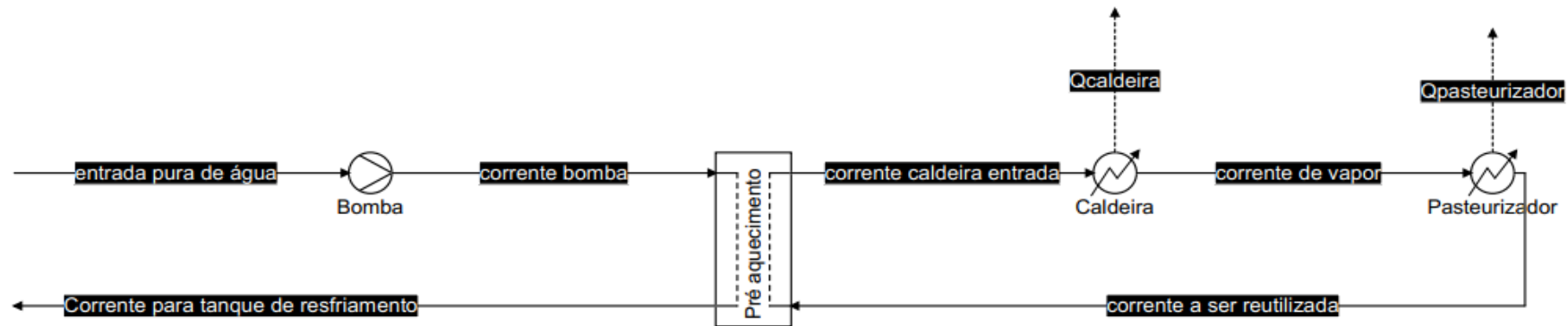
Fonte: Autoria própria (2022)

APÊNDICE B – Balanço de Energia

Caldeira

Na Figura 29 está demonstrado a simulação feita no *software* COCO[V3.6] na qual pode-se ressaltar a integração energética que foi utilizada a corrente de saída do processo para pré-aquecer água que entra no sistema.

Figura 29 – Simulação da caldeira para o vapor saturado usado no pasteurizador.

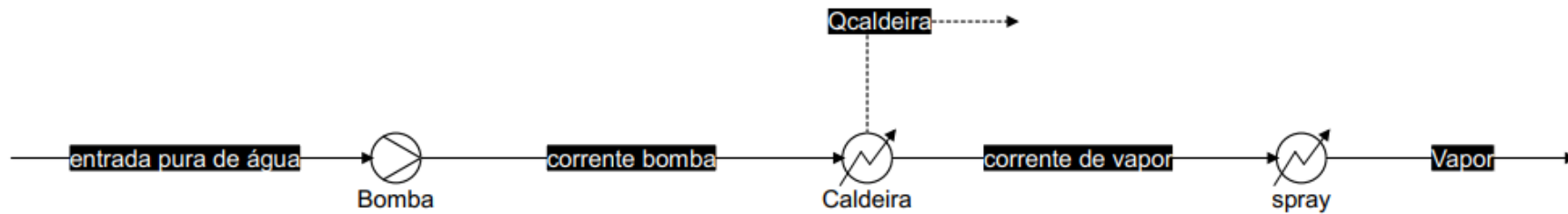


Stream	entrada pura de água	corrente bomba	corrente caldeira entrada	corrente de vapor	Qcaldeira	corrente a ser reutilizada	Corrente para tanque de resfriamento	Qpasteurizador	Unit
TemperatureHigh					180			180	°C
TemperatureLow					179.88			179.88	°C
Work					-259456			259456	W
Material properties									
Pressure	1.013	10	10	10		10	10		bar
Temperature	25	25.0744	179.88	180		179.88	25.074		°C
Flow rate	448.65	448.65	448.65	448.65		448.65	448.65		kg / h
Mole frac Water	1	1	1	1		1	1		
Flow Water	448.65	448.65	448.65	448.65		448.65	448.65		kg / h
Vapor phase									
Mole phase fraction				1					
Liquid phase									
Mole phase fraction	1	1	1			1	1		

Fonte: Autoria própria (2023)

A secagem por pulverização foi realizada de forma semelhante à pasteurização, com a única diferença de que o vapor retornado para pré-aquecer a primeira corrente foi parcialmente carregado com água removida durante a atomização, como pode ser observado na Figura 30.

Figura 30 – Simulação da caldeira para o vapor saturado usado no *spray dryer*.



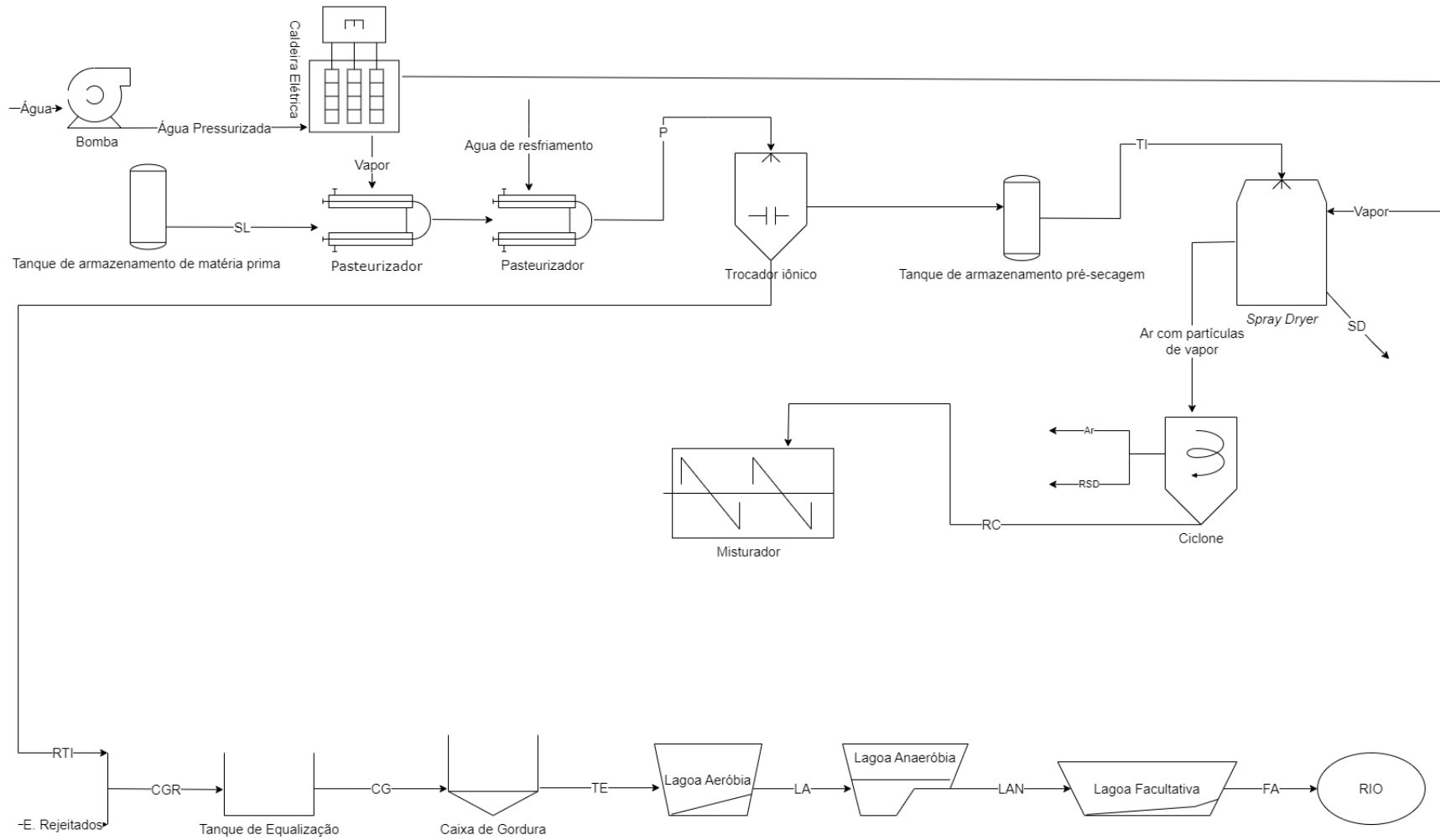
Stream	entrada pura de água	corrente bomba	corrente de vapor	Qcaldeira	Vapor	Unit
TemperatureHigh				183		°C
TemperatureLow				25.0744		°C
Work				-1.79217e+06		W
Material properties						
Pressure	1.013	10	10		1	bar
Temperature	25	25.0744	183		105	°C
Flow rate	2300.19	2300.19	2300.19		2300.19	kg / h
Mole frac Water	1	1	1		1	
Flow Water	2300.19	2300.19	2300.19		2300.19	kg / h
Vapor phase						
Mole phase fraction			1		1	
Liquid phase						
Mole phase fraction	1	1				

Fonte: Autoria própria (2023)

APÊNDICE C – PFD

A Figura 31 está apresentando o PFD da CabrWhey.

Figura 31 – PFD dos processos da empresa CabrWhey.



Fonte: Autoria própria (2023)

APÊNDICE D – Balanço Financeiro

A Tabela 25 demonstra o balanço do financiamento proposto.

Tabela 25 - Financiamento

FINANCIAMENTO				
Ano	Amortização	Juros	Parcela	Saldo Devedor
0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 3.014.612,16
1	R\$ -	R\$ 84.409,14	R\$ -	R\$ 3.099.021,31
2	R\$ 344.335,70	R\$ 86.772,60	R\$ 431.108,30	R\$ 2.754.685,60
3	R\$ 344.335,70	R\$ 77.131,20	R\$ 421.466,90	R\$ 2.410.349,90
4	R\$ 344.335,70	R\$ 67.489,80	R\$ 411.825,50	R\$ 2.066.014,20
5	R\$ 344.335,70	R\$ 57.848,40	R\$ 402.184,10	R\$ 1.721.678,50
6	R\$ 344.335,70	R\$ 48.207,00	R\$ 392.542,70	R\$ 1.377.342,80
7	R\$ 344.335,70	R\$ 38.565,60	R\$ 382.901,30	R\$ 1.033.007,10
8	R\$ 344.335,70	R\$ 28.924,20	R\$ 373.259,90	R\$ 688.671,40
9	R\$ 344.335,70	R\$ 19.282,80	R\$ 363.618,50	R\$ 344.335,70
10	R\$ 344.335,70	R\$ 9.641,40	R\$ 353.977,10	R\$ -

Fonte: Autoria própria (2023)

A Tabela 26 parte 1 e 2 detalha o DRE.

Tabela 26 - Apuração do desempenho financeiro (parte1).

	1	2	3	4	5
Receita Bruta	R\$ 3.339.648,00	R\$ 3.673.612,80	R\$ 4.040.974,08	R\$ 4.445.071,49	R\$ 4.889.578,64
Impostos diretos	-R\$ 928.422,14	-R\$ 928.422,14	-R\$ 928.422,14	-R\$ 928.422,14	-R\$ 928.422,14
Custo operacionais	-R\$ 2.058.804,40	-R\$ 2.058.804,40	-R\$ 2.058.804,40	-R\$ 2.058.804,40	-R\$ 2.058.804,40
EBITDA	R\$ 352.421,45	R\$ 686.386,25	R\$ 1.053.747,53	R\$ 1.457.844,94	R\$ 1.902.352,09
Depreciação	-R\$ 229.909,86	-R\$ 208.603,11	-R\$ 189.794,87	-R\$ 173.133,53	-R\$ 158.324,13
Juros	-R\$ 84.409,14	-R\$ 86.772,60	-R\$ 77.131,20	-R\$ 67.489,80	-R\$ 57.848,40
LAIR	R\$ 38.102,46	R\$ 391.010,55	R\$ 786.821,47	R\$ 1.217.221,62	R\$ 1.686.179,57
Imposto de renda	-R\$ 5.715,37	-R\$ 58.651,58	-R\$ 118.023,22	-R\$ 182.583,24	-R\$ 252.926,94
Lucro Líquido	R\$ 32.387,09	R\$ 332.358,96	R\$ 668.798,25	R\$ 1.034.638,37	R\$ 1.433.252,63
Amortização	-R\$ 344.335,70	-R\$ 344.335,70	-R\$ 344.335,70	-R\$ 344.335,70	-R\$ 344.335,70
Depreciação	R\$ 229.909,86	R\$ 208.603,11	R\$ 189.794,87	R\$ 173.133,53	R\$ 158.324,13
Fluxo líquido	-R\$ 82.038,76	R\$ 196.626,38	R\$ 514.257,42	R\$ 863.436,20	R\$ 1.247.241,06

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 26 - Apuração do desempenho financeiro (Parte 2).

	6	7	8	9	10
Receita Bruta	R\$ 5.378.536,50	R\$ 5.916.390,15	R\$ 6.508.029,17	R\$ 7.158.832,08	R\$ 7.874.715,29
Impostos diretos	-R\$ 928.422,14	-R\$ 928.422,14	-R\$ 928.422,14	-R\$ 928.422,14	-R\$ 928.422,14
Custo operacionais	-R\$ 2.058.804,40	-R\$ 2.058.804,40	-R\$ 2.058.804,40	-R\$ 2.058.804,40	-R\$ 2.058.804,40
EBITDA	R\$ 2.391.309,96	R\$ 2.929.163,61	R\$ 3.520.802,62	R\$ 4.171.605,54	R\$ 4.887.488,74
Depreciação	-R\$ 145.118,33	-R\$ 133.306,30	-R\$ 122.710,09	-R\$ 113.178,21	-R\$ 104.581,22
Juros	-R\$ 48.207,00	-R\$ 38.565,60	-R\$ 28.924,20	-R\$ 19.282,80	-R\$ 9.641,40
LAIR	R\$ 2.197.984,63	R\$ 2.757.291,71	R\$ 3.369.168,33	R\$ 4.039.144,53	R\$ 4.773.266,12
Imposto de renda	-R\$ 329.697,69	-R\$ 413.593,76	-R\$ 505.375,25	-R\$ 605.871,68	-R\$ 715.989,92
Lucro Líquido	R\$ 1.868.286,94	R\$ 2.343.697,95	R\$ 2.863.793,08	R\$ 3.433.272,85	R\$ 4.057.276,20
Amortização	-R\$ 344.335,70	-R\$ 344.335,70	-R\$ 344.335,70	-R\$ 344.335,70	-R\$ 344.335,70
Depreciação	R\$ 145.118,33	R\$ 133.306,30	R\$ 122.710,09	R\$ 113.178,21	R\$ 104.581,22
Fluxo líquido	R\$ 1.669.069,56	R\$ 2.132.668,55	R\$ 2.642.167,47	R\$ 3.202.115,36	R\$ 3.817.521,73

Fonte: Autoria própria (2023)

Investimentos

Os investimentos iniciais com a construção se deram pelos valores disponíveis na SINDUSCON – PB (Sindicato da Indústria da Construção Civil da Paraíba) referentes a maio/2023. A Tabela 27 mostra o custo de construção e do terreno.

Tabela 27 - Custo da matéria-prima.

	R\$/m ²	Área construída (m ²)	Total
Terreno	-	-	R\$ 299.546,27
Obra	1300,82	958,84	R\$ 1.535.553,49

Fonte: Autoria própria (2023)

Os valores dos equipamentos se encontram na Tabela 28.

Tabela 28 - Custo equipamentos

Linha	Equipamento	Custo total (R\$)	Consumo energético (kW)	Custo energético/mês
	Tanques (15)	R\$ 636.760,50	10	R\$ 30
	Trocador de calor (2)	R\$ 2.996,52	-	R\$ -
	Sistema EDI	R\$ 16.480,86	2,50	R\$ 15
	Spray dryer	R\$ 124.855,00	49,05	R\$ 294,30
Whey	Misturador	R\$ 23.972,16	4,00	R\$ 24
	Empacotadeira	R\$ 89.895,60	2,20	R\$ 13,20
	Bombas (11)	R\$ 19.777,03	43,96	R\$ 263,80
	Caldeira	R\$ 24.971,00	8206,50	R\$ 12309,75
Total		R\$ 939.708,67		R\$ 12.950,05

Fonte: Autoria própria (2023)

Custos fixos

Um dos custos fixos da empresa é a folha de pagamento dos funcionários, contendo o salário mensal, o 13º salário, 1/3 das férias, auxílio transporte e alimentação, FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço), RTA (Risco Ambientais do Trabalho) INSS e sua provisão. A quantidade de funcionários da CabrWhey segue na Tabela 29 e os custos estão na Tabela 30 parte 1 e 2.

Tabela 29 - Funcionários por cargo.

Cargo	Quantidade
Presidente	1
Diretor Administrativo	1
Aux Vendas	1
PCP (Planejamento e Controle da Produção)	1
Engenheiro	1
Operador Embaladora	1
Responsável Mantimentos	1
Auxiliar operacional	4
Auxiliar de controle de qualidade	1
Auxiliar de limpeza	2
Responsável pelo tratamento	1
Total	25

Fonte: Aatoria própria (2023)

Tabela 30 – Investimentos iniciais (Parte 1).

Cargo	Salário mensal		13°		1/3 Férias		Aux Transporte		Aux Alimentação	
Presidente	R\$	9.000,00	R\$	9.000,00	R\$	3.000,00	R\$	-	R\$	-
Diretor Administrativo	R\$	5.575,00	R\$	5.575,00	R\$	1.858,33	R\$	-	R\$	150,00
Aux Vendas	R\$	1.840,00	R\$	1.840,00	R\$	613,33	R\$	100,00	R\$	150,00
PCP	R\$	2.325,00	R\$	2.325,00	R\$	775,00	R\$	100,00	R\$	150,00
Engenheiro	R\$	6.000,00	R\$	6.000,00	R\$	2.000,00	R\$	100,00	R\$	150,00
Operador Embaladora	R\$	1.578,00	R\$	1.578,00	R\$	526,00	R\$	100,00	R\$	150,00
Responsável										
Mantimentos	R\$	1.767,00	R\$	1.767,00	R\$	589,00	R\$	100,00	R\$	150,00
Auxiliar operacional	R\$	1.578,00	R\$	1.578,00	R\$	526,00	R\$	100,00	R\$	150,00
Auxiliar de qualidade	R\$	1.959,00	R\$	1.959,00	R\$	653,00	R\$	100,00	R\$	150,00
Auxiliar de limpeza	R\$	1.306,00	R\$	1.306,00	R\$	435,33	R\$	100,00	R\$	150,00
Responsável do										
tratamento	R\$	1.959,00	R\$	1.959,00	R\$	653,00	R\$	100,00	R\$	150,00
Total	R\$	34.887,00	R\$	34.887,00	R\$	11.629,00	R\$	900,00	R\$	1.500,00

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 30 – Investimentos iniciais (Parte 2).

Cargo	FGTS	RAT	INSS	Provisão INSS	Custo mensal	Custo Anual
Presidente	R\$ 720,00	R\$ 270,00	R\$ 1.800,00	R\$ 1.260,00	R\$ 23.790,00	R\$ 285.480,00
Diretor Administrativo	R\$ 446,00	R\$ 167,25	R\$ 1.115,00	R\$ 780,50	R\$ 14.886,58	R\$ 178.639,00
Aux Vendas	R\$ 147,20	R\$ 55,20	R\$ 368,00	R\$ 257,60	R\$ 5.113,73	R\$ 61.364,80
PCP	R\$ 186,00	R\$ 69,75	R\$ 465,00	R\$ 325,50	R\$ 6.395,75	R\$ 76.749,00
Engenheiro	R\$ 480,00	R\$ 180,00	R\$ 1.200,00	R\$ 840,00	R\$ 16.110,00	R\$ 193.320,00
Operador						
Embaladora	R\$ 126,24	R\$ 47,34	R\$ 315,60	R\$ 142,02	R\$ 4.421,18	R\$ 53.054,16
Responsável						
Mantimentos	R\$ 141,36	R\$ 53,01	R\$ 353,40	R\$ 159,03	R\$ 4.920,77	R\$ 59.049,24
Auxiliar operacional	R\$ 126,24	R\$ 47,34	R\$ 315,60	R\$ 142,02	R\$ 17.684,72	R\$ 212.216,64
Auxiliar de qualidade	R\$ 156,72	R\$ 58,77	R\$ 391,80	R\$ 176,31	R\$ 5.428,29	R\$ 65.139,48
Auxiliar de limpeza	R\$ 104,48	R\$ 39,18	R\$ 261,20	R\$ 117,54	R\$ 7.404,39	R\$ 88.852,64
Responsável do tratamento	R\$ 156,72	R\$ 58,77	R\$ 391,80	R\$ 176,31	R\$ 5.428,29	R\$ 65.139,48
Total	R\$ 3.080,48	R\$ 1.155,18	R\$ 7.701,20	R\$ 4.594,26	R\$ 140.134,65	R\$ 1.681.615,76

Fonte: Autoria própria (2023)

Capital de giro

O capital de giro é calculado utilizando-se a Equação 21.

$$\text{Capital de giro} = \frac{\text{Custo fixo anual} + \text{Custo variável}}{12} * 3 \quad (21)$$

Os dados utilizados para o cálculo estão expostos na Tabela 31.

Tabela 31 – Capital de giro.

Nome	Valores	
Custo variável	R\$	553.369,32
Custo fixo	R\$	1.505.435,08
Total	R\$	2.058.804,40
Capital de Giro	R\$	238.016,44

Fonte: Autoria própria (2023)

Depreciação

Utilizou-se a taxa de depreciação anual para a natureza de cada bem e o período de 10 anos como vida útil destes, em que os resultados estão apresentados nas Tabelas 32 parte 1 e 2.

Tabela 32 -Depreciações anuais (parte 1).

Ativo	Valor de aquisição	Taxa de depreciação	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano
Terreno	R\$ 299.546,27	4%	R\$ 11.981,85	R\$ 11.502,58	R\$ 11.042,47	R\$ 10.600,77	R\$ 10.176,74
Máquina e Equipamentos	R\$ 939.708,67	10%	R\$ 93.970,87	R\$ 84.573,78	R\$ 76.116,40	R\$ 68.504,76	R\$ 61.654,29
Construção	R\$ 1.535.553,49	4%	R\$ 61.422,14	R\$ 58.965,25	R\$ 56.606,64	R\$ 54.342,38	R\$ 52.168,68
Veículo	R\$ 136.000,00	20%	R\$ 27.200,00	R\$ 21.760,00	R\$ 17.408,00	R\$ 13.926,40	R\$ 11.141,12
Laboratório	R\$ 253.350,00	10%	R\$ 25.335,00	R\$ 22.801,50	R\$ 20.521,35	R\$ 18.469,22	R\$ 16.622,29
Demais investimentos	R\$ 100.000,00	10%	R\$ 10.000,00	R\$ 9.000,00	R\$ 8.100,00	R\$ 7.290,00	R\$ 6.561,00
Total	R\$ 3.264.158,43	Depreciação total anual	R\$ 229.909,86	R\$ 208.603,11	R\$ 189.794,87	R\$ 173.133,53	R\$ 158.324,13
		Valor depreciado	R\$ 3.034.248,58	R\$ 2.825.645,47	R\$ 2.635.850,60	R\$ 2.462.717,07	R\$ 2.304.392,94

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 32 - Depreciações anuais (parte 2).

Ativo	Valor de aquisição	Taxa de Depreciação	6º ano	7º ano	8º ano	9º ano	10º ano
Terreno	R\$ 299.546,27	4%	R\$ 9.769,67	R\$ 9.378,89	R\$ 9.003,73	R\$ 8.643,58	R\$ 8.297,84
Máquina e Equipamentos	R\$ 939.708,67	10%	R\$ 55.488,86	R\$ 49.939,97	R\$ 44.945,97	R\$ 40.451,38	R\$ 36.406,24
Construção	R\$ 1.535.553,49	4%	R\$ 50.081,94	R\$ 48.078,66	R\$ 46.155,51	R\$ 44.309,29	R\$ 42.536,92
Veículo	R\$ 136.000,00	20%	R\$ 8.912,90	R\$ 7.130,32	R\$ 5.704,25	R\$ 4.563,40	R\$ 3.650,72
Laboratório	R\$ 100.000,00	10%	R\$ 14.960,06	R\$ 13.464,06	R\$ 12.117,65	R\$ 10.905,89	R\$ 9.815,30
Demais investimentos	R\$ 350.000,00	10%	R\$ 5.904,90	R\$ 5.314,41	R\$ 4.782,97	R\$ 4.304,67	R\$ 3.874,20
Total	R\$3.244.158,43	Depreciação total anual	R\$ 145.118,33	R\$ 133.306,30	R\$ 122.710,09	R\$ 113.178,21	R\$ 104.581,22
		Valor depreciado	R\$ 2.159.274,61	R\$ 2.025.968,31	R\$ 1.903.258,22	R\$ 1.790.080,01	R\$ 1.685.498,78

Fonte: Autoria própria (2023)