

UTFPR - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA QUÍMICA

INDIANA BERSI DUARTE
JAQUELINE SOUSA PEREIRA DOS SANTOS
JOÃO VICTOR AMADO FUZINELLI
VICTOR EIDY RIBEIRO TAKIGAMI

**PARANALAC-INDÚSTRIA LTDA: PRODUÇÃO DE IOGURTE BATIDO
MAGRO SEM LACTOSE E ZERO ADIÇÃO DE AÇÚCAR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

APUCARANA

2019

INDIANA BERSI DUARTE
JAQUELINE SOUSA PEREIRA DOS SANTOS
JOÃO VICTOR AMADO FUZINELLI
VICTOR EIDY RIBEIRO TAKIGAMI

**PARANALAC-INDÚSTRIA LTDA: PRODUÇÃO DE IOGURTE BATIDO
MAGRO ZERO LACTOSE E ZERO ADIÇÃO DE AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado ao curso de Engenharia
Química, Universidade Tecnológica Federal
do Paraná como requisito à obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr^a. Rubiane Ganascim
Marques.

APUCARANA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

PARANALAC-INDÚSTRIA LTDA: PRODUÇÃO DE IOGURTE BATIDO MAGRO ZERO LACTOSE E ZERO ADIÇÃO DE AÇÚCAR

por

INDIANA BERSI DUARTE
JAQUELINE SOUSA PEREIRA DOS SANTOS
JOÃO VICTOR AMADO FUZINELLI
VICTOR EIDY RIBEIRO TAKIGAMI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 27 de novembro de 2019 às 15 horas e 45 minutos, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Apucarana. Os candidatos foram arguidos pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

Rubiane Ganascim Marques - Orientadora

Lucimara Lopes da Silva - Examinadora

Paola dos Santos Gaschi Marques - Examinadora

AGRADECIMENTOS

O grupo constituinte da ParanaLac Indústria Ltda. gostaria de agradecer primeiramente, a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma, seja ela direta ou indireta, para a construção do presente trabalho. O grupo agradece especialmente à Barbara Lopes Borges, que foi de suma importância na realização deste trabalho. O grupo ainda agradece especialmente aos familiares, pelo apoio e incentivo de todas as formas ao longo dos anos, a todos os professores que contribuíram para a construção intelectual de cada membro, a banca por disponibilizar seu conhecimento crítico a favor do enriquecimento do trabalho, e também para a Professora Dr^a. Rubiane Ganascim Marques, pelo auxílio fundamental tanto ao longo do desenvolvimento como na finalização do mesmo.

RESUMO

Uma das dificuldades que o consumidor se depara é encontrar algum produto de fácil acesso para consumir como café da manhã, lanche da tarde ou da noite, além de que, hoje muitos consumidores desejam manter uma alimentação saudável mesmo fora de casa. O iogurte é um produto lácteo fresco, obtido pela fermentação do leite com cultivos pró-simbióticos de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, e tem ganhando cada vez mais espaço na mesa dos consumidores brasileiros devido ao aumento da busca por uma alimentação saudável. De olho nos consumidores preocupados em ter uma dieta mais equilibrada e com foco na saúde, se iniciou a demanda de produtos de linha zero, entre eles, zero gordura, zero adição de açúcar e zero lactose. O aumento de consumidores lacto intolerantes traz mudanças para o cenário de produtos lácteos, gerando uma nova oportunidade de mercado. Perante esse cenário, o presente trabalho apresenta a elaboração do projeto de implantação de uma indústria de iogurte sem lactose e zero adição de açúcar, denominada ParanaLac. O projeto em questão aborda o estudo de mercado, público alvo, decisão locacional, projeto de instalações fabris, estrutura organizacional, produtos, processo produtivo dos dois produtos iniciais da empresa, balanço material do processo produtivo e do tratamento de efluente, projeto das instalações fabris, dimensionamento dos equipamentos, balanço energético do processo produtivo, PFD e análise econômica da empresa.

Palavra-chave: iogurte, lactose, laticínio.

ABSTRACT

One of the difficulties that the consumer encounters is to find some product easily accessible to consume as breakfast, afternoon or evening snack, besides that today many consumers wish to keep healthy eating even outside the home. Yogurt is a fresh dairy product, obtained by fermentation of milk with pro-symbiotic crops of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*, and has gained more and more space at the Brazilian consumers' table due to the increased search for healthy eating. For consumers concerned about having a more balanced diet with a focus on health, the demand for zero-line products has begun, including zero fat, zero lactose and zero sugar addition. The increase in intolerant lacto consumers brings changes to the dairy industry scenario, generating a new market opportunity. Before that, the present work presents the elaboration of the implementation project of a dairy-free yogurt industry and zero sugar, called ParanaLac. The project in question addresses market study, target audience, location decision, organizational structure, products, production process of the company's two initial products, material balance of the production process and effluent treatment, design of manufacturing facilities, equipment sizing, energy balance of the production process, PFD and economic analysis of the company.

Keyword: Yogurt, Lactose, Dairy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Quantidade de leite cru, resfriado ou não, adquirido (Mil Litros), 1º trimestre 1997 – 4º trimestre 2018.	7
Figura 2 - O que é intolerância à lactose, causa, sintomas e público mais afetado. ...	8
Figura 3 - Logomarca da empresa ParanaLac - Indústria Ltda.	13
Figura 4 - Arte do produto FreeLac na embalagem de 180g.....	14
Figura 5 - Arte do produto FreeLac na embalagem de 900g.....	14
Figura 6 - Organograma Organizacional	16
Figura 7 - Participação das grandes regiões na produção de leite (%).....	17
Figura 8 - Ranking e variação anual da quantidade de leite cru adquirido pelos laticínios - Unidades da Federação – 4º s trimestres de 2017 e 2018.	19
Figura 9 - Ranking dos municípios brasileiros mais produtores de leite.....	19
Figura 10 - Localização das instalações fabris da ParanaLac em escala nacional. ...	22
Figura 11 - Localização das instalações fabris da ParanaLac em escala estadual...	23
Figura 12 - Localização do terreno das instalações fabris da ParanaLac em escala municipal.	24
Figura 13 - Localização do terreno das instalações fabris da ParanaLac	25
Figura 14- Ilustração do layout da planta baixo do projeto de instalações fabris.	27
Figura 15-Vista aérea das intalações da ParanaLac em 3D	28
Figura 16- Vista frontal da fachada da empresa em 3D	28
Figura 17 - Diagrama de blocos do processo produtivo simplificado de iogurte	29
Figura 18 - Esquematização do equipamento centrífuga.	33
Figura 19 - Esquema de um sistema de tanque de mistura.	36
Figura 20 - Esquema de um fermentador.....	39
Figura 21 - Esquema de adição de enzima	41
Figura 22 - Esquema da adição da polpa de morango.....	43
Figura 23 - Fluxograma do tratamento de efluente	47
Figura 24 - Esquema gradeamento do leite não conforme e gradeamento do efluente do processo.....	51
Figura 25 - Esquema de correntes na centrífuga para o leite não conforme.....	52
Figura 26 - Esquema para flotador.....	54
Figura 27 - Esquema para lagoa aerada de mistura completa seguida por uma lagoa de decantação.....	56

Figura 28 - Esquema para Lagoa Facultativa 1.....	58
Figura 29 - Esquema para Lagoa Facultativa 2.....	58
Figura 30 - Fluxograma mássico de todo o processo de tratamento do efluente.....	60
Figura 31 - Ilustração do agitador pás restas inclinadas.	64
Figura 32 - Imagem ilustrativa dos tanques de armazenamento para o leite.	65
Figura 33- Separadora centrífuga de leite	66
Figura 34- Tanque misturador.....	67
Figura 35- Homogeneizador.....	69
Figura 36 - Imagem ilustrativa do pasteurizador escolhido pela empresa ParanaLac.	70
Figura 37 - Tanque pulmão.	72
Figura 38- Fermentador	73
Figura 39 - Cronograma de funcionamento das dornas em um processo contínuo. (1) início do preparo do fermentador; (2) fim da alimentação; (3) fim da fermentação; (4) fim da descarga do fermentador.....	76
Figura 40 - Cronograma de funcionamento das dornas 1 e "D", consecutivas. (1) início da preparação; (2) fim da alimentação; (3) fim da fermentação; (4) fim do descargue.....	77
Figura 41- Máquina de envae automática	78
Figura 42 - Válvula solenoide em aço inox.....	80
Figura 43 - Válvula solenoide em PTFE.....	81
Figura 44 - Válvula gaveta.....	82
Figura 45 - Válvula globo	83
Figura 46 - Tanques de armazenamento.	84
Figura 47-Bomba Helicoidal Asséptica NEMO	85
Figura 48- A Bomba Centrífuga Schneider BC-21	87
Figura 49 - Imagem ilustrativa do container refrigerado. (a) Características internas; (b) Características externas.	88
Figura 50 - Temperatura <i>versus</i> ΔH	97
Figura 51-Esquema das seções do trocador de calor após a integração energética.	98
Figura 52- Imagem ilustrativa de unidade Chiller industrial.....	107
Figura 53-Ilustração da Caldeira elétrica de água quente.....	109
Figura 54 - Diagrama de fluxo do processo da ParanaLac _ Indst. Ltda.....	112

Figura 55 - Gráfico do fluxo de caixa anual.....	119
Figura 56- Ponto de Equilíbrio Financeiro da ParanaLac.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - A composição do leite (g / 100g).....	7
Tabela 2 - Prevalência de intolerância a lactose em adultos de diferentes países. ..	10
Tabela 3 - Aquisição alimentar domiciliar per capita anual, por classes de rendimento total e variação patrimonial mensal familiar, segundo os produtos selecionados Brasil - período 2008-2009.....	11
Tabela 4 – Produção de leite dos estados mais produtores do Brasil em 2017.....	18
Tabela 5 - Composição do Creme.....	34
Tabela 6 - Resultado do balanço de massa para centrífuga.	35
Tabela 7 - Composição do leite em pó desnatado,	37
Tabela 8 - Resultado do balanço de massa para o tanque de mistura.	38
Tabela 9 - Resultado do balanço de massa para o fermentador.....	40
Tabela 10 - Tabela dos resultados do balanço de massa na adição de enzima.	42
Tabela 11 - Composição da polpa de morango.....	43
Tabela 12 - Resultado do balanço de massa na adição da polpa de morango.	45
Tabela 13 - Características físico-químicas médias de efluentes líquidos de indústrias de leite pasteurizado e iogurte	50
Tabela 14 - Resultado do balanço de massa para o gradeamento do leite não conforme e do efluente do processo	52
Tabela 15 - A composição do leite não conforme	53
Tabela 16 - A composição do leite não conforme desnatado.....	53
Tabela 17 - Resultado do balanço de massa para centrífuga de leite não conforme	54
Tabela 18 - Resultado do balanço de massa para flotador	55
Tabela 19 - Resultado do balanço de massa para lagoa de mistura completa seguida por uma lagoa de decantação	57
Tabela 20 - Resultado do balanço de massa para cada componente para uma lagoa de mistura completa seguida por uma lagoa de decantação	57
Tabela 21 - Resultado do balanço de massa para as lagoas facultativas	58
Tabela 22 - Resultado do balanço de massa por componente para a Lagoa Facultativa 1	59
Tabela 23 - Resultado do balanço de massa por componente para a Lagoa Facultativa 2.....	59

Tabela 24 - Concentrações iniciais e finais dos componentes presentes no efluente e as exigências mínimas dos órgãos vigentes.	61
Tabela 25-Balanco de energia para os tanques de armazenamento.	93
Tabela 26-Propriedades das utilidades usadas no trocador de calor.	94
Tabela 27-Resultados do balanço energético no trocador de calor.	95
Tabela 28 - Dados de calor e vazão de utilidades após a implantação da integração energética.....	98
Tabela 29- Entalpias de formação padrão dos compostos	101
Tabela 30-Resultado do balanço energético no fermentador.....	102
Tabela 31- Resultados do balanço energético para hidrolise da lactose.	104
Tabela 32-Resultado do balanço energético no resfriamento do iogurte	106
Tabela 33-Quantidade diária necessária de utilidade	106
Tabela 34 – Informações complementares do PFD da empresa ParanaLac apresentado anteriormente.	113
Tabela 35 - Investimentos iniciais.	114
Tabela 36 - Custos de energia.	115
Tabela 37 - Custos de água.	116
Tabela 38 - Custos de matérias primas.....	116
Tabela 39 - Custos de insumos para corrente de CIP.....	116
Tabela 40 - Custos de funcionários.....	117
Tabela 41 - Custos de funcionários terceirizados.....	118
Tabela 42 - Preço dos produtos.	119
Tabela 43 – Valores Anuais de quitação do financiamento.....	120

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Especificação das lagoas facultativas.	61
Quadro 2 - Especificação da lagoa de decantação.	62
Quadro 3 - Especificação da lagoa aerada.	62
Quadro 4 -Especificações técnicas dos tanques de armazenamento (unitário).	64
Quadro 5-Especificações técnicas da separadora centrífuga de leite.	66
Quadro 6-Especificações técnicas para os tanques de mistura.	68
Quadro 7-Especificações técnicas para o homogeneizador.	69
Quadro 8- Especificações técnicas para o pasteurizador.	71
Quadro 9-Especificações técnicas para o tanque pulmão.	72
Quadro 10- Especificações dos Fermentadores.	74
Quadro 11- Especificação da máquina de envase.	79
Quadro 12-Especificações para válvulas.	80
Quadro 13- Especificações para válvula.	81
Quadro 14-Especificações para válvula.	82
Quadro 15-Especificações para válvula.	83
Quadro 16- Especificações técnicas para os tanques de armazenamento.	84
Quadro 17-Especificações técnicas das Bombas Helicoidal Asséptica NEMO.	86
Quadro 18- Especificações técnicas da Bomba Centrífuga Schneider BC-21 R.	87
Quadro 19 - Especificação do container refrigerado.	89
Quadro 20-Especificação do sistema de refrigeração.	108
Quadro 21-Especificações da caldeira elétrica de água quente.	110

LISTA DE SIGLAS

ALU	Acid Lactase Unit
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CIP	Clean in Place
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DBO	Demanda Biológica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
GNPD	Global New Products Database
HTST	High Temperature Short Time
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IN	Instrução Normativa
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
PEF	Ponto de Equilíbrio Financeiro
pH	Potencial Hidrogeniônico
SAC	Sistema de Amortização Constante
SEBRAE	Serviço brasileiro de apoio as micro e pequenas empresas
SST	Sólidos Suspensos Totais
ST	Sólidos Totais
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UFCC	Food Chemical Codex
UHT	Ultra High Temperature
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	PÚBLICO-ALVO	10
3	JUSTIFICATIVA	12
4	A EMPRESA	13
4.1	MISSÃO	15
4.2	VISÃO	15
4.3	VALORES	15
4.4	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	16
5	LOCALIZAÇÃO	17
5.1	AQUISIÇÃO DO TERRENO	21
6	PROJETO DE INSTALAÇÕES FABRIS	26
7	PROCESSO DE PRODUÇÃO SIMPLIFICADO	29
8	BALANÇO DE MASSA DO PROCESSO	33
8.1	CENTRÍFUGA	33
8.2	TANQUE DE MISTURA	35
8.3	FERMENTADOR	38
8.4	ADIÇÃO DE ENZIMA	41
8.5	ADIÇÃO DE POLPA DE MORANGO	42
9	TRATAMENTO DE EFLUENTE	46
10	BALANÇO DE MASSA PARA O EFLUENTE	49
10.1	GRADEAMENTO	51
10.2	CENTRÍFUGA	52
10.3	FLOTADOR	54
10.4	LAGOAS DE TRATAMENTO	55
10.4.1	Lagoa aerada de mistura completa seguida por lagoa de decantação	55
10.4.2	Lagoas facultativas	57
10.5	DIMENSIONAMENTO DAS LAGOAS DE TRATAMENTO	61
11	DIMENCIONAMENTO E ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS	63
11.1	TANQUE DE ARMAZENAMENTO DE MATÉRIA PRIMA	63
11.2	CENTRÍFUGA	65

11.3	TANQUE DE MISTURA	67
11.4	HOMOGENEIZADOR	68
11.5	TROCADOR DE CALOR (PASTEURIZADOR).....	70
11.6	TANQUE PULMÃO	71
11.7	FERMENTADORES.....	73
11.7.1	Cálculo do número de dornas	74
11.8	MÁQUINA DE ENVASE	78
11.9	VÁLVULAS.....	79
11.10	TANQUES DE ARMAZENAMENTO PARA SOLUÇÕES DE LIMPEZA	83
11.11	BOMBAS.....	85
11.11.1	Bomba de deslocamento positivo.....	85
11.11.2	Bomba centrífuga	86
11.12	CONTAINER FRIGORIFICO PARA ARMAZENAMENTO DE PRODUTO	87
12	BALANÇO ENERGÉTICO DO PROCESSO PRODUTIVO	90
12.1	BALANÇO DE ENERGIA PARA TANQUES DE ARMAZENAMENTO	91
12.2	TROCADOR DE CALOR (PASTEURIZAÇÃO).....	93
12.2.1	Seção de aquecimento.....	94
12.2.2	Seção de Resfriamento	94
12.3	INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA	95
12.3.1	Seção de regeneração	96
12.4	BALANÇO DE ENERGIA PARA OS FERMENTADORES.....	99
12.4.1	Fermentação	99
12.4.2	Hidrólise enzimática	103
12.4.3	Resfriamento do logurte.....	105
13	UTILIDADES PARA O PROCESSO PRODUTIVO.....	106
13.1	SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	106
13.2	SISTEMA DE AQUECIMENTO.....	108
14	DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO DA PARANALAC – INDÚSTRIA LTDA.....	111
15	ANÁLISE ECONÔMICA.....	114
15.1	INVESTIMENTOS.....	114

15.2	DESPESAS.....	114
15.3	RECEITA.....	118
15.4	FINANCIAMENTO.....	120
15.5	VIABILIDADE ECONÔMICA.....	121
15.6	PONTO DE EQUILIBRIO FINANCEIRO (PEF).....	121
16	CONCLUSÃO.....	123
	REFERÊNCIAS.....	124
	APÊNDICE A - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DOS CUSTOS DA EMPRESA 139	
	APÊNDICE A - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DOS CUSTOS DA EMPRESA (CONTINUAÇÃO).....	140
	APÊNDICE B - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS PARA IMPOSTOS	141
	APÊNDICE C - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DA RECEITA DA EMPRESA 142	
	APÊNDICE D - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DO FLUXO DE CAIXA ANUAL. 143	
	APÊNDICE E - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DO FINANCIAMENTO.	144
	APÊNDICE E - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DO FINANCIAMENTO (CONTINUAÇÃO).	145
	APÊNDICE F - Propriedades Termodinâmicas das matérias primas e utilidades usadas no processo.	146

1 INTRODUÇÃO

O leite é um alimento fundamental para os mamíferos quando filhotes. No leite encontram-se substâncias que fornecem energia e anticorpos que ajudam no desenvolvimento do mamífero. Para os seres humanos, o leite e produtos lácteos fazem uma contribuição significativa para a satisfação de suas necessidades nutricionais como o cálcio, magnésio, selênio, riboflavina, vitamina B₁₂ e ácido pantotênico (vitamina B₅) e, portanto, pode desempenhar um papel fundamental no seu desenvolvimento. (BYLUND et al., 2015).

Devido a sua diversidade de constituintes em meio aquoso, o leite sob o ponto de vista físico-químico é considerado ao mesmo tempo uma solução verdadeira, uma solução coloidal, uma emulsão e uma suspensão. É considerada uma solução por conter dissolvidos sais minerais, lactose, uréia, ácido láctico, creatinina, aminoácidos e vitaminas hidrossolúveis; já o fato de ser considerado uma solução coloidal deve-se a sua alta concentração de proteínas (caseína, albumina, globulina e enzimas), uma emulsão pela presença de lipídeos e uma suspensão por apresentar certa quantidade de células epiteliais e leucócitos. (BACILA, 2003)

Sendo uma combinação de várias substâncias em água. A água representa de 87 a 88% de sua composição e 12 a 13% de substâncias como gorduras, proteínas, açúcares entre outros (BRITO et al., 2019).

A gordura do leite é composta por componente lipídico que é formado principalmente por triglicerídeos (98%). A gordura do leite é secretada das células epiteliais mamárias na forma de glóbulos gordurosos, principalmente compostos de triglicerídeos rodeados de uma dupla camada lipídica similar à membrana apical das células epiteliais. Esta membrana ajuda a estabilizar o glóbulo de gordura, formando uma emulsão dentro da fase aquosa do leite. (DURR, 2000).

A composição proteica do leite reúne várias proteínas específicas. A caseína é a proteína mais importante do leite (85% das proteínas lácteas). (GONZÁLEZ; NORO, 2011)

A composição média das substâncias presentes no leite pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - A composição do leite (g / 100g)

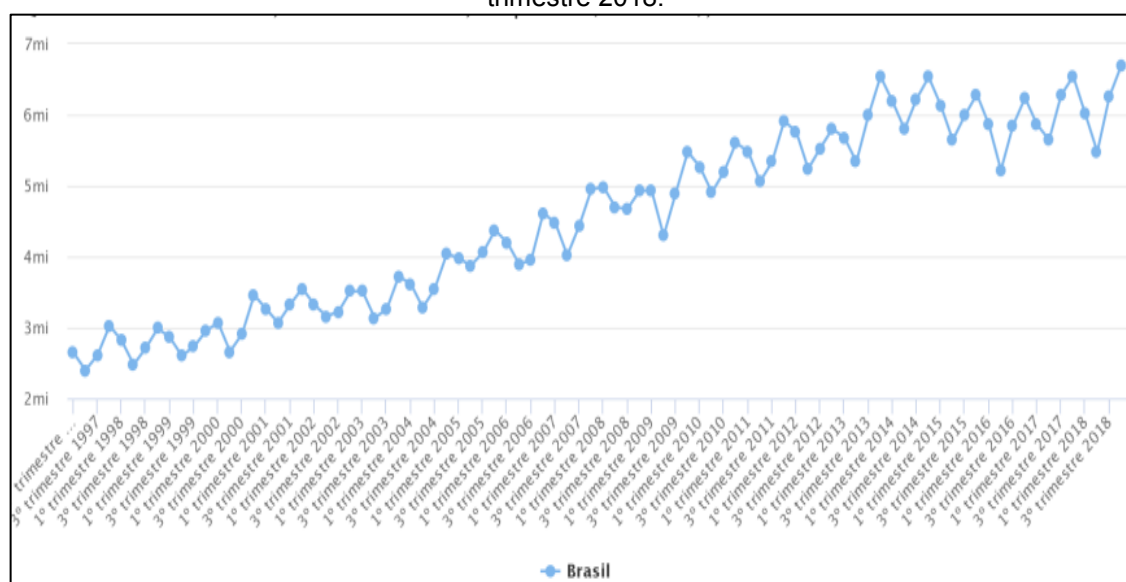
Espécies	Água	Gordura	Caseína	Lactose	Cinza	Proteína de soro
Vaca	87,3	4,4	2,8	4,6	0,7	0,6

Fonte: Adaptado de Bylund et al. (2015)

O leite é um dos produtos mais versáteis da agroindústria de alimentos. Além de ser consumido na forma original, também pode ser transformado em derivados, que variam desde opções salgadas, como queijos e manteiga, até alimentos considerados sobremesas, como iogurte, leite condensado, leite fermentado e doce de leite. Essa tamanha versatilidade de produtos lácteos e a adequação às demandas do consumidor moderno geraram faturamento em 2017 de R\$ 70,2 bilhões para a indústria de laticínios no país, crescimento de 4% em relação ao ano de 2016 (ROCHA et al., 2018).

Nas últimas décadas, a atividade leiteira no Brasil teve um crescimento de 60% colocando o país como um dos principais produtores de leite no mundo (Figura 1).

Figura 1 - Quantidade de leite cru, resfriado ou não, adquirido (Mil Litros), 1º trimestre 1997 – 4º trimestre 2018.



Fonte: IBGE (2018)

Entre os produtos lácteos tem-se destaque o iogurte. Este é produzido através de leite fermentado por bactérias, usualmente *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, e possui uma consistência que o diferencia de outros produtos derivados de leite.

Os produtos lácteos fermentados são recomendados para pessoas com má digestão da lactose porque a lactase presente nos micro-organismos utilizados na fabricação desses leites fermentados como iogurte e coalhada possibilita a hidrólise de parte da lactose presente nesses produtos (MORIWAC; MATIOLI, 2000).

A lactose é o principal carboidrato do leite e encontra-se presente em grande quantidade no soro, em torno de 70%, e no leite integral, 5%. É o açúcar presente no leite e seus derivados e é formada por dois carboidratos menores, chamados monossacarídeos, a glicose e a galactose, sendo, portanto, um dissacarídeo (PEREIRA et al., 2012).

A maioria dos seres humanos produzem uma enzima chamada lactase. Esta enzima possibilita a quebra da lactose em galactose e glicose e a deficiência da produção de lactase no organismo torna-se a principal causa da intolerância à lactose (BALDO, 2008 apud VICTOR; ROCHA, 2015).

A Figura 2 mostra de forma ilustrativa o que seria a intolerância à lactose e que essa deficiência é mais comum em adultos, chegando à marca de 70%.

Figura 2 - O que é intolerância à lactose, causa, sintomas e público mais afetado.



Fonte: Fonte: Steinwurz e Diniz (2012).

Conforme essa demanda é notável um claro aumento na porcentagem de novas bebidas e produtos alimentícios que se posicionam “sem, ou com redução de

lactose”, no Brasil, nos últimos três anos. O banco global de dados de novos produtos da Mintel “Global New Products Database” (GNPD) mostra que 5,9% dos lançamentos, em 2015, de comida e bebida, trouxeram informações na embalagem indicando quantidade reduzida, ou ausência, de lactose. Comparando com os anos anteriores, esse percentual foi de 3,8% em 2014 e 3,1%, em 2013 (SATO, 2016).

Segundo pesquisa da Novozymes, feita pela MindMiners em dezembro de 2017, o ritmo de lançamentos de produtos lácteos sem lactose ou com baixos teores cresce a taxas de 50% ao ano. O investimento das indústrias ocorre porque o mercado sabe cada vez mais que precisa de alternativas sem lactose e que o consumidor está disposto a pagar por essas novidades (ROCHA et al., 2018).

Milhões de pessoas no Brasil estão na situação de lacto intolerante e já possuem informações suficientes para desejar por produtos lácteos sem lactose ou com teor reduzido da molécula. Essa realidade leva a indústria de laticínios a apostar no segmento de produtos especiais, retirando ou diminuindo o percentual de lactose no leite, queijo, manteiga, iogurtes, creme de leite e demais derivados.

2 PÚBLICO-ALVO

Estima-se que cerca de 65% da população mundial adulta apresenta reduzida atividade da enzima lactase, responsável pela hidrólise da lactose, principal açúcar presente no leite (PEREIRA et al., 2012). A ausência ou deficiência desta enzima intestinal ocasiona a intolerância à lactose (DANTAS et al., 2019). Sem sofrer hidrólise, a lactose não é facilmente absorvida pelo organismo, podendo causar desconfortos e alterações abdominais e, dependendo do nível de intolerância, diarreia (PORTO et al., 2005). No Brasil, essa estimativa é que 35% da população acima de 16 anos sofre com esse mal, o que equivale a aproximadamente 53 milhões de pessoas segundo pesquisa do Instituto Datafolha realizada em 2017.

Observa-se na Tabela 2 a prevalência de intolerância à lactose em adultos de diferentes países.

Tabela 2 - Prevalência de intolerância a lactose em adultos de diferentes países.

Local	Prevalência(%)
Alemanha	14,8
Áustria	20,1
Brasil(Brancos)	57
Brasil (crianças índias Terenas)	89,3 após os 4 anos
Brasil (japoneses)	100
Brasil (mulatos)	57
Brasil (negros)	80
China (Norte)	87,3
França	23,4
Hungria	37
Índia(Norte)	67,5
Índia(Sul)	86,8
Itália	51(Norte) 71(Silícia)
Japão(adultos)	89
Rússia(Nordeste)	35,6

Fonte: Adaptado de Mattar e Mazo (2010).

A adaptação a uma dieta livre de lactose pode acarretar dificuldades devido ao costumeiro consumo diário do leite e seus derivados, e essa dieta, se não feita de forma responsável, pode resultar em prejuízos nutricionais e consequentes danos à saúde (PEREIRA et al., 2012).

O iogurte é consumido em todas as classes sociais no Brasil. Mas tem-se uma diferença significativa entre as classes de menor e maior rendimento mensal familiar, sendo essa última a com um consumo mais expressivo que a primeira, como observado na Tabela 3:

Tabela 3 - Aquisição alimentar domiciliar per capita anual, por classes de rendimento total e variação patrimonial mensal familiar, segundo os produtos selecionados Brasil - período 2008-2009

Produto selecionado	Aquisição alimentar domiciliar per capita anual (kg)						
	Total	Classes de rendimento total e variação patrimonial mensal familiar (R\$)					
		Até 830	Mais de 830 a 1.245	Mais de 1.245 a 2.490	Mais de 2.490 a 4.150	Mais de 4.150 a 6.225	Mais de 6.225
logurte	2,051	0,899	1,399	1,932	2,53	3,246	4,307

Fonte: IBGE (2008-2009).

Nota: As quantidades de produtos adquiridos na forma líquida foram transformadas em kg, considerando-se volume igual a peso.

Segundo Castro (2014), de 2000 a 2014 o consumo de iogurte quadruplicou no Brasil. E o Brasil tem um potencial de crescimento de consumo podendo chegar ao mesmo consumo de iogurtes que os Argentinos que é de 18 kg de iogurte por ano.

Dado este contexto de aumento de consumo de iogurte, e o crescente número de pessoas lacto-intolerantes, a produção de iogurte sem lactose para este público se mostra interessante.

3 JUSTIFICATIVA

O iogurte é um dos itens mais consumidos em todo o mundo. Um dos principais fatores para essa expansão no uso do iogurte é a crescente conscientização sobre seus benefícios associados à aptidão física. A América do Norte e a Europa governam conjuntamente o mercado global de iogurte orgânico. Em conjunto, essas áreas ganham quase 55% da participação total de mercado de iogurte orgânico (ZION MARKET RESEARCH, 2019).

Com relação ao mercado nacional, apenas entre 2010 a 2015, o mercado de iogurtes no Brasil quase dobrou: a receita saiu de R\$ 7,7 bilhões para R\$ 14,5 bilhões. Em 2015, embora menor, o crescimento foi de 7,4% (CANA ONLINE, 2016). Esse crescimento tem gerado muitos investimentos no setor. A Coca-Cola, por exemplo, famosa empresa de bebidas, adquiriu em 2016 a laticínios Verde Campo, com sede no estado de Minas Gerais, e investiu cerca de R\$ 50 milhões (US\$ 13,3 milhões) para ampliar a produção de produtos lácteos naturais (EXAME, 2018).

O ramo de produtos lácteos sem lactose é um nicho de mercado em ascensão, sendo que o consumo de leite UHT sem lactose aumentou 224% no Brasil desde 2014 e os derivados sem lactose superaram os US\$ 300 milhões e US\$ 2 milhões per capita anuais, apresentando uma tendência de alta anual estimada entre 10% e 15% nos próximos cinco anos. Esse aumento no consumo de produtos lácteos sem lactose está relacionado com a crescente ocorrência de intolerância a lactose ou a dietas especiais (DANTAS et al., 2019).

Frente a essa população intolerante à lactose presente no leite e seus derivados, recentemente as empresas do setor lácteo iniciaram o processamento de produtos zero lactose. Esse segmento está sendo alavancado por consumidores que apresentam incapacidade parcial ou completa de digerir o açúcar presente no leite e derivados, e também pela moda das dietas funcionais (PEREIRA et al., 2012).

Dentro deste contexto a implementação de novas indústrias que produzem produtos sem lactose justifica-se devido ao aumento de pessoas intolerantes a lactose no Brasil, sendo o iogurte um produto com grande potencial de consumo por estas pessoas.

4 A EMPRESA

A empresa ParanaLac é uma empresa de capital privado, na qual são sócios Barbara Lopes Borges, Indiana Bersi Duarte, Jaqueline Sousa Pereira dos Santos, João Victor Amado Fuzinelli e Victor Eidy Ribeiro Takigami, irão produzir produtos lácteos sem lactose. A logomarca da empresa esta ilustrada na Figura 3.

Figura 3 - Logomarca da empresa ParanaLac - Indústria Ltda.



Fonte: Autoria própria (2019).

A empresa ParanaLac – Indústria Ltda, teve sua localização planejada, a fim de ter uma melhor logística, com o intuito de abranger desde a recepção da matéria prima até o escoamento da produção por todo estado. Em todo o processo de produção dos produtos a indústria dispõe de instrumentos de altíssima qualidade, técnicas e de profissionais altamente qualificados, além da preocupação com meio ambiente, com o tratamento dos resíduos, descarte correto dos mesmos e o uso consciente dos recursos naturais.

Os principais produtos da Paranalac são os iogurtes FreeLac, iogurte batido magro sem lactose e sem adição de açúcar, nos sabores natural e morango. Vendidos em embalagens de 180g e 900g conforme pode ser observados na Figura 4 e 5 respectivamente.

Figura 4 - Arte do produto FreeLac na embalagem de 180g.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 5 - Arte do produto FreeLac na embalagem de 900g



Fonte: Autoria própria (2019).

A seguir são apresentados a missão, visão e valores os seguintes tópicos:

4.1 MISSÃO

A ParanaLac tem a missão fornecer produtos sem lactose e com qualidade à sociedade, se preocupando sempre com o bem-estar dos consumidores e com o meio ambiente, com o tratamento dos resíduos gerados no processo de fabricação.

4.2 VISÃO

A ParanaLac planeja atender todo o mercado brasileiro e consolidar-se internacionalmente com os produtos sem lactose.

4.3 VALORES

A ParanaLac é uma empresa em que a responsabilidade social e ambiental é de suma importância para seus colaboradores. As quais estão presentes em seus princípios fundamentais.

Agir com ética profissional, sempre com respeito a integridade dos consumidores, fornecendo produtos com a devida qualidade, a ParanaLac também visa o bem-estar dos seus funcionários, assim como o comprometimento com o meio ambiente.

Ética;

Integridade;

Qualidade;

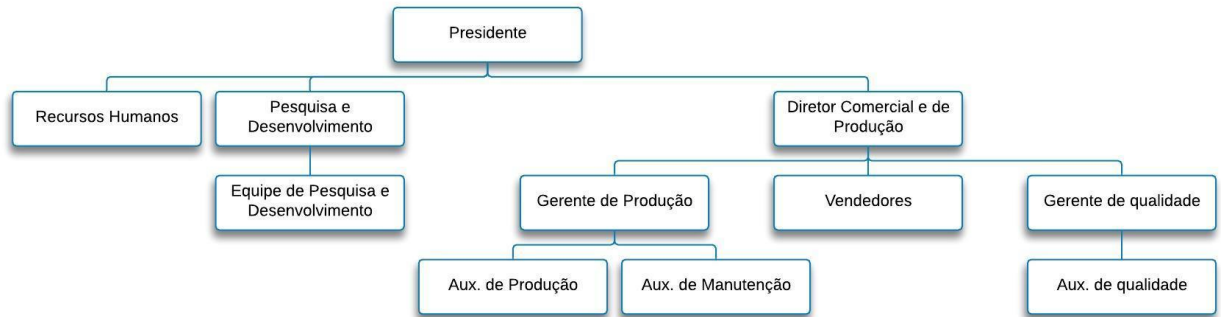
Colaboração;

Comprometimento com o meio ambiente.

4.4 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A ParanaLac será uma indústria de médio porte e prevê a seguinte estrutura de hierarquia empresarial, ilustrada na Figura 6.

Figura 6 - Organograma Organizacional



Fonte: Autoria própria (2019).

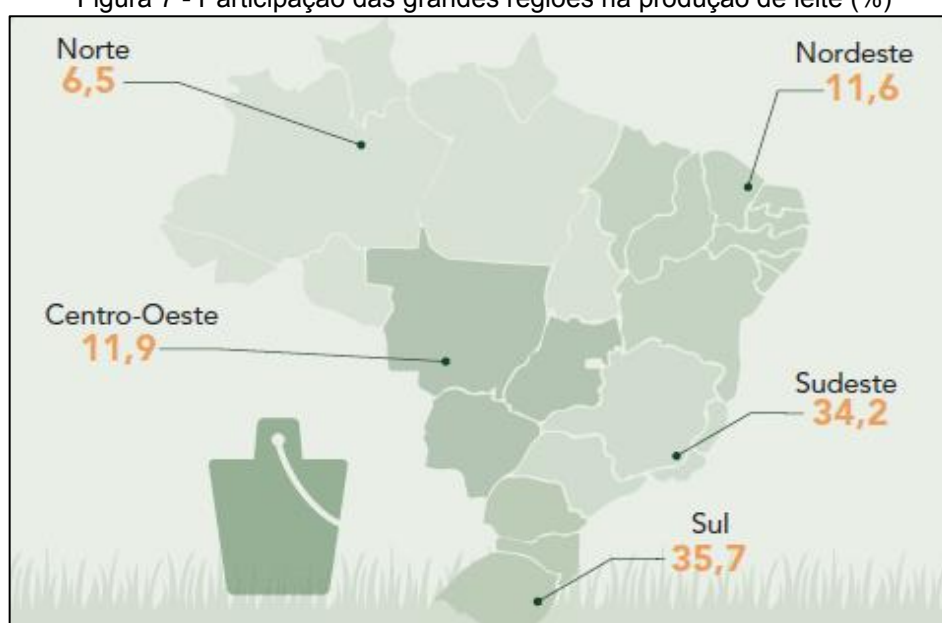
5 LOCALIZAÇÃO

A escolha do local onde serão instaladas as unidades fabris do laticínio é fundamental para obter o sucesso na atividade. Desta forma, deve-se levar em consideração alguns parâmetros mais importantes relacionados a localização que normalmente são exigidos para o desenvolvimento da atividade, como facilidade de obtenção de matéria prima, logística de escoamento da produção e fornecimento de água e energia (SEBRAE, 2018). Pensando nesses fatores foram realizados estudos, para a determinação do estado e município.

Atualmente, o Brasil se encontra em 6º posição como o país mais produtor de leite do mundo e o 3º maior efetivo de vacas ordenhadas (IBGE, 2018). A produção de leite de vaca no Brasil cresceu a uma taxa relativamente constante desde 1975 até os dias atuais. De acordo com dados do Censo Agropecuário de 2017, o país saiu do patamar de 8,5 bilhões de litros de leite produzidos naquele ano, alcançando 33,5 bilhões de litros de leite em 2017, um crescimento representado acima de 290 % (IBGE, 2017).

Apesar dessa atividade estar presente em todo o território nacional, existem regiões que se destacam na produção, como ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Participação das grandes regiões na produção de leite (%)



Fonte: IBGE (2017).

Logo, as Regiões Sul e Sudeste destacam-se como as maiores produtoras de leite do país, com participação de 35,7% e 34,2%, respectivamente. Há décadas,

a maior parte do leite produzido no país foi oriunda da Região Sudeste, no entanto, em 2015 a Região Sul passou a ter maior participação na produção leiteira (IBGE, 2017).

Os dados de Pesquisa da Pecuária Municipal de 2017, registraram queda do rebanho produtivo em todas as regiões exceto no Sul do país, que aumentou consideravelmente 23,3 % no período de 2006 a 2017 (ROCHA et al., 2018). Desta forma, nesta região se encontra a maior produtividade nacional, sendo muito superior a região Sudeste, com uma média de 3 284 litros/vaca/ano em 2017 ao se comparar com Região Sudeste, que foi de 2 209 litros/vaca/ano (IBGE, 2017).

Nestas regiões também se encontram os estados mais produtores, dentre eles estão listados na Tabela 4.

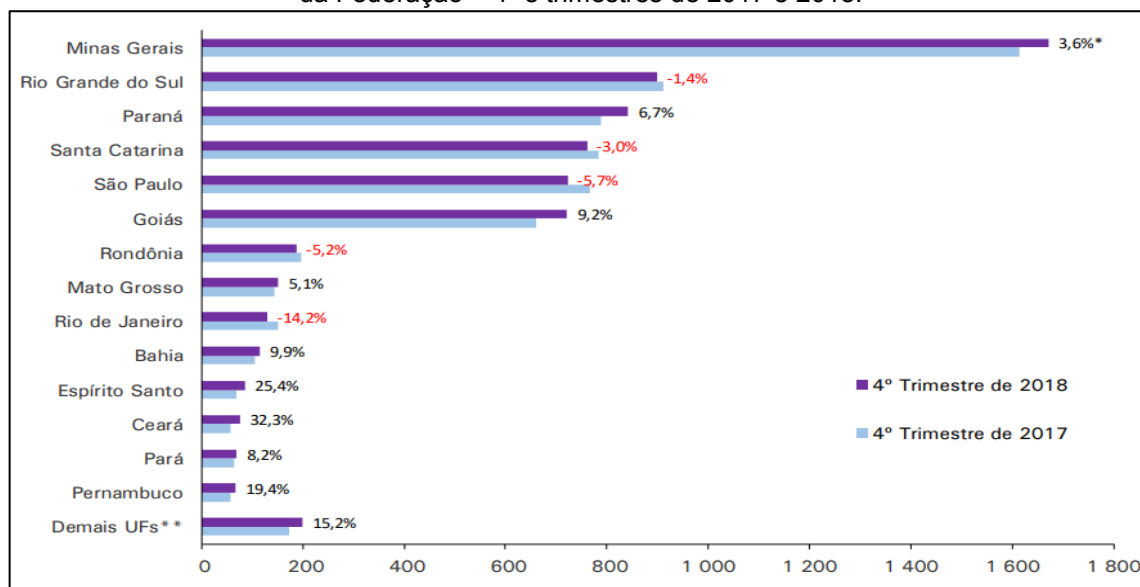
Tabela 4 – Produção de leite dos estados mais produtores do Brasil em 2017.

Estado	Produção de leite (Bilhões de litros)
Minas Gerais	8,9
Rio Grande do Sul	4,5
Paraná	4,4
Santa Catarina	3,0

Fonte: Adaptado de IBGE (2017)

Apesar do avanço dos estados do Sul, em análise da Tabela 4, Minas Gerais continua sendo o maior produtor de leite representando 26,6 % da produção do país, seguido dos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, como segundo e terceiro maior produtor. No entanto, em termos de crescimento de produção, o Paraná vem se destacando. Em um comparativo do 4º trimestre de 2018 com o mesmo período em 2017 (Figura 8), o Paraná teve um acréscimo de 6,7 % na sua produção, em comparação com o primeiro e segundo maiores produtores.

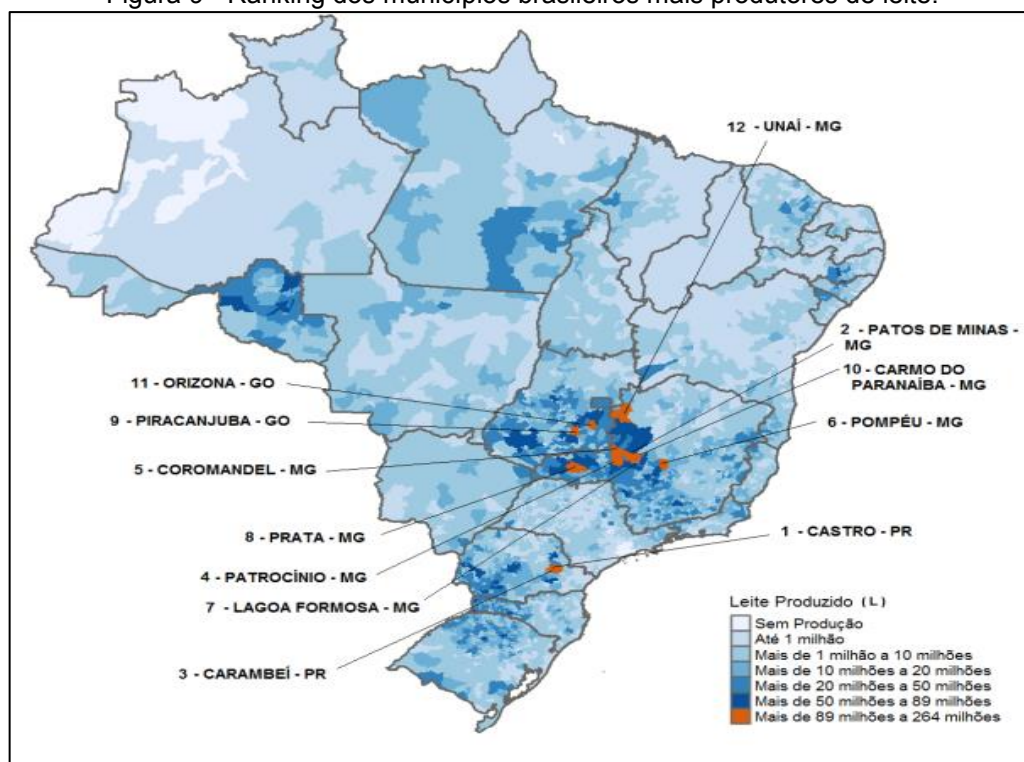
Figura 8 - Ranking e variação anual da quantidade de leite cru adquirido pelos laticínios - Unidades da Federação – 4^o s trimestres de 2017 e 2018.



Fonte: IBGE (2018a).

Em termos municipais, é no estado do Paraná que se localiza o município considerado como maior produtor de leite do Brasil, em segundo e terceiro, Patos de Minas (Minas Gerais) e Carambeí (Paraná), como ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Ranking dos municípios brasileiros mais produtores de leite.



Fonte: IBGE (2018b).

Considerada há algumas décadas como uma das principais referências em produção de leite, genética bovina e produtividade animal, o município de Castro passou a ser legalmente identificado como a Capital Nacional do Leite (ROCHA et al., 2018). O título foi conferido pela Lei Federal nº 13.584, publicada em 27 de dezembro de 2017, no Diário Oficial da União. Somente no município foram produzidos 264,0 milhões de litros no ano de 2017, uma diferença de mais de 70 milhões de litros para o segundo colocado Patos de Minas, que produziu 191,3 milhões de litros e Carambeí, com 140,00 milhões de litros (IBGE, 2018).

Castro é uma cidade localizada na região dos Campos Gerais (Centro-sul), na qual são registradas as maiores produtividades e qualidade na produção de leite, contribuindo para o sucesso do Paraná no cenário leiteiro nacional, transformando em referência no país (MEZZADRI, 2017).

A região dos Campos Gerais é composta por Arapoti, Campo do Tenente, Cândido de Abreu, Castro, Ipiranga, Jaguariaíva Ortigueira, Piraí do Sul, Porto Amazonas, Reserva, Telêmaco Borba, Tibagi, Balsa Nova, Campo Largo, Carambeí, Imbau, Ivaí, Lapa, Palmeira, Ponta Grossa, Rio Negro, São José da Boa Vista, Teixeira Soares e Ventania. Nesta região, os produtores utilizam tecnologia de produção, investem na melhoria genética e alcançam produtividades de até 30 a 40 litros de leite por dia, semelhantes às alcançadas em países desenvolvidos como Estados Unidos e Europa (MEZZADRI, 2017).

Com base nos dados descritos em relação a matéria prima, o estado do Paraná apresenta viabilidade para ser implantada uma indústria de beneficiamento de leite, pois disponibiliza de uma grande produção e qualidade, mais precisamente na região dos Campos Gerais.

Logo, no que refere-se a logística, o Paraná possui grande vantagem em comparação com outros estados de maior produção, como Minas Gerais, pois apresenta temperaturas inferiores, em se tratando de um produto perecível, tanto a obtenção quanto o escoamento ficariam comprometidos, se não dispor de um sistema de refrigeração eficiente, conseqüentemente encarecendo a produção (OLIVEIRA et al., 2018).

Outro fator determinante referente à logística, é a proximidade desse estado com os demais estados brasileiros, principalmente quando se compara com Rio grande do Sul. Desta forma, isso facilita o escoamento da produção para os estados

localizados nas regiões, Centro-Oeste e Sudeste, diminuindo os custos com logística.

O município escolhido para implantação da indústria, será Castro, no qual possui uma área de 2.532 km² e uma população estimada de 71.151 pessoas (CENSO DEMOGRÁFICO, 2018). Sua economia baseia-se principalmente na atividade agropecuária, no entanto, desenvolve atividades na agricultura como milho, soja, feijão, batata, trigo e aveia. Dispõe de comércio amplo, reunindo prestadoras de serviços, indústrias de móveis, pincéis e alimentos, como também, disponibiliza um Parque Industrial para implantação de novas indústrias (PREFEITURA DE CASTRO, 2019).

Castro, além de ser referência na produção de leite é beneficiada em relação a logística de escoamento da produção, pois localiza-se apenas 20 km de Carambeí (terceira maior produtora de leite), 159 km de Curitiba (Capital do estado), 210 km de Paranaguá (Cidade Portuária), 279 km de Londrina (Segunda maior cidade do estado), 45 km de Ponta Grossa, 399 km de Florianópolis e 440 km de São Paulo.

Em razão de fatores primordiais para o sucesso da atividade, como disponibilidade de matéria prima, obtenção e escoamento da produção, foram determinantes na escolha do Paraná e município de Castro para as instalações fabris da indústria de laticínio de iogurte sem lactose, ParanaLac.

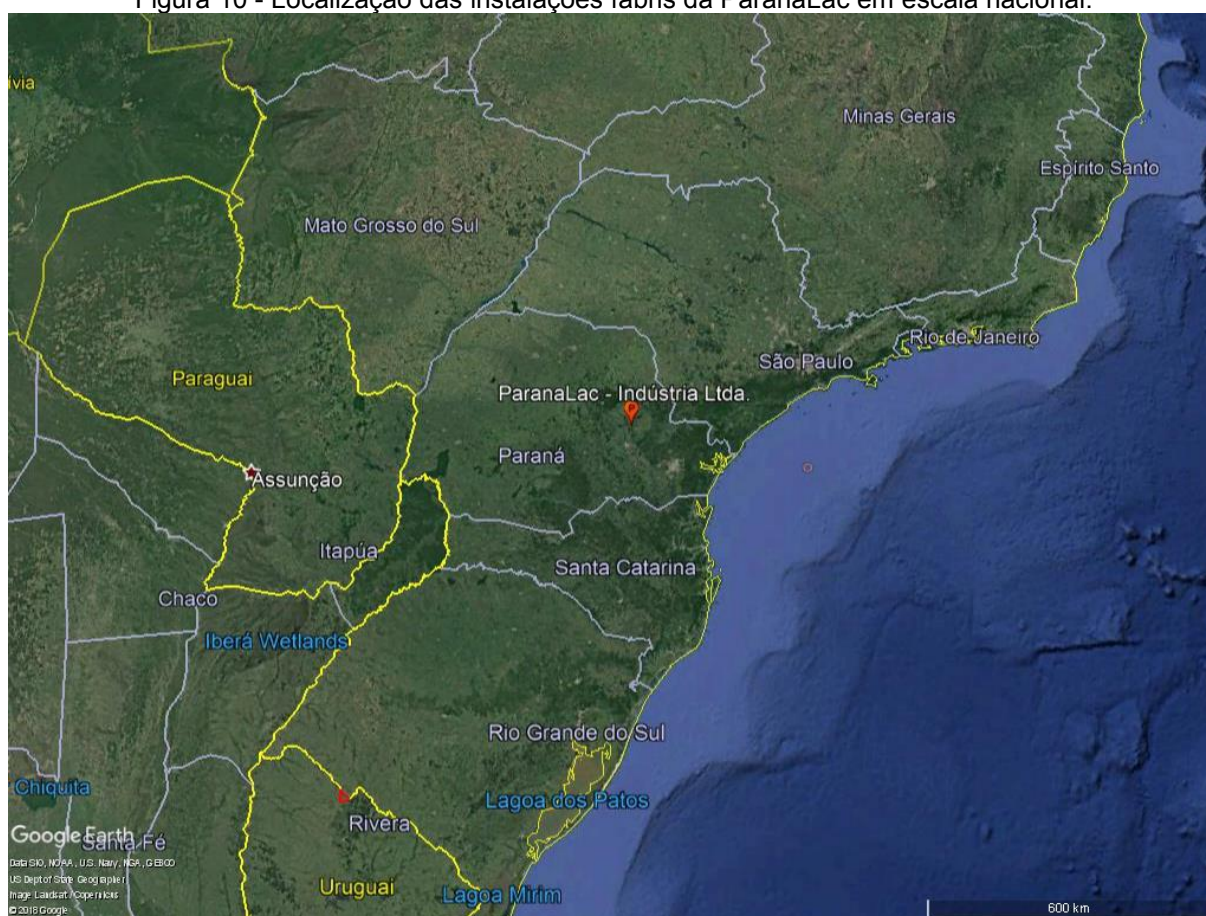
5.1 AQUISIÇÃO DO TERRENO

De acordo com os fatores citados anteriormente no presente trabalho, envolvendo a logística tanto de distribuição do produto como fatores críticos para instalação de uma indústria de laticínios, como a disponibilidade de energia elétrica, de água, além do fornecimento de matéria prima, e definida a localização das instalações fabris da indústria de laticínio de iogurte sem lactose, ParanaLac, como sendo na cidade de Castro – PR, decidiu-se a localidade de instalação de sua planta industrial. A mesma está localizada às margens de uma das rodovias que passa pelo município de Castro, a PR-340, que se encontra com uma das principais rodovias do estado, e a principal da cidade, a PR-151, fator este que facilitará o escoamento do produto. Há ainda uma proximidade elevada ao Rio Iapó, o que possibilitará a empresa coletar e tratar água para o uso em suas instalações, como

também posicionar sua “Estação de Tratamento de Efluentes” (ETE), acarretando em uma diminuição dos custos de operação da indústria.

Na Figura 10 consta a localização do terreno da indústria em uma escala nacional, evidenciando a proximidade e facilidade de escoamento em relação às regiões Sul e Sudeste do país, onde há a presença de grandes centros consumidores além de um alto potencial de público alvo.

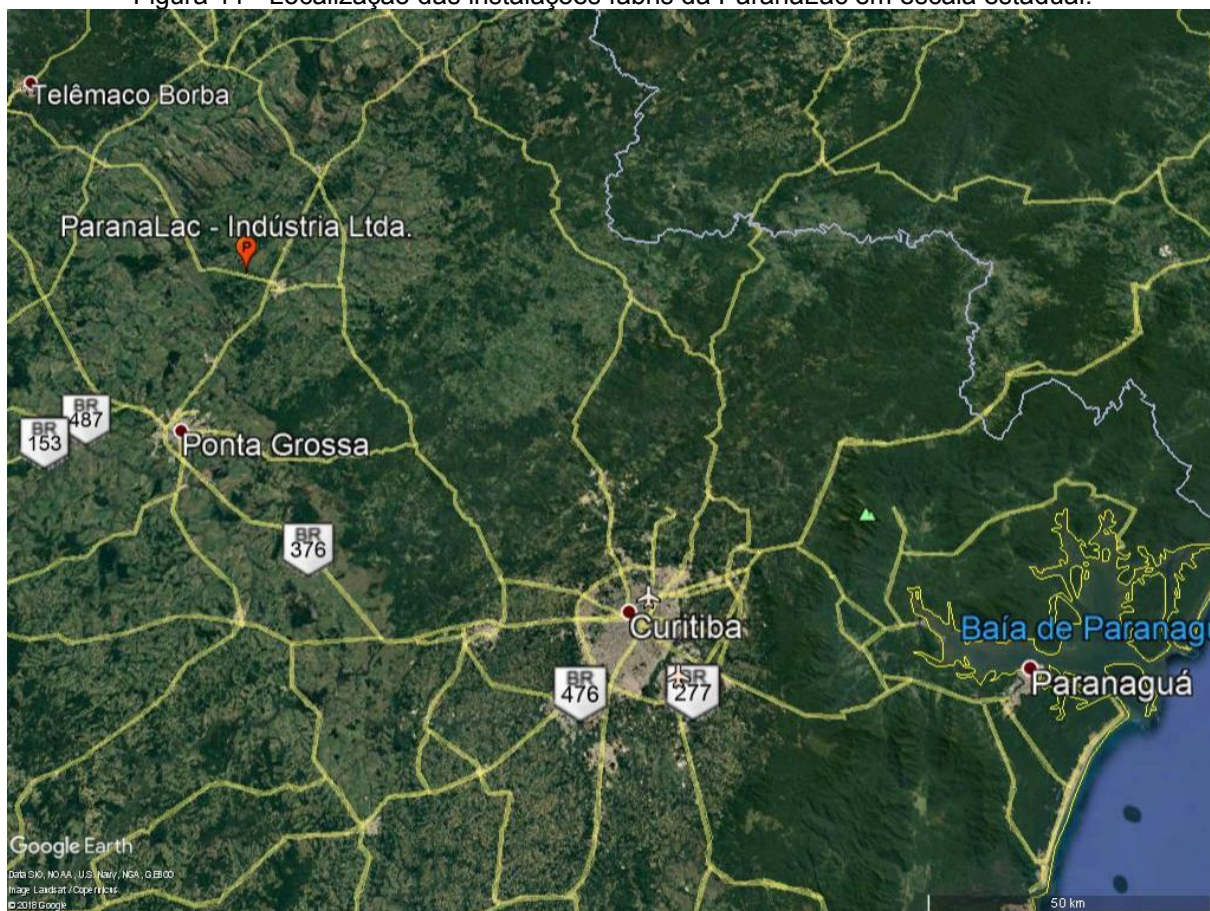
Figura 10 - Localização das instalações fabris da ParanaLac em escala nacional.



Fonte: Google Earth (2019).

Observando a Figura 11 é possível notar a proximidade da ParanaLac a grandes centros consumidores próximos, como as cidades de Ponta Grossa e Curitiba, que estão a uma distância de respectivamente, 36 e 102 Km da cidade de Castro, além também da proximidade com a cidade de Paranaguá, cidade portuária que fica a uma distância de 170 Km da cidade sede da empresa, o que poderá facilitar o comércio com o mercado exterior seja para a exportação de produtos ou, caso necessário, a importação de insumos. A Figura 11 também trás as rodovias do estado, evidenciando as possíveis rotas de distribuição do produto final.

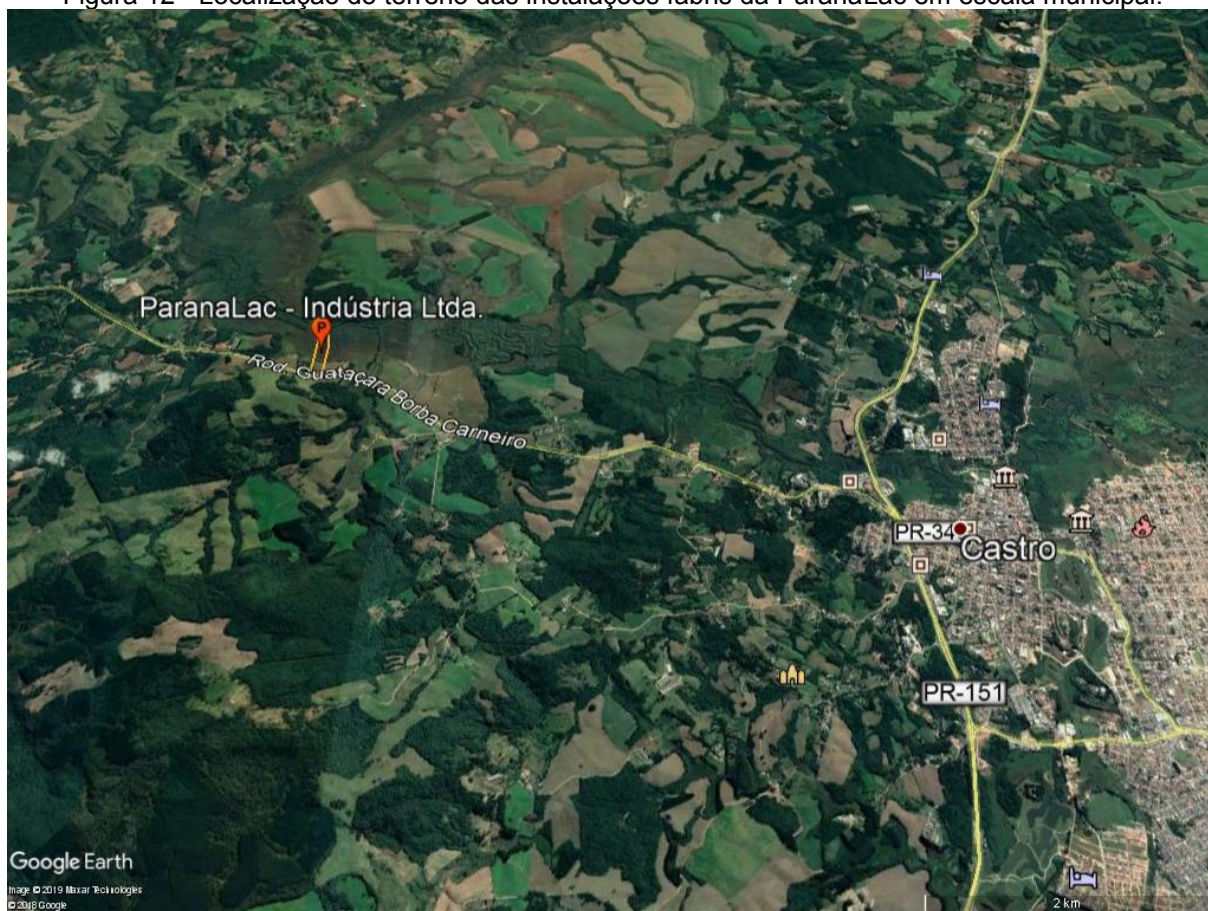
Figura 11 - Localização das instalações fabris da ParanaLac em escala estadual.



Fonte: Google Earth (2019).

Na Figura 12 consta a localidade do terreno a ser adquirido para a construção das instalações fabris da indústria ParanaLac em relação à zona urbana da cidade de Castro. Com uma distância de aproximadamente 6 Km entre a sede da empresa e o centro da cidade, nota-se a proximidade que poderá facilitar o deslocamento de colaboradores e a instalação de serviços, como por exemplo, o de energia elétrica.

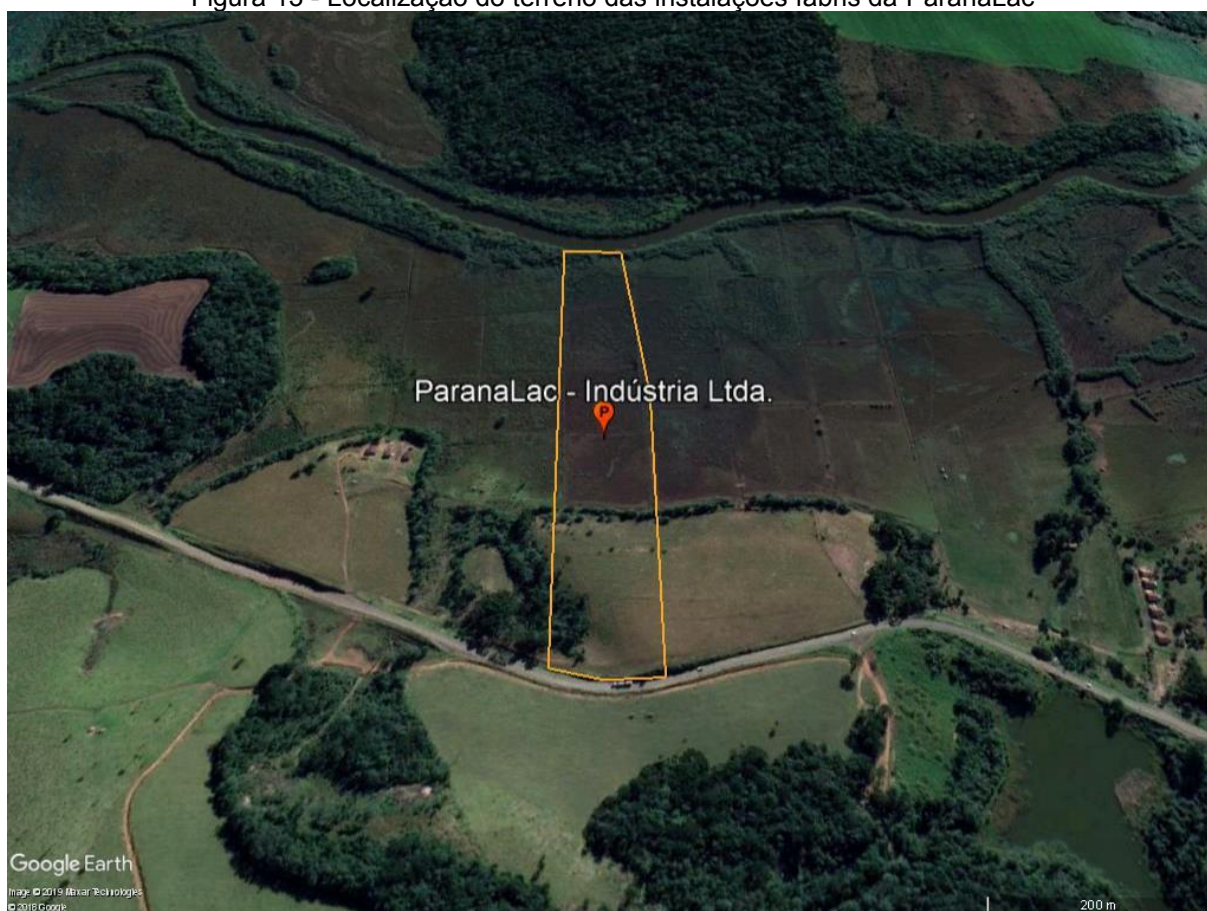
Figura 12 - Localização do terreno das instalações fabris da ParanaLac em escala municipal.



Fonte: Google Earth (2019).

Pela Figura 13 observa-se a localidade e as proximidades do terreno a ser adquirido, evidenciando fatores citados anteriormente em relação à PR – 340, localizada a aproximadamente 5 km da sede, e ao Rio Iapó, que passa pela parte de trás do terreno.

Figura 13 - Localização do terreno das instalações fabris da ParanaLac



Fonte: Google Earth (2019).

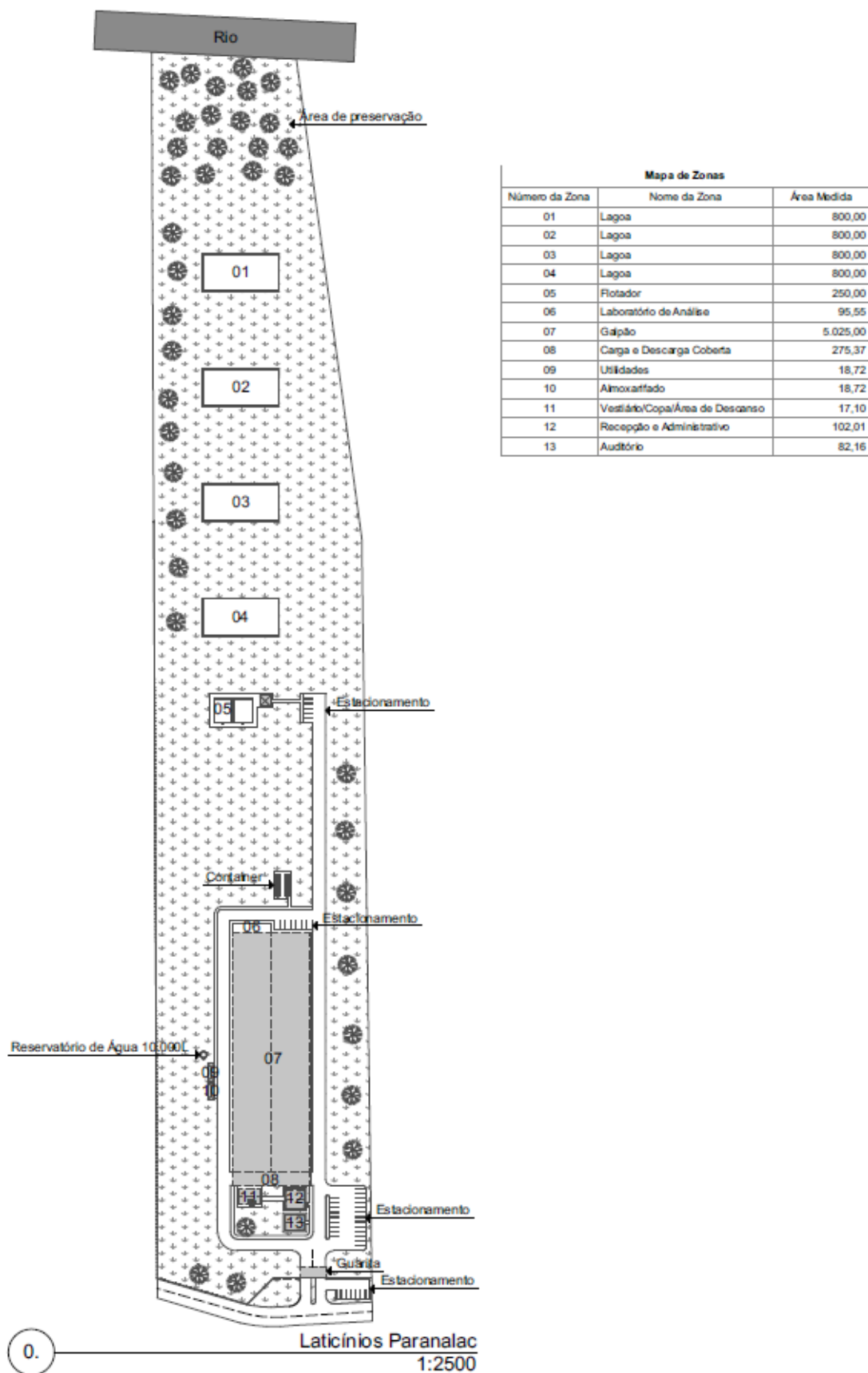
De acordo com a geografia do município de Castro, o terreno se localiza em uma área rural/industrial, desta forma, considerando o terreno como uma área plana e de boa fertilidade, de acordo com a “Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento” (SEAB) em sua nova avaliação das terras do Paraná, têm-se um valor médio de R\$67.800 por hectare (A REDE, 2017). O terreno de interesse possui uma área de 69.500 m², que convertido para hectare corresponde a aproximadamente 6,9 hectares. Assim, considerando o valor médio do terreno no estado, a área terá um custo de aproximadamente R\$470.000,00 para a empresa ParanaLac – Indústria Ltda.

Por fim, o endereço das instalações fabris da ParanaLac ficará na Rodovia Guataçara Borba Carneiro (PR – 340), S/N – Km 08 – Bom Sucesso, CEP 84166-980, na cidade de Castro – PR.

6 PROJETO DE INSTALAÇÕES FABRIS

A fim de se ilustrar como seria a distribuição das instalações fabris da ParanaLac Indust. Ltda., distribuída ao longo do terreno a ser adquirido, projetou-se a planta baixa de suas instalações fabris. Para melhor visualização do projeto final das instalações da empresa, evidenciando de uma forma mais clara a distribuição dos prédios tanto do processo quanto aos destinados aos funcionários, como por exemplo: de vestiários, banheiros e refeitórios, além da disposição das lagoas no terreno, realizou-se também o Projeto 3D das instalações fabris da indústria. O Projeto foi desenvolvido com a ajuda do software ArchiCAD, As imagens do projeto estão dispostos a seguir pelas Figuras 14, 15 e 16.

Figura 14- Ilustração do layout da planta baixo do projeto de instalações fabris.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 15-Vista aérea das instalações da ParanaLac em 3D



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 16- Vista frontal da fachada da empresa em 3D

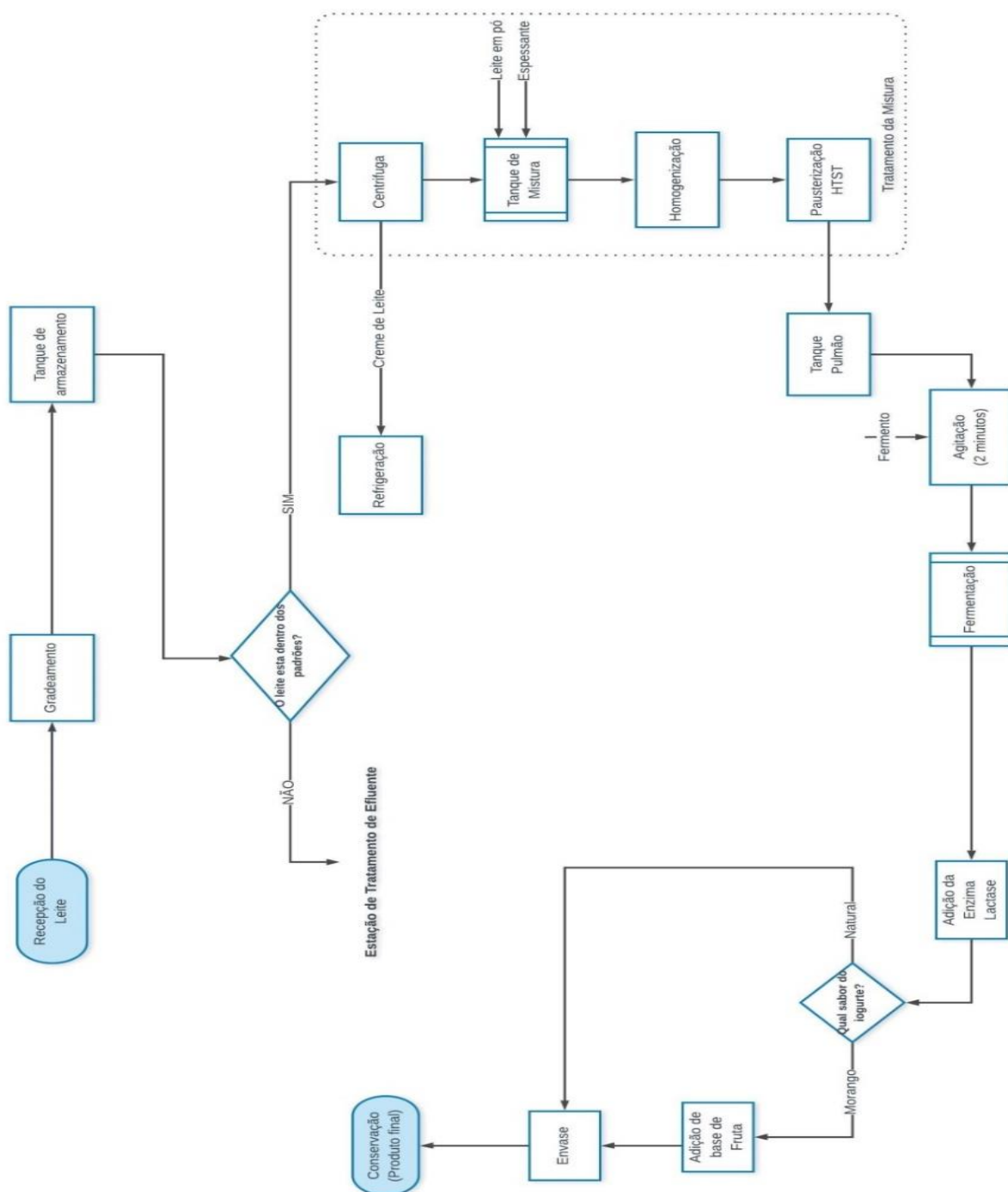


Fonte: Autoria própria (2019).

7 PROCESSO DE PRODUÇÃO SIMPLIFICADO

O diagrama de blocos do processo de produção do iogurte sem lactose está representado na Figura 17.

Figura 17 - Diagrama de blocos do processo produtivo simplificado de iogurte



Fonte: Autoria própria (2019).

A primeira fase do processo é a recepção do leite que chega à indústria através de caminhões tanque que seguem a Resolução Nº 065/2005 da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB, 2005). O caminhão tem peso determinado na recepção e é retirado uma amostra do leite que é encaminhada ao laboratório para análises físico-químicas (pH, temperatura, sólidos totais, sólidos suspensos, teor de gordura) e microbiológicas (bactérias, inibidores de enzimas, microrganismos patogênicos e antibióticos) para estimar o rendimento e definir as condições operacionais.

De acordo com as propriedades inicialmente pré-determinadas do leite, este é classificado como “conforme” ou “não conforme”, se classificado como conforme ele pode ser utilizado no processo, e se não o leite é destinado à ETE.

O leite classificado como conforme inicialmente passa por um processo de gradeamento para a retenção de particulados grossos que podem estar junto do leite recolhido no produtor (folhas, galhos, etc.), para assim ser armazenado em um tanque resfriado (temperatura máxima de 10°C) permanecendo até 48 horas, devido à alta perecibilidade desta matéria prima, respeitando a norma Resolução Nº 065/2005 da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB, 2005).

Após o armazenamento o leite segue para o processo de centrifugação, com o intuito de diminuir o seu teor de gordura, nesta etapa é gerado o creme de leite e o leite magro. O creme do leite é redirecionado para um tanque de refrigeração no qual é mantido a uma temperatura máxima não superior a 8 °C, segundo Portaria Nº 146 do MAPA (BRASIL, 1996). Este creme será comercializado a granel para outras indústrias que o utilizam como matéria prima. O leite magro segue para o processo de produção do iogurte.

Na planta de processo do iogurte o leite magro segue para um tanque de mistura, no qual é adicionado leite em pó desnatado e espessante, para aumentar a consistência do produto, formando a mistura base para a fabricação do iogurte.

A mistura base segue para a etapa de homogeneização. Esta é submetida a um processo em alta velocidade, o leite é forçado a passar por um pequeno orifício a alta pressão, diminuindo o tamanho dos sólidos presente, assegurando uma distribuição uniforme da mistura (TAMIME; ROBINSON, 1991). A temperatura de homogeneização normalmente aplicada varia entre 55 - 80 ° C e a pressão de homogeneização está entre 10 e 25 MPa (100 - 250 bar) (BYLUND et al., 2015).

Após homogeneização a mistura base é pasteurizada, esse tratamento tem como objetivo destruir os microrganismos patogênicos e outros que possam competir com as culturas responsáveis pela fermentação láctea do iogurte, além de promover a desnaturação de algumas proteínas do soro que reduz a contração do coágulo de caseína do iogurte, diminuindo, conseqüentemente, a sinérese (% de separação de soro) (SILVA et al., 2007).

O processo de pasteurização utilizado é o “High Temperature Short Time” (HTST). Este tipo de pasteurização consiste em aquecer o leite aproximadamente a 72 °C e mantê-lo por aproximadamente 15 segundos nesta temperatura (CABALLERO, 2003).

A mistura base pasteurizada é encaminhada para um tanque pulmão, para evitar possíveis perdas de matéria prima, caso ocorra algum problema durante o processo.

A mistura base segue para a fermentação. Esta é realizada em um reator batelada encamisado com agitação, mantido à temperatura de 40°C, chamado de fermentador. Inicialmente ocorre a adição do fermento, mistura constituída *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, em proporções iguais (ROBERT, 2008), e homogeneização dentro do fermentador. A homogeneização ocorre por agitação durante 2 minutos. Ao fim da homogeneização, a mistura permanece em completo repouso por aproximadamente quatro horas, onde ocorre a fermentação da mistura base, a uma temperatura de 40 a 45°C (SILVA et al., 2007), até que se atinja um pH de 4,6, no qual ocorre a coagulação conduzindo à formação de um gel, ou seja, o iogurte (ROBERT, 2008). Nesta etapa tem-se a produção de um iogurte natural magro com lactose.

Este iogurte segue para um processo de resfriamento até uma temperatura entre 30 e 40°C, momento no qual é adicionada a enzima lactase no processo, pois essa faixa permite uma maior economia energética, além de não se formarem produtos colaterais (VITOLLO, 2001). Essa enzima realizará a hidrólise da lactose remanescente, diminuindo sua porcentagem no produto final, possibilitando o consumo seguro para lacto-intolerantes. Ao fim desta etapa tem-se o iogurte natural magro sem lactose pronto. Este iogurte pode seguir para dois caminhos, como iogurte natural pronto para envase e armazenamento ou para produção de iogurte de morango magro sem lactose.

Para produção de iogurte de morango, o iogurte natural segue para um tanque de mistura o qual ocorre à adição da polpa de fruta, já fornecida pronta para ser incorporada no processo, bastando apenas que esta seja homogeneizada antes.

Por conseguinte, o produto é devidamente embalado e armazenado em câmaras frias por um período de três dias a uma temperatura entre 2 e 5°C para conservar e melhorar a consistência do iogurte (ROBERT, 2008). Ao fim deste período é feita uma última análise microbiológica e caso atingido todas as especificações exigidas pelo mercado, o produto é encaminhado para a distribuição.

8 BALANÇO DE MASSA DO PROCESSO

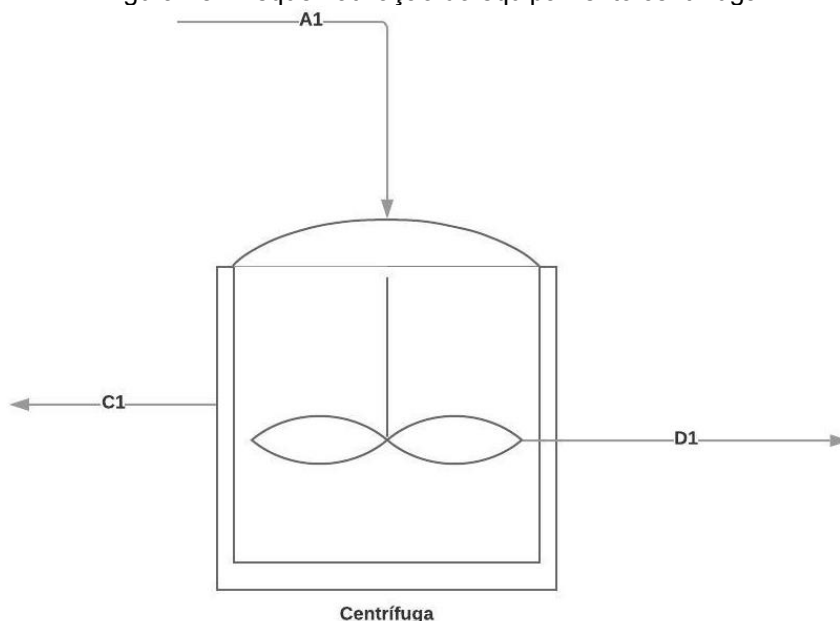
Os balanços de massa do processo de iogurte da unidade industrial serão detalhados a seguir, para os equipamentos utilizados na produção exposto no diagrama de fluxo (Figura 17). Em cada análise, serão compreendidas as entradas e saídas em vazões mássicas e suas respectivas vazões por componente predominantes de cada seção. Desta forma, estão descritas as considerações necessárias baseadas na literatura disponível.

Para execução do balanço de massa foi considerado que o leite é alimentado através do tanque de armazenamento da matéria-prima, em uma vazão de 4.000 L/dia, considerando uma massa específica de 1,0277 g/mL, para leite com teor de gordura de 4,5% (BRITO et al., 2018). Logo, a massa de entrada diária de leite é de aproximadamente 4.110,8 kg de Leite/dia

8.1 CENTRÍFUGA

Na centrífuga ocorre o processo de desnate do leite, que consiste em diminuir o teor de gordura do leite. A esquematização do equipamento e suas respectivas correntes de entrada e saída estão dispostas na Figura 18.

Figura 18 - Esquematização do equipamento centrífuga.



Fonte: Autoria própria (2019).

O balanço de massa para a centrifuga consiste em uma entrada de leite gordo (A1) e duas saídas, sendo de creme (C1) e de leite desnatado (D1). A composição do leite para fins de balanço material, apresenta-se na Tabela 1 disponível em Bylund et al. (2015).

Tabela 1 - A composição do leite (g / 100g)

Espécies	Água	Gordura	Caseína	Lactose	Cinza	Proteína de soro
Vaca	87,3	4,4	2,8	4,6	0,7	0,6

Fonte: Adaptado Bylund et al. (2015).

E para o creme de leite estabeleceu uma composição de acordo com a Tabela 5 (CIÊNCIA DO LEITE, 2008).

Tabela 5 - Composição do Creme.

Componentes	Água	Lactose	Gordura	Proteína
creme (%).	60,0	2,5	35,0	2,5

Fonte: Adaptado de Ciência do leite (2018).

De acordo com a IN N° 46 do MAPA, o leite classificado como desnatado precisa ter no máximo 0,5% de teor de gordura (BRASIL, 2007).

Logo, conforme as considerações referenciadas, foi possível aplicar o balanço de massa na centrifuga pelas equações de massa global (Equação 1) e por componente (Equação 2 a 6)

Equação Global:

$$A1 = C1 + D1 \quad (1)$$

Equações por componente:

Água:

$$A1 \cdot x_a^A = C1 \cdot x_a^C + D1 \cdot x_a^D \quad (2)$$

Gordura:

$$A1 \cdot x_g^A = C1 \cdot x_g^C + D1 \cdot x_g^D \quad (3)$$

Proteína:

$$A1 \cdot x_p^A = C1 \cdot x_p^C + D1 \cdot x_p^D \quad (4)$$

Lactose:

$$A1 \cdot x_l^A = C1 \cdot x_l^C + D1 \cdot x_l^D \quad (5)$$

Cinza:

$$A1 \cdot x_c^A = D1 \cdot x_c^D \quad (6)$$

Os resultados obtidos para o balanço de massa na centrífuga estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultado do balanço de massa para centrífuga.

Componentes	Leite gorduroso (A1)		Creme (C1)		Leite desnatado(D1)	
	Fração mássica	Kg/dia	Fração mássica	Kg/dia	Fração mássica	Kg/dia
Água	0,873	3588,73	0,600	278,82	0,908	3309,9
Gordura	0,044	180,88	0,350	162,64	0,005	18,23
Proteína	0,034	139,77	0,025	11,62	0,035	128,15
Lactose	0,046	189,10	0,025	11,62	0,048	177,48
Cinza	0,007	28,78	0,000	0,000	0,008	28,78
Total	1	4110,8	1	464,70	1	3646,10

Fonte: Autoria própria (2019).

A corrente C1 é redirecionada para um tanque de refrigeração e posteriormente comercializada e a corrente D1 segue para o tanque de mistura.

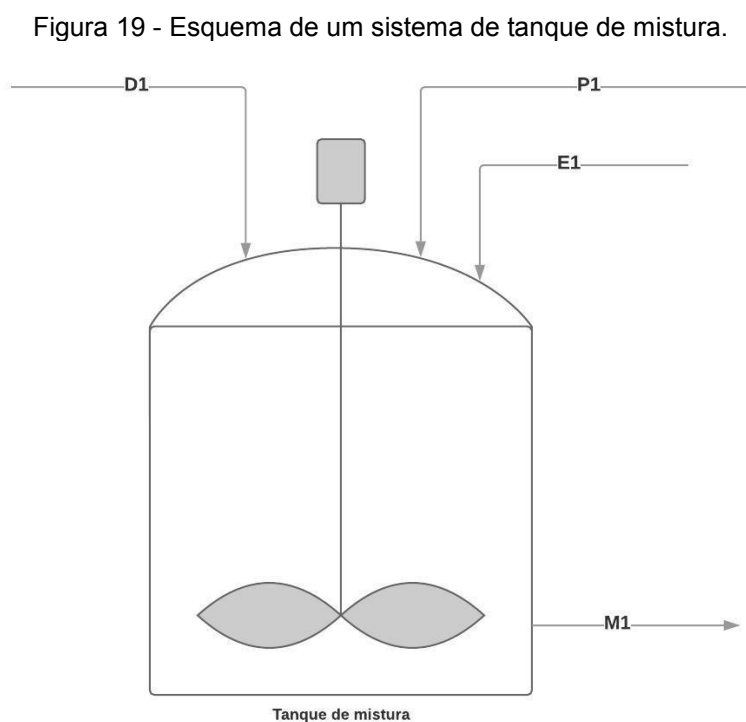
8.2 TANQUE DE MISTURA

Com a redução dos sólidos totais, o iogurte proveniente do leite desnatado pode apresentar características defeituosas, como uma textura mais frágil e sinérese (HASSAN; MISTRY, 1992).

A adição de ingredientes no leite para a produção do iogurte visa aumentar a quantidade de extrato seco, no qual influencia diretamente propriedades físicas do produto, ou seja, consistência e viscosidade do coágulo (TAMINE; ROBSON, 1991). Pela IN Nº 51 do MAPA, a quantidade mínima de extrato seco desengordurado em leite classificado como desnatado deve ser de no mínimo 8,4% (BRASIL, 2002). Sendo assim, estudos conduzidos por Tamine e Robinson (1991) comprovou que as propriedades do iogurte são melhoradas notavelmente com aumento de extrato seco total no leite quando este apresenta de 12% a 20%.

Outro fator importante no aumento de matéria sólida do iogurte, é a tendência em diminuir a suscetibilidade à sinérese (LIMA et al., 2011). Este fenômeno é causado pela liberação espontânea de água do gel. Os principais motivos para a separação de fase, são ocasionados pelo tratamento térmico inadequado, tempo de armazenamento, desbalanceamento da cultura e baixo teor de sólidos solúveis no leite (REIS, 2018).

De acordo com Tamine e Robinson (1991) podem ser adicionadas, para diminuir esses defeitos, o leite em pó, soro de leite em pó, estabilizantes, entre outros. Desta forma, foram adicionados no tanque de mistura aditivos alimentares como leite em pó desnatado e a gelatina como espessante. A esquematização do tanque de mistura juntamente com as correntes de entradas e saídas podem ser verificadas na Figura 19.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Portanto no misturador (Figura 19) considerou-se três entradas, sendo de Leite desnatado (D1), espessante (gelatina) (E1) e leite pó (P1), e uma saída composta pela mistura das correntes de entrada (M1).

Segundo Tamine e Robinson (1991) a proporção de leite em pó adicionada a uma mistura pode oscilar de 1% a 6%, porém é recomendado valores entre 3% e 4%, pois porcentagens superiores podem conferir ao iogurte um sabor de leite em

pó. Sendo assim, levando em consideração que o leite desnatado apresenta menor quantidade de sólidos totais, foi adicionado 4% de leite em pó desnatado.

Logo, a composição estimada para o leite em pó adicionado no processo se encontra na Tabela 7, disponível por Bylund et al. (2015).

Tabela 7 - Composição do leite em pó desnatado,

Componentes	Água	Lactose	Gordura	Proteína	Cinzas
leite em pó (%)	3,0	54,2	0,6	34,0	8,2

Fonte: Adaptado Bylund et al. (2015).

O percentual recomendado de espessante de acordo com IN N° 46 do MAPA, é de no máximo 1% em relação a quantidade de leite da entrada do misturador (BRASIL, 2007). Considerou-se que a composição do espessante não apresenta interferências significativas no balanço em relação a composição dos demais ingredientes.

Portanto para o balanço de massa com as correntes de entradas pré-determinadas, possibilitou a determinação da corrente M1 e sua composição aplicando as Equações (7 a 13).

Equação Global:

$$D1 + P1 + E1 = M1 \quad (7)$$

Equações por componente:

Água:

$$D1 \cdot x_a^D + P1 \cdot x_a^P = M1 \cdot x_a^M \quad (8)$$

Gordura:

$$D1 \cdot x_g^D + P1 \cdot x_g^P = M1 \cdot x_g^M \quad (9)$$

Proteína:

$$D1 \cdot x_p^D + P1 \cdot x_p^P = M1 \cdot x_p^M \quad (10)$$

Lactose:

$$D1 \cdot x_l^D + P1 \cdot x_l^P = M1 \cdot x_l^M \quad (11)$$

Cinza:

$$D1 \cdot x_c^D + P1 \cdot x_c^P = M1 \cdot x_c^M \quad (12)$$

Espessante:

$$E1 \cdot x_e^E = M1 \cdot x_e^M \quad (13)$$

Os resultados obtidos pelo balanço de massa no misturador estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultado do balanço de massa para o tanque de mistura.

Componentes	Leite em pó desnatado (P1)		Espessante (E1)		Leite desnatado (D1)		Mistura (M1)	
	Fração mássica	Kg/dia	Fração mássica	Kg/dia	Fração mássica	Kg/dia	Fração mássica	Kg/dia
Água	0,030	4,38	0	0	0,907	3309,9	0,873	3314,28
Gordura	0,006	0,88	0	0	0,005	18,23	0,005	19,11
Proteína	0,340	49,59	0	0	0,035	128,15	0,047	177,74
Lactose	0,542	79,05	0	0	0,048	177,48	0,068	256,53
Cinza	0,082	11,96	0	0	0,008	28,78	0,011	40,73
Espessante	0,000	0,00	1	3,65	0	0	0,001	3,65
Total	1	145,84	1	3,65	1	3646,10	1	3795,59

Fonte: Autoria própria (2019).

Com estes resultados, verifica-se um aumento considerável no percentual de sólidos totais, apresentando assim um teor de aproximadamente 13%, respectivamente.

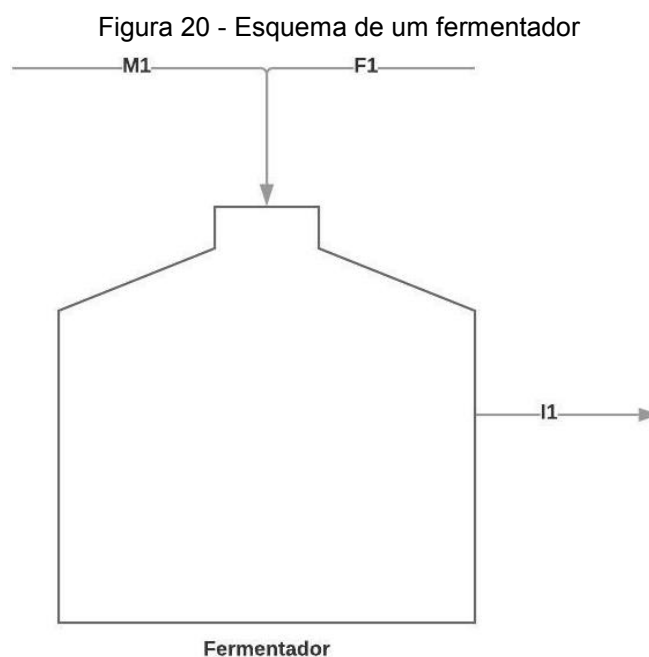
Por conseguinte, a corrente M1 segue para um tanque de homogeneização, no qual previne a formação de aglomerados sólidos durante a incubação. Desta forma, aumenta a estabilidade e consistência dos produtos fermentados, consequentemente diminui a sinérese, proporcionando um melhor corpo e brilho (LONGO, 2006).

Após a homogeneização da mistura, esta passa por um tratamento térmico, no qual em termos de balanço de massa, considerou-se que ambos os processos, não ocorre mudanças significativas na composição da mistura, portanto a corrente de entrada é igual a corrente de saída, seguindo diretamente para um tanque pulmão, e assim encerrando um processo contínuo.

8.3 FERMENTADOR

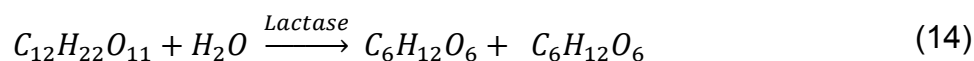
No fermentador é adicionado o fermento (Fundamentalmente o inóculo é constituído por 2 microrganismos: *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, em proporções iguais) para ocorrer a fermentação láctica da mistura.

A Figura 20 mostra o esquema do fermentador para o balanço material do processo de fermentação.



Fonte: Autoria própria (2019).

A lactose não é usada diretamente no processo fermentativo pelas bactérias lácticas. Ela precisa primeiramente ser quebrada por enzimas produzidas por essas bactérias. Essas enzimas são conhecidas como lactases. Elas quebram a lactose, que é um conjunto de dois açúcares unidos por ligações químicas, em açúcares simples, a glicose e a galactose (MARTINS et al., 2014)



Após a separação da lactose em glicose e galactose, a glicose é consumida na fermentação láctica por duas vias metabólicas, a glicólise e a fermentação láctica.

Na fase glicólise é produzido um composto intermediário chamado ácido pirúvico, uma molécula de glicose produz duas moléculas de ácido pirúvico.

Na fase de fermentação, as moléculas de ácido pirúvico produzidas na primeira fase são então reduzidas em ácido láctico.

Conforme Robert (2008) adiciona-se de 1 a 2% de fermento láctico preparado previamente, para ativação das culturas.

No balanço de massa da ParanaLac foi considerado o valor de 1% de fermento.

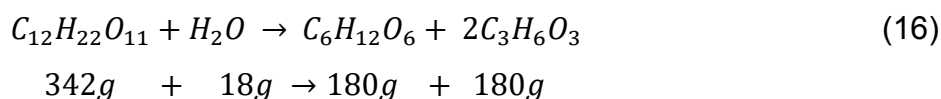
Equação Global:

$$F1 + M1 = I1 \quad (15)$$

Borges et al. (2007) analisou em seu estudo com 124 amostra de iogurte lidas em cromatografia líquida de alta performance (HPLC) que o teor de lactose do iogurte variou entre 2,10 a 4,84 g/100g.

Dessa forma no balanço de massa da ParanaLac foi considerado um iogurte com teor de 2,1% de lactose após a fermentação, obtendo uma conversão de 68,9%.

A equação geral da reação



Conforme as seguintes relações, levando em consideração que nenhum componente da mistura se altera na fermentação além da lactose. Foram obtidos os resultados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultado do balanço de massa para o fermentador

Componentes	Fermento	(F1)	Mistura (M1)		Iogurte natural com Lactose (I1)	
	Fração mássica	Kg/dia	Fração mássica	Kg/dia	Fração mássica	Kg/dia
Água	0,000	0,00	0,873	3314,28	0,862	3304,98
Gordura	0,000	0,00	0,005	19,11	0,005	19,11
Proteína	0,000	0,00	0,047	177,74	0,046	177,74
Lactose	0,000	0,00	0,068	256,53	0,021	79,71
Cinza	0,000	0,00	0,011	40,73	0,011	40,73
Espessante	0,000	0,00	0,001	3,65	0,001	3,70
Açúcares	0,000	0,00	0,000	0,00	0,024	93,06
Ac. Lacteo	0,000	0,00	0,000	0,00	0,024	93,06
Fermento	1,000	36,46	0,000	0,00	0,010	36,46
Total	1	36,46	1	3795,59	1	3832,05

Fonte: Autoria própria (2019).

8.4 ADIÇÃO DE ENZIMA

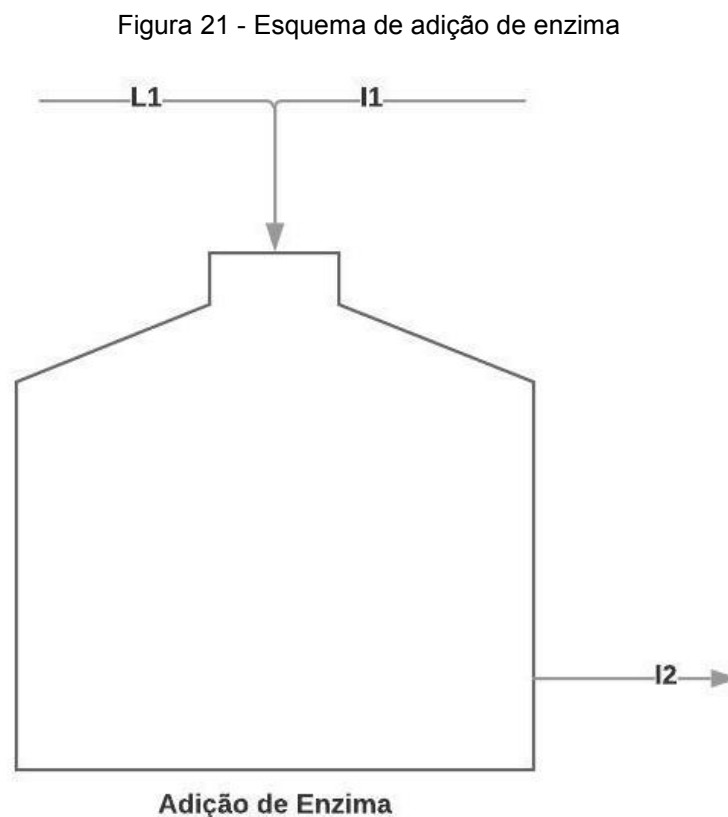
Buscando eliminar os sintomas causados aos lacto intolerantes na ingestão de iogurte, utiliza-se a enzima lactase no tanque para ocorrer a hidrólise da lactose.

A lactase ou beta-d-galactosidase, é uma enzima obtida de um fungo, *Aspergillus oryzae*, usada para hidrolisar a lactose em glicose e galactose.

A hidrólise da lactose realizada com a lactase é um processo usado em escala industrial e atualmente conduz à formação de produtos de lactose hidrolisada.

Longo (2006), em seu estudo constatou que o iogurte com baixo teor de lactose, utilizando a lactase em seu processo de fabricação, apresenta menor grau de acidez e melhor percepção de sabor doce, rendendo ao produto característica de suavidade.

A Figura 21 mostra o esquema de adição de enzima para os cálculos de balanço material do processo.

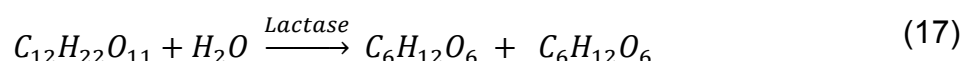


Fonte: Autoria própria (2019).

Segundo a Iberoquímica magistral 20 mg da enzima lactase (com atividade enzimática de 5000 ALU/g e dose de 9000 FCC) hidrolisa 50g de Lactose.

Conforme a literatura foi feito os cálculos de relação para enzima e utilizou no tanque 31,88 g de enzima lactase.

Equação geral da reação (Equação 17).



Levando em consideração que nenhum componente do iogurte se altera além da lactose, foi possível obter os seguintes resultados mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 - Tabela dos resultados do balanço de massa na adição de enzima.

Componentes	Enzima (L1)		iogurte natural sem Lactose (I2)		iogurte natural com Lactose (I1)	
	Fração mássica	Kg/dia	Fração mássica	Kg/dia	Fração mássica	Kg/dia
Água	0,000	0,00	0,861	3300,78	0,862	3304,98
Gordura	0,000	0,00	0,005	19,11	0,005	19,11
Proteína	0,000	0,00	0,046	177,74	0,046	177,74
Lactose	0,000	0,00	0,000	0,00	0,021	79,71
Cinza	0,000	0,00	0,011	40,73	0,011	40,73
Espessante	0,000	0,00	0,001	3,65	0,001	3,70
Açúcares	0,000	0,00	0,046	176,97	0,024	93,06
Ac. Lacteo	0,000	0,00	0,024	93,06	0,024	93,06
Fermento	0,000	0,00	0,010	36,46	0,010	36,46
Enzima	1,000	0,03	0,000	0,03	0,000	0,00
Total	1	0,03	1	3832,08	1	3832,05

Fonte: Autoria própria (2019).

8.5 ADIÇÃO DE POLPA DE MORANGO

A adição de polpa de morango ocorre apenas na produção de iogurte sabor morango. Esse processo consiste na mistura da polpa com o iogurte natural. Segundo Ferreira (2006) para cada 100 litros de leite deve-se adicionar 8 Kg de polpa. Seguindo essa relação, o balanço foi cálculo com 320 Kg de polpa de morango.

Os componentes da polpa de morango foram adaptados conformes as informações da tabela nutricional da polpa de morango do fornecedor polpas e frutas.

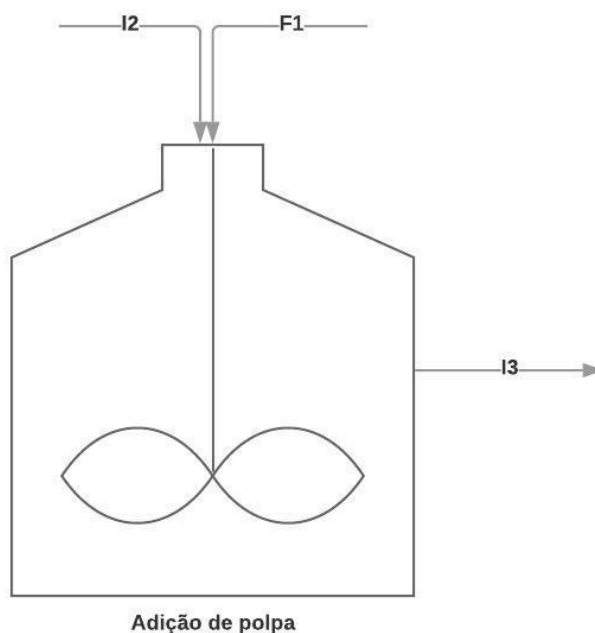
Tabela 11 - Composição da polpa de morango

Polpa de morango (100g)					
	Água	Gordura	Proteínas	Açúcares	Fibras
Massa(g)	91,47	0	0,23	6,8	1,5
Fração mássica	0,9147	0	0,0023	0,068	0,015

Fonte: Adaptado Polpas e Frutas (2019).

A Figura 22 mostra o esquema de adição de polpa para os cálculos de balanço material do processo, pelas Equações 18 a 28.

Figura 22 - Esquema da adição da polpa de morango



Fonte: Autoria própria (2019).

Equação Global:

$$I2 + F1 = I3 \quad (18)$$

Equações por componente:

Água:

$$I2 \cdot x_a^{I2} + F1 \cdot x_a^F = I3 \cdot x_a^{I3} \quad (19)$$

Gordura:

$$I2 \cdot x_g^{I2} = I3 \cdot x_g^{I3} \quad (20)$$

Proteína:

$$I2 \cdot x_p^{I2} + F1 \cdot x_p^F = I3 \cdot x_p^{I3} \quad (21)$$

Cinza:

$$I2 \cdot x_c^{I2} = I3 \cdot x_c^{I3} \quad (22)$$

Espessante:

$$I2 \cdot x_e^{I2} = I3 \cdot x_e^{I3} \quad (23)$$

Açúcares:

$$I2 \cdot x_{\zeta}^{I2} + F1 \cdot x_{\zeta}^F = I3 \cdot x_{\zeta}^{I3} \quad (24)$$

Ácido Lacteo:

$$I2 \cdot x_{ac}^{I2} = I3 \cdot x_{ac}^{I3} \quad (25)$$

Fermento:

$$I2 \cdot x_f^{I2} = I3 \cdot x_f^{I3} \quad (26)$$

Enzima:

$$I2 \cdot x_z^{I2} = I3 \cdot x_z^{I3} \quad (27)$$

Fibra:

$$F1 \cdot x_r^F = I3 \cdot x_f^{I3} \quad (28)$$

Os resultados obtidos no balanço de massa na adição de polpa estão apresentados na tabela 12.

Tabela 12 - Resultado do balanço de massa na adição da polpa de morango.

Componentes	Polpa de Morango (F1)		logurte natural sem Lactose (I2)		logurte sabor Morango sem Lactose (I3)	
	Fração mássica	Kg/dia	Fração mássica	Kg/dia	Fração mássica	Kg/dia
Água	0,915	292,70	0,861	3300,78	0,865	3593,49
Gordura	0,000	0,00	0,005	19,11	0,005	19,11
Proteína	0,002	0,74	0,046	177,74	0,061	251,34
Lactose	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Cinza	0,000	0,00	0,011	40,73	0,010	40,73
Espessante	0,000	0,00	0,001	3,65	0,001	3,65
Açúcares	0,068	21,76	0,046	176,97	0,048	198,73
Ac. Lacteo	0,000	0,00	0,024	93,06	0,022	93,06
Fermento	0,000	0,00	0,010	36,46	0,009	36,46
Enzima	0,000	0,00	0,000	0,03	0,000	0,03
Fibra	0,015	4,80	0,000	0,00	0,001	4,80
Total	1	320	1	3832,08	1	4152,08

Fonte: Autoria própria (2019).

9 TRATAMENTO DE EFLUENTE

As indústrias de laticínios são consideradas, entre as indústrias alimentícias, como uma das mais poluentes por conta do alto consumo de água e os efluentes líquidos gerados (VOURCH et al., 2008). Devido à limpeza dos equipamentos seus efluentes apresentam elevada carga orgânica que, se descartado no ambiente de forma incorreta, pode causar grandes impactos ambientais.

O volume de efluente produzido em uma indústria de laticínios varia de acordo com os produtos produzidos, tipo do processo utilizado, a qualidade da água utilizada e das práticas de gestão aplicadas (VOURCH et al., 2008). Em geral, o efluente gerado na produção do iogurte é gerado em operações de lavagem e limpeza de equipamentos, descarga e descartes, vazamentos e derramamentos (MACHADO et al., 2002). As operações de limpeza consistem no enxágue e desinfecção dos tanques dos caminhões de leite, tanques diversos e tubulações, com o intuito de remover os resíduos do leite e na lavagem do piso. Os efluentes desta etapa de limpeza correspondem de 50 a 95% do volume total de efluente gerado (DAUFIN, 2001).

Em termos de carga orgânica mostram que as etapas que mais geram efluentes são na lavagem e desinfecção de equipamentos, na quebra de embalagens contendo leite e seus derivados, perdas nas enchedeiras com transbordamento. A perda de leite, além de causar uma redução da produtividade, é significativa para o aumento do volume da carga poluidora do efluente final.

Contudo, a fração majoritária de carga orgânica da indústria de laticínio ocorre quando há a recepção de caminhões com leite não conforme, contendo pus, sangue, presença de conservadores ou inibidores de crescimento microbiano entre outros fatores. Este leite é encaminhado diretamente para a ETE para o devido tratamento, pois não pode retornar para o fornecedor, conforme previsto pelo decreto nº 9.013 instituído pela Lei nº 1.283 e pela Lei nº 7.889.

Os efluentes líquidos gerados pelas indústrias de laticínios são compostos por leite e seus derivados diluídos, material sólido, principalmente substâncias graxas, sanitizantes usados nas operações de limpeza e esgoto doméstico (BRAILE e CAVALCANTI, 1993).

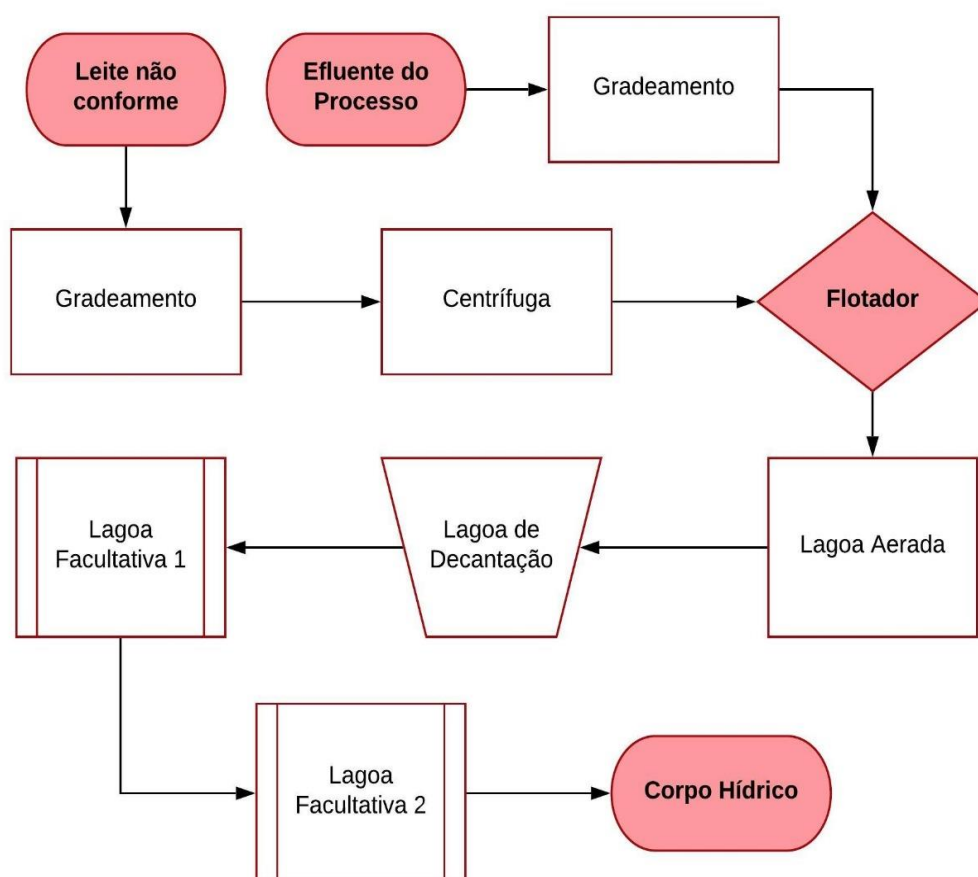
O pH do efluente sofre alterações dependendo da composição dos agentes de limpeza (ácidos e alcalinos) e os sanitizantes utilizados durante a limpeza. Os

agentes mais utilizados são soda caustica, ácido nítrico e hipoclorito de sódio. O ácido é utilizado para a remoção de depósitos minerais e sanitização, enquanto os detergentes básicos atuam na saponificação de gorduras e remoção de substâncias proteicas (BRITZ et al., 2008). A regulagem do pH na estação de tratamento será realizada por meio do controle da liberação dos agentes de limpeza na linha a fim de obter um pH conforme a resolução nº 357 e nº 430 do CONAMA.

A composição do efluente tem como principais compostos a proteína, carboidratos, principalmente a lactose, sólidos suspensos e nitrogênio (BRITZ et al., 2008).

As etapas do tratamento de efluentes da indústria ParanaLac esta apresentado na Figura 23.

Figura 23 - Fluxograma do tratamento de efluente



Fonte: Autoria própria (2019).

O tratamento do efluente pode ser dividido em três etapas: o tratamento primário, que remove os sólidos, gorduras e óleos presentes no efluente; o

tratamento secundário, responsável por retirar a matéria orgânica e os nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo; e o tratamento terciário, que serve como polimento (ANDRADE, 2011).

Antes do tratamento primário, o efluente passa por um pré-tratamento, onde é retido por meio de um gradeamento os sólidos grosseiros, tais como resíduos de embalagens, pequenos fragmentos de pedras e coágulos de leite. O efluente também passa por tanques de equalização, onde o pH é corrigido (BRITZ et al., 2008).

No tratamento primário, o efluente passa por um flotor, onde a gordura é retirada. Nesta etapa, as condições operacionais devem ser rigorosamente controladas para que haja uma eficiente remoção da gordura, abundantemente presente no efluente, evitando problemas nas posteriores etapas de tratamento (BRAILE e CAVALCANTI, 1993; BRITZ et al., 2008).

Após o tratamento primário, o efluente, que contém altas taxas de carga orgânica, se encaminha para quatro lagoas em série, sendo a primeira uma lagoa aerada de mistura completa seguida por uma lagoa de decantação sendo seguida por duas lagoas facultativas em série, onde o efluente é transportado por uma diferença de nível. Nessas lagoas ocorre o tratamento secundário.

Ao passar pela terceira lagoa o efluente se encontra pronto para ser destinado ao rio. Testes para monitorar a composição do efluente despejado são feitos periodicamente.

Como o tratamento terciário serve como um polimento, ele não é tão utilizado, sendo mais comum quando o objetivo é produzir um efluente com qualidade que não somente atenda aos padrões de lançamento, mas também permita o reuso (ANDRADE, 2011). Como o efluente tratado não será utilizado novamente no processo, o tratamento terciário não é feito.

10 BALANÇO DE MASSA PARA O EFLUENTE

Os processos industriais produzem grandes quantidades de rejeitos industriais, na forma de efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões gasosas. Esses rejeitos podem causar impactos ambientais significativos quando descartados no ambiente sem o devido tratamento. Referente aos corpos d'água, os efluentes líquidos são um dos maiores poluidores, sendo assim, as empresas necessitam minimizar os impactos ambientais da sua produção. Esta minimização pode ser feita por meio da implantação de ETE (estação de tratamento de efluente), possibilitando a adequação dos despejos industriais nos padrões estabelecidos pela legislação ambiental. (OLIVEIRA; SUSTAFA, 2015).

O ramo de laticínios produz uma quantidade significativa de efluentes líquidos, que contém uma alta quantidade de matéria orgânica. Estes efluentes contêm em sua maioria, quantidades residuais de leite e derivados, detergentes, desinfetantes, areia, açúcar e resquícios de polpa, fazendo com que estes apresentem uma elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), contendo ainda lipídios, fósforo, nitrogênio, óleos e graxas em sua constituição (OLIVEIRA; SUSTAFA, 2015).

A qualificação dos efluentes de laticínios é feita por meio de análise laboratorial de DQO, utilizando-se amostras coletadas do efluente. A quantificação dos efluentes do processo é feita em relação à vazão total de efluentes que chega à ETE (OLIVEIRA; SUSTAFA, 2015). Na Tabela 13 são apresentadas as características físico-químicas médias de efluentes líquidos de indústrias de leite pasteurizado e iogurte.

Tabela 13 - Características físico-químicas médias de efluentes líquidos de indústrias de leite pasteurizado e iogurte

Parâmetros	Valores	Unidade
DBO ₅	3420	mg/L de efluente
DQO	4430	mg/L de efluente
Sólidos suspensos totais (SST)	420	mg/L de efluente
Sólidos totais (ST)	3300	mg/L de efluente
Sólidos Sedimentados	1	mg/L de efluente
Nitrogênio total	86,2	mg/L de efluente
Fósforo total	14,2	mg/L de efluente
Óleos e graxas	575	mg/L de efluente
Temperatura	31	°C
Carga específica de DBO5	14,02	Kg de DBO/t de leite

Fonte: Adaptado de Oliveira e Sustafa (2015).

Segundo Maganha (2008), para cada litro de leite processado são produzidos três litros de efluente. Considerando um processamento diário total de 4.000 litros de leite, há uma produção de 12.000 litros de efluentes gerados diretamente do processo. Contabilizando-se, também, um caminhão com leite não conforme a cada cinquenta caminhões conformes que chegam à indústria, tem-se um volume de leite adicional de 4.000 litros ao efluente que deve ser tratado, totalizando 16.000 litros de efluente.

A regulagem do pH do efluente é realizada por meio do controle da liberação dos agentes de limpeza (ácidos e alcalinos) na linha. Logo, os cálculos para as demais etapas de tratamento foram realizados com o pH do efluente regulado.

Para os cálculos referentes ao gradeamento, à centrífuga, ao flotador e às lagoas, considerou-se que a massa específica do efluente proveniente do processo seria similar a da água ($\rho_{\text{Efluente}} = \rho_{\text{Água}} = 0,9997 \text{ Kg/L}$) devido aos seus componentes estarem diluídos. O valor da massa específica do leite utilizado foi de $\rho_{\text{Leite}} = 1,0277 \text{ Kg/L}$, conforme estabelecido pelo Embrapa. Logo, a massa de efluente proveniente

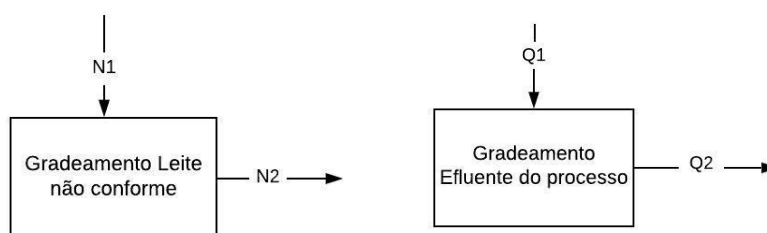
do processo a ser tratado por dia é de 11996,472 Kg de efluente/dia e a massa de leite não conforme tratado por dia é de 4.110,8 Kg de Leite/dia.

10.1 GRADEAMENTO

Ao passar pelo pré-tratamento, que consiste no gradeamento, não há alteração significativa da quantidade de efluente, pois a presença de sólidos grosseiros é mínima, podendo ser desconsiderada. Ambas as correntes (leite não conforme e efluente do processo) passam pelo gradeamento antes de seguirem para os posteriores tratamento.

A representação das correntes de entrada e saída em cada um dos gradeamentos é apresentada a seguir na Figura 24.

Figura 24 - Esquema gradeamento do leite não conforme e gradeamento do efluente do processo



Fonte: Autoria própria (2019).

Os balanços utilizados são apresentados a seguir nas Equações (29) e (30). Balanço global referente ao leite não conforme:

$$N1 = N2 \quad (29)$$

Balanço global referente ao efluente do processo:

$$Q1 = Q2 \quad (30)$$

Os resultados do balanço referente ao gradeamento estão organizados na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultado do balanço de massa para o gradeamento do leite não conforme e do efluente do processo

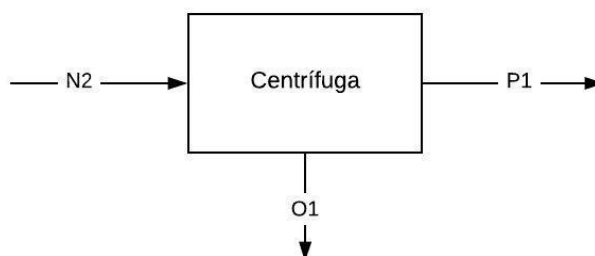
Etapa do processo	Componente tratado	Eficiência (%)	Entrada (Kg/dia)	Saída (Kg/dia)
Gradeamento (Leite não conforme)	Sólidos grosseiros	-	4110,8	4110,8
Gradeamento (Efluente)	Sólidos grosseiros	-	11996,47	11996,47

Fonte: Aatoria própria (2019)

10.2 CENTRÍFUGA

O leite não conforme, antes de ser incorporado ao efluente proveniente do processo, passa por um processo de centrifugação para reduzir a quantidade de gordura a ser tratada no flotador. A representação desta etapa do processo é apresentada na Figura 25 a seguir.

Figura 25 - Esquema de correntes na centrífuga para o leite não conforme



Fonte: Aatoria própria (2019).

A centrífuga é composta por uma entrada de leite gordo (N2) e duas saídas, sendo uma de creme (O1) e a outra de leite desnatado (P1). Aproximou-se a composição do leite não conforme para apenas água e leite, pois a porcentagem de proteínas e lactose é pequena, podendo ser desconsiderada. A composição do leite utilizada para os balanços é apresentada na Tabela 15.

Tabela 15 - A composição do leite não conforme

Espécie	Água (%)	Gordura (%)	DBO(mg/L de leite)	DQO(mg/L de leite)
Vaca	95,6	4,4	110000	210000

Fonte: Adaptado de Maganha (2006).

Para a composição do creme de leite se estabeleceu uma composição de acordo com a Tabela 6 (CIÊNCIA DO LEITE, 2008). Por fim, a composição utilizada para o leite desnatado é apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 - A composição do leite não conforme desnatado

Água (%)	Gordura (%)	DBO(mg/L de leite)	DQO(mg/L de leite)
99,5	0,5	45000	85909

Fonte: Adaptado de Ferreira (2007).

Os cálculos dos balanços realizados são apresentados abaixo:

Equação Global (Equação 31):

$$N2 = P1 + O1 \quad (31)$$

Equação por componente (Equação 32 e 33):

Água:

$$N2 \cdot x_a^N = P1 \cdot x_a^P + O1 \cdot x_a^O \quad (32)$$

Gordura:

$$N2 \cdot x_g^N = P1 \cdot x_g^P + O1 \cdot x_g^O \quad (33)$$

Os resultados obtidos no balanço de massa na centrífuga são apresentados a seguir na Tabela 17. O creme de leite retirado da centrífuga é direcionado ao tratamento de resíduos sólidos, que é terceirizado.

Tabela 17 - Resultado do balanço de massa para centrífuga de leite não conforme

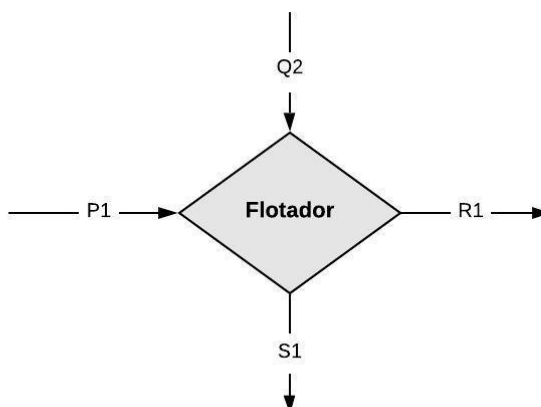
Componentes	Leite(Kg/dia)	Creme (Kg/dia)	Leite Desnatado (Kg/dia)
Água	3929,9248	243,5258734	3686,398927
Gordura	180,8752	162,3505823	18,52461772
DBO5	440	273,2784405	166,7215595
DQO	840	521,7133864	318,2866136

Fonte: Autoria própria (2019).

10.3 FLOTADOR

Após a passagem na centrífuga, o leite não conforme (P1) é incorporado ao efluente do processo (Q2). Os cálculos foram realizados considerando uma eficiência de 98% na remoção da gordura presente no efluente. Foi possível aplicar o balanço de massa no flotor pelas equações de massa global (Equação 34) e por componente (Equação 35). A representação das correntes é feita na Figura 26.

Figura 26 - Esquema para flotor



Fonte: Autoria própria, 2019.

Equação Global (Equação 34):

$$P1 + Q2 = R1 + S1 \quad (34)$$

Equações por componente (Equação 35):

Gordura:

$$P1 \cdot x_g^P + Q2 \cdot x_g^Q = R1 \cdot x_g^R + S1 \cdot x_g^S \quad (35)$$

Os resultados referentes ao flotor, que corresponde ao tratamento primário, são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Resultado do balanço de massa para flotor

Etapa do processo	Componente tratado	Eficiência de remoção (%)	Entrada (Kg/dia)	Saída (Kg/dia)	Quantidade retirada (Kg/dia)
Flotor	Gordura	98%	15.701,40	15.676,61	24,79

Fonte: Autoria própria, (2019).

A gordura retirada no flotor (S1), juntamente com o creme de leite extraído pelo processo de centrifugação, é encaminhada para o tratamento de resíduos sólidos, que é terceirizado.

10.4 LAGOAS DE TRATAMENTO

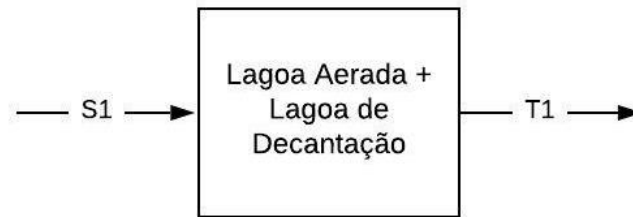
Após o tratamento primário o efluente é direcionado às lagoas de tratamento para a redução dos valores de DBO e DQO, bem como da concentração de sólidos suspensos totais, sólidos totais e nitrogênios totais. Esta etapa consiste no tratamento secundário, sendo que este é composto por um sistema de lagoas em série, no qual a primeira é uma lagoa aerada de mistura completa seguida por uma lagoa de decantação e a segunda e a terceira são lagoas facultativas.

10.4.1 Lagoa aerada de mistura completa seguida por lagoa de decantação

Segundo Nasraui (2016), as lagoas aeradas, quando seguidas por uma lagoa de sedimentação, apresentam uma eficiência teórica e até mesmo prática entre 80% e 90% na remoção da DBO, mostrando também uma eficiência de até 80% na remoção de sólidos suspensos.

Medeiros (2009) afirma que, para uma lagoa aerada de mistura completa seguida por lagoa de decantação, a eficiência média de remoção para DQO se encontra entre 65-80%. Já para os sólidos totais (ST), esta eficiência está no intervalo de 80-87%. Por fim, o nitrogênio e o fósforo são removidos com uma eficiência menor que 30 e 35%, respectivamente. A representação das correntes de entrada e saída na lagoa aerada é feita a seguir na Figura 27:

Figura 27 - Esquema para lagoa aerada de mistura completa seguida por uma lagoa de decantação.



Fonte: Autoria própria (2019).

O cálculo para quantificação da massa retida de cada um dos componentes, bem como o balanço global, é representado pelas (Equações 36 a 41):

Equação global:

$$S1 = T1 + Retido \quad (36)$$

Equação por componente:

DBO:

$$DBO_{retida} = \eta_{DBO} \cdot x_{DBO}^S \cdot S1 \quad (37)$$

DQO:

$$DQO_{retida} = \eta_{DQO} \cdot x_{DQO}^S \cdot S1 \quad (38)$$

ST:

$$ST_{retido} = \eta_{ST} \cdot x_{ST}^S \cdot S1 \quad (39)$$

Nitrogênio:

$$Nitrogênio_{retido} = \eta_{Nitrog} \cdot x_{Nitrog}^S \cdot S1 \quad (40)$$

Fósforo:

$$Fósforo_{retido} = \eta_{Fósfo} \cdot x_{Fósfo}^S \cdot S1 \quad (41)$$

Sendo η_x a eficiência de remoção do componente x , específica de cada lagoa.

Os resultados para o balanço de massa na lagoa aerada de mistura completa seguida por uma lagoa de decantação é apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 - Resultado do balanço de massa para lagoa de mistura completa seguida por uma lagoa de decantação

Sistema	Componentes removidos	Entrada (Kg/dia)	Saída (Kg/dia)
Lagoa aerada de mistura completa seguida por uma lagoa de decantação	DBO, DQO, Nitrogênio, SST e ST	15.676,61	15.156,40

Fonte: Autoria própria (2019).

Os resultados para cada componente estão dispostos na Tabela 20 a seguir.

Tabela 20 - Resultado do balanço de massa para cada componente para uma lagoa de mistura completa seguida por uma lagoa de decantação

Componente tratado	Eficiência de remoção (%)	Entrada (Kg/dia)	Saída (Kg/dia)	Quantidade reduzida (Kg/dia)
DBO	90%	207,76	20,78	186,99
DQO	80%	371,45	74,29	297,16
ST	80%	39,60	7,92	31,68
NITROGÊNIO	25%	1,03	0,78	0,26
FÓSFORO	30%	0,17	0,12	0,05

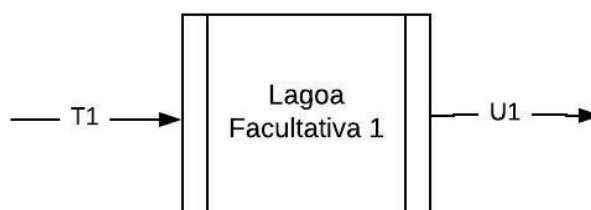
Fonte: Autoria própria (2019).

10.4.2 Lagoas facultativas

Após a passagem pela lagoa aerada seguida pela lagoa de decantação, o efluente se encaminha para as lagoas facultativas em série.

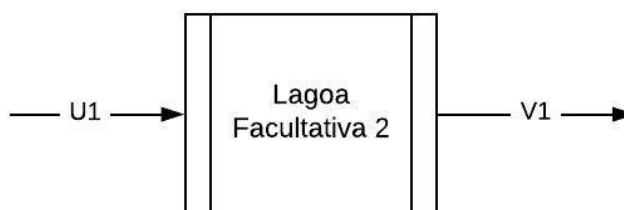
Segundo Medeiros (2009), a eficiência média de remoção da DBO se encontra entre 75-85% e para a remoção da DQO a eficiência média está entre os valores de 65-80%. Os sólidos totais, por sua vez, possuem uma eficiência de remoção entre 70-80%. O nitrogênio é removido em menos que 60% e o fósforo em menos que 35%. A esquematização das lagoas facultativas são apresentadas a seguir nas Figuras 28 e Figura 29.

Figura 28 - Esquema para Lagoa Facultativa 1.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 29 - Esquema para Lagoa Facultativa 2.



Fonte: Autoria própria (2019).

Os cálculos do balanço de massa foram realizados de forma análoga aos feitos para a lagoa aerada, representados pelas Equações 35 a 40.

Os resultados obtidos para os balanços de massa para cada uma das lagoas são dispostos na Tabela 21.

Tabela 21 - Resultado do balanço de massa para as lagoas facultativas

Sistema	Componentes removidos	Entrada (Kg/dia)	Saída (Kg/dia)
Lagoa Facultativa 1	DBO, DQO, NITROGENIO, SST E ST	15.072,72	15.056,09
Lagoa Facultativa 2	DBO, DQO, NITROGENIO, SST E ST	15.156,44	15.072,72

Fonte: Autoria própria (2019).

As Tabelas 22 e Tabela 23 apresentam os resultados dos balanços por componentes para a segunda e terceira lagoa, respectivamente.

Tabela 22 - Resultado do balanço de massa por componente para a Lagoa Facultativa 1

Componente tratado	Eficiência de remoção (%)	Entrada (Kg/dia)	Saída (Kg/dia)	Quantidade reduzida (Kg/dia)
DBO	85%	20,78	3,12	17,66
DQO	80%	74,29	14,86	59,43
ST	70%	7,92	2,38	5,54
NITROGÊNIO	45%	0,78	0,43	0,35
FÓSFORO	30%	0,12	0,08	0,04

Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 23 - Resultado do balanço de massa por componente para a Lagoa Facultativa 2

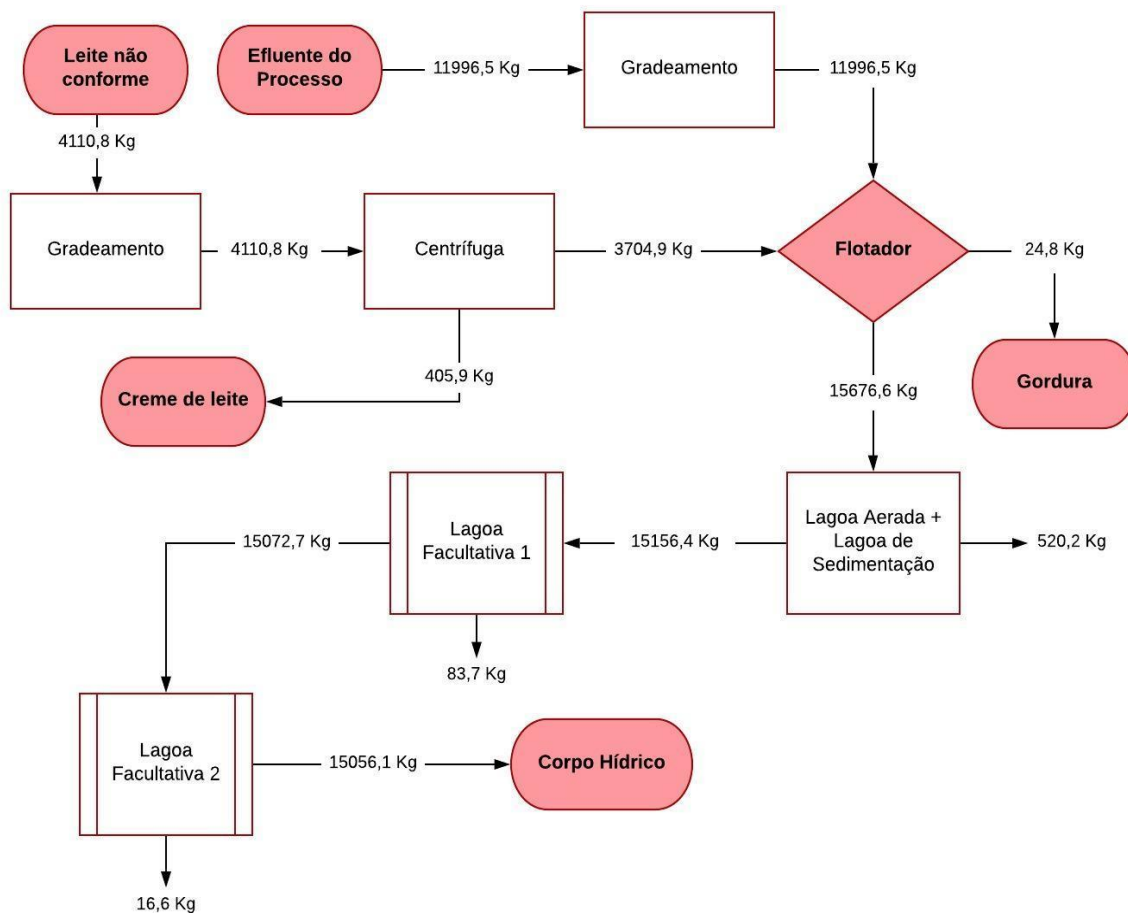
Componente tratado	Eficiência de remoção (%)	Entrada (Kg/dia)	Saída (Kg/dia)	Quantidade reduzida (Kg/dia)
DBO	85%	3,12	0,47	2,65
DQO	80%	14,86	2,97	11,89
ST	70%	0,30	0,09	0,21
NITROGÊNIO	45%	0,43	0,23	0,19
FÓSFORO	30%	0,08	0,06	0,03

Fonte: Autoria própria (2019).

Desta forma, englobando a quantidade total de efluente destinado para o processo de tratamento realizado na ETE da empresa, têm-se uma entrada de 16.107,27 Kg de efluente e uma saída de 15.056,09 Kg após o mesmo passar pela última lagoa do processo, resultando em um volume total de 14.978,15 litros de efluente já nos conformes para ser destinado ao curso d'água próximo.

Para evidenciar de forma mais clara todo o fluxo de massa decorrente em cada etapa do processo de tratamento do efluente da empresa, a Figura 29 aborda o fluxograma do processo contendo os valores aproximados de massa entrando, saindo, sendo removido ou retido, para o caso das lagoas.

Figura 30 - Fluxograma mássico de todo o processo de tratamento do efluente.



Fonte: Autoria própria (2019).

O “Conselho Nacional do Meio Ambiente” (CONAMA) exige que os efluentes de qualquer fonte poluidora devam passar pelo devido tratamento e obedecer às condições, padrões e exigências dispostas na resolução e em outras normas aplicáveis, para que assim, possa ser lançado diretamente no corpo receptor (CONAMA, 2011). Outro órgão que possui jurisdição no estado em que a empresa se localiza, é o “Instituto Ambiental do Paraná” (IAP), que também possui suas próprias condições, padrões e exigências. Logo, a Tabela 24 trás os dados de concentração inicial e final dos componentes presentes no efluente da Paranlac Indústria Ltda, juntamente com a exigência mínima dos dois órgãos citados anteriormente, sendo a do CONAMA retirada da resolução N° 430, de 13 de Maio de 2011, e a do IAP do Anexo 7 da resolução CEMA 07/09, ambas as quais referenciadas no final do presente trabalho.

Tabela 24 - Concentrações iniciais e finais dos componentes presentes no efluente e as exigências mínimas dos órgãos vigentes.

Parâmetro / Componente	Concentração Inicial (mg/L)	Concentração Final (Mg/L)	Exigência CONAMA (mg/L)	Exigência IAP (mg/L)	Remoção (%)
DBO ₅	30.065,00	31,21	Remoção mínima de 60%	50,00	99,90
DQO	55.822,5	198,39	14.638,08	200,00	99,64
Gordura	15.89,04	42,44	50,00	50,00	97,34
ST	2.475,00	47,59	-	-	98,08
Nitrogênio total	64,65	15,67	20,00	-	75,76
Fósforo total	11,38	3,90	-	-	65,70

Fonte: Autoria própria (2019).

Assim, de acordo com os resultados dispostos na tabela acima, nota-se que todos os parâmetros e componentes presentes no efluente estão em quantidades adequadas com o exigido pela legislação dos órgãos citados, mostrando assim a eficiência do processo de tratamento do mesmo, que poderá ser devidamente direcionado ao curso d'água.

10.5 DIMENSIONAMENTO DAS LAGOAS DE TRATAMENTO

Para obter as eficiências necessárias para a retirada de toda a matéria orgânica proveniente da corrente de limpeza dos equipamentos, quando da recepção de leite não conforme, é necessário a lagoa aerada, as lagoas facultativas e a lagoa de decantação com as dimensões apresentadas no Quadro 1, Quadro 2 e Quadro 3 abaixo.

Quadro 1 - Especificação das lagoas facultativas.

Tipo do equipamento	Lagoa facultativa
Profundidade (m)	2
Largura (m)	40
Comprimento (m)	20
Área superficial (m ²)	800
Volume (m ³)	1600

Fonte: Autoria própria (2019).

Quadro 2 - Especificação da lagoa de decantação.

Tipo do equipamento	Lagoa de decantação
Profundidade (m)	1,2
Largura (m)	40
Comprimento (m)	20
Área superficial (m ²)	800
Volume (m ³)	960

Fonte: Autoria própria (2019).

Quadro 3 - Especificação da lagoa aerada.

Tipo do equipamento	Lagoa aerada
Profundidade (m)	2
Largura (m)	40
Comprimento (m)	20
Área superficial (m ²)	800
Volume (m ³)	1600

Fonte: Autoria própria (2019).

O volume para as lagoas facultativas são de aproximadamente cem vezes maiores que o máximo de efluente gerado em um dia de operação, pois o efluente precisa ficar em cada lagoa de decantação por um período de até 45 dias para poder atingir a eficiência necessária para o descarte do efluente previsto por lei (SILVA, 2017). O mesmo se aplica à lagoa de decantação, que tem o período de residência do efluente de até 10 dias.

11 DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS

Nessa seção será apresentado o dimensionamento dos equipamentos, bem como suas especificações, fornecedores e informações pertinentes ao processo. Para realização do mesmo, levou-se em consideração os dados obtidos anteriormente por meio dos balanços de massa.

Os principais equipamentos adquiridos para o processo produtivo são: tanques de armazenamento, centrífuga, tanque de mistura, homogeneizador, trocadores de calor, tanques pulmão, tanque de fermentação e empacotadeiras. Assim como também os equipamentos para utilidades e movimentação de fluidos para o desenvolvimento do processo, como: bombas, válvulas, tanques de armazenamento para soluções de limpeza do processo e container refrigerado para armazenamento de matéria prima.

11.1 TANQUE DE ARMAZENAMENTO DE MATÉRIA PRIMA

Na cadeia de produção de iogurte, o setor de recepção de matéria prima é planejado, estruturado e gerenciado para a recepção, contando com 3 tanques de armazenamento encamisado com capacidade máxima de 2000 litros cada. Sendo esvaziados na sequência de recebimento (do leite mais antigo para o mais novo) garantindo o processamento de 4000 litros de leite por dia para produção dos iogurtes.

O dimensionamento foi definido com base no Decreto N^o 9.013 (BRASIL, 2017) que permitido o armazenamento frigorífico do leite em tanques isotérmicos providos de termômetros e agitadores automáticos.

Com o objetivo de se manter a temperatura do leite sempre homogênea a escolha do agitador levou em consideração características importantes que estão relacionadas com a viscosidade e o estado físico da matéria-prima, sendo o leite um líquido que apresenta na temperatura mencionada uma viscosidade de 2,80 cP (CIENCIA DO LEITE, 2014b). Portanto, optou-se pelo agitador pás retas inclinadas (Figura 31). Este tipo de agitador de maneira geral possui uma ação suave e atende a maioria das aplicações pelo fato de poderem trabalhar com líquidos de 1 a 100000 cP (de viscosidade) (RAZUK, 2006).

Figura 31 - Ilustração do agitador pás restas inclinadas.



Fonte: Leno (2019).

De acordo com as características mais desejadas do tanque de armazenamento para a ParanaLac, outras especificações em relação ao dimensionamento dos tanques estão contidas no Quadro 4.

Quadro 4 -Especificações técnicas dos tanques de armazenamento (unitário).

Nome	Tanque de armazenamento
Marca/Modelo	LENO/LNT-2000
Tensão (V)	220/380
Volume efetivo (L)	2000
Potência (KW)	1,5
Utilização	Armazenamento de matéria prima (Leite)
Dimensões (m)	1,2x1,5
Material	Aço Inoxidável SS304
Velocidade de agitação (rpm)	63
Pressão máxima de operação (bar)	10
Modo de refrigeração	Gelo de água/ água de refrigeração
Certificações	ISO 9001
Local de fabricação	Zhejiang, China
Peso (Kg)	400

Fonte: Adaptado de Leno (2019).

Além das especificações acima determinadas, cada tanque apresenta um sistema de três camadas, contendo a camada interna, jaqueta e isolamento. Optou-se por um trocador de calor tipo jaqueta convencional, pois de acordo com Arfelli

(2019), este oferece um ótimo método de aquecimento ou resfriamento em vasos de processo, principalmente quando se deseja maior controle e qualidade do produto.

A Figura 32 ilustra o tipo o tanque a ser adquirido pela ParanaLac.

Figura 32 - Imagem ilustrativa dos tanques de armazenamento para o leite.



Fonte: Leno (2019).

Cada tanque também conta com respirador estéril, pernas ajustáveis, entrada e saída de válvula sanitária, pode-se empregar limpezas *Clean in place* (CIP), controlador de temperatura, medidor de nível de líquido e controlador de alavanca.

11.2 CENTRIFUGA

A centrífuga ou padronizadora, é utilizada para a clarificação do leite, atuando na separação das partículas sólidas através da força centrífuga, e desnatando o leite, sendo este último sua principal utilidade na ParanaLac. Para o iogurte semidesnatado, o teor comumente utilizado é de 0,5% de gordura. A temperatura do leite indicada para os processos de centrifugação está na faixa de 55°C a 65°C, pois quando a separação é realizada com leite frio, a eficiência da centrífuga pode ser reduzida (CHANDAN, 2006).

A centrífuga da marca Skimming (Figura 33) atende todos os requisitos necessários para o desnate do leite da Paranalac, sendo a mesma escolhida para aquisição.

Figura 33- Separadora centrífuga de leite



Fonte: Skimming (2019).

As especificações técnicas estão apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5-Especificações técnicas da separadora centrífuga de leite.

Nome	Maquina separadora centrífuga de leite
Marca/Modelo	Skimming/HT-TZJ10B
Tensão (v)	220/380
Capacidade (L/h)	1000
Potência (KW)	4
Utilização	Separação de creme de leite
Dimensões (m)	0,85x0,85x1,2
Material	Aço Inox
Tigela interna(mm)	300
Velocidade (rpm)	7320
Fator de separação	8985
Saída de gordura	Bomba centrípeta
Saída de leite	Bomba centrípeta
% de gordura no leite	0,015-0,5
Temperatura de operação (C)	55
Pressão máxima de operação (bar)	-----
Certificações	ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001
Local de fabricação	Henan, China
Peso (Kg)	500

Fonte: Adaptado de Skimming (2019)

De acordo com informações do fornecedor, todas as peças que entram em contato com a matéria-prima são feitas de aço inoxidável, em conformidade com os requisitos de higiene alimentar.

O leite semidesnatado é bombeado para fora pela bomba centrípeta, enquanto que a gordura é descarregada automaticamente. Este equipamento também pode ser utilizado para separação de líquido-sólido de duas fases de materiais similares na indústria de sucos e bebidas, dentre outras aplicações. Esta centrífuga também adota um sistema de controle automático, possuindo vantagens como: alta eficiência, baixo consumo de material, conveniente operação e custo de manutenção econômica.

11.3 TANQUE DE MISTURA

Após a retirada da quantidade em excesso de gordura pela centrífuga, o leite segue para os tanques de mistura para a adição de ingredientes ao leite, como a adição de leite em pó e espessante, a fim de aumentar o percentual de sólidos totais presente no leite desnatado, obtendo-se um aumento de aproximadamente 13% nos sólidos totais. Essa etapa consiste em um conjunto de dois tanques de mistura, cuja capacidade e condições de operações de adequam ao processamento do leite. O tanque de mistura do fornecedor LAIYUAN atende as necessidades da Paranatec (Figura 34).

Figura 34- Tanque misturador



Fonte: Laiyan (2019).

As especificações técnicas estão apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6-Especificações técnicas para os tanques de mistura.

Nome do equipamento	Tanque de mistura
Marca	LAIYUAN
Modelo	LYHT-MT 2000L
Tensão (V)	220/380
Capacidade máxima (L)	2.000
Potência (kW)	1.5
Utilização	Mistura de ingredientes
Espessura (mm)	8
Material	Aço inoxidável
Local de fabricação	Jiangsu, China
Certificação	CE, ISO 9001
Peso (kg)	960

Fonte: Adaptado de Layuan (2019)

Optou-se por este modelo de tanque misturador por conta de atender todos os requisitos necessários desta etapa do processo, o modelo LYHT-MT 2000L também possibilita o aquecimento por meio de uma corrente de vapor, e é todo em aço inoxidável SS304/SS316L, recurso fundamental para a indústria de laticínios. Opera em regime contínuo, proporciona uma velocidade de rotação do misturador de 36rpm até 1400rpm, de acordo com a vazão que entra no tanque, possuindo entradas para a corrente de CIP, termômetro, medidor de nível e controlador de nível do tanque.

11.4 HOMOGENEIZADOR

Após a adição de todos os ingredientes no leite desnatado na etapa dos tanques misturadores, o leite segue para o homogeneizador, onde é forçado a passar por pequenos orifícios a uma alta pressão, de forma a diminuir todos os possíveis sólidos presentes no leite assegurando uma mistura uniforme. O homogeneizador da marca RELIABLE possuem todas as características fundamentais para o processo produtivo da ParanaLac. A ilustração do equipamento se encontra na Figura 35.

Figura 35- Homogeneizador



Fonte: Reliable (2019).

As características do equipamento estão apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7-Especificações técnicas para o homogeneizador.

Nome do equipamento	Homogeneizador
Marca	RELIABLE
Modelo	RM-1000L
Tensão (V)	220/380
Capacidade máxima (L)	1.000
Potência (kW)	7.5
Utilização	Homogenização do leite
Pressão máxima de operação (Mpa)	35
Material	Aço inoxidável 304
Local de fabricação	Jiangsu, China
Certificação	CE, ISO 9001

Fonte: Reliable (2019).

O modelo RM-1000L da empresa RELIABLE foi o que se melhor adequou a etapa de homogeneização, por ter como diferencial uma bomba de êmbolo triplex separada. Possui uma válvula de vazão, um controle de pressão integrado feito por um manômetro de diafragma, e uma tubulação lateral para a corrente de CIP, além de ser todo em aço inoxidável.

11.5 TROCADOR DE CALOR (PASTEURIZADOR)

Neste processo, o leite oriundo do homogeneizador passará por um tratamento térmico a fim de se eliminar quaisquer microrganismos patogênicos que possam estar contidos no meio, como também, algumas outras substâncias e microrganismos que possam deteriorar o gosto e/ou diminuir a validade do produto. A ParanaLac utiliza a pasteurização “HTST”, que atua com uma combinação de temperatura e tempo para esterilizar a mistura e assim evitar que qualquer componente venha a danificar o processo e a obtenção do produto final.

Viabilizando a economia com recursos naturais, a ParanaLac está adquirindo um trocador de calor de placas com 3 seções, sendo elas respectivamente, aquecimento, regeneração e resfriamento. O pasteurizador adquirido pela empresa está apresentado na Figura 36.

Figura 36 - Imagem ilustrativa do pasteurizador escolhido pela empresa ParanaLac.



Fonte: Kinggo (2019)

A empresa fornecedora do pasteurizados é a empresa chinesa KINGGO, e as características dos equipamentos estão apresentados no Quadro 8.

Quadro 8- Especificações técnicas para o pasteurizador.

Nome do equipamento	Trocador de calor de placas Aço Inoxidável
Marca	KINGGO
Material da placa	304 ou 316 L
Material do corpo	304
Fornecedor	Quzhou KingGo Machinery Co., Ltda
Temperatura de trabalho	-10°C – 150°C
Vazão máxima	2,5 T/h
Área de troca térmica total	3 m ²
Potência	110 kW
Tensão	220/380 V
Pressão máxima de trabalho	3 Mpa
Peso	200 kg
Dimensões das placas	200 X 800 X 0,4 (mm)

Fonte: Adaptado de Kinggo (2019)

11.6 TANQUE PULMÃO

Após o processo de pasteurização, o leite já possui as propriedades ideais para ser encaminhado para o processo de fermentação e produção do iogurte, porém é destinado primeiramente a um tanque pulmão com refrigeração. Este tanque pulmão tem função de conservar as propriedades do leite caso ele não seja enviado de forma imediata à próxima etapa do processo, como por exemplo, em casos de espera para a preparação dos fermentadores, ou para a necessidade de manutenção da linha nas etapas subsequentes ao mesmo, entre outros. Assim, o tanque pulmão só operará com refrigeração em casos de problemas, uma vez que o leite já possui a temperatura ideal para ser destinado aos fermentadores, que operam em paralelo, dessa forma sempre teremos um fermentador disponível para ser preenchido com a matéria prima do iogurte.

A empresa JOY fornece tanques com as características que o processo da ParanaLac necessita. Na Figura 37 pode-se observar o tanque pulmão adquirido pela empresa.

Figura 37 - Tanque pulmão.



Fonte: Joy (2019).

As principais características do tanque pulmão a ser adquirido constam no Quadro 9.

Quadro 9-Especificações técnicas para o tanque pulmão.

Nome do equipamento	Tanque Pulmão
Marca	JOY
Modelo	BZLG-2
Tensão (V)	220/380/440
Capacidade (L)	2000
Potência (kW)	6,7
Utilização	Tanque pulmão
Dimensões (mm)	3950 x 1550 x 1750
Peso Total (Kg)	460
Capacidade de Refrigeração (W)	15820
Material	Aço inoxidável SUS 304/316L
Local de Fabricação	Shanghai, China
Certificação	ISO 9001

Fonte: Adaptado de Joy (2019).

O tanque pulmão a ser adquirido também é da empresa JOY e possui um volume de 2000L, o qual será suficiente para atender as demandas do processo. É composto de Aço inoxidável, característica indispensável para o tipo de indústria abordado, e o Modelo BZLG-2 ainda possui um sistema de limpeza CIP e um

sistema de agitação, facilitando o controle e a limpeza desta etapa do processamento. Por fim, o tanque pulmão em questão utiliza poliuretano como material de isolamento térmico.

11.7 FERMENTADORES

Para a produção do iogurte ParanaLac necessita de 5 fermentadores com capacidade de 1000 L, operando em sistema batelada, nos quais terão sempre 4 fermentadores operando simultaneamente. A empresa Zhengzhou Megaplant Imp.&Exp.Co.,LTDA, de origem chinesa fornece um modelo de fermentador que supre a necessidade do processo da empresa. O modelo escolhido é mostrado na Figura 38.

Figura 38- Fermentador



Fonte: Megaplant (2019).

As características e especificações do fermentador escolhido estão apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10- Especificações dos Fermentadores.

Nome do equipamento	Fermentador
Material	SUS304
Fornecedor	Zhengzhou Megaplant Imp.&Exp.Co.,LTDA
Marca	OEM
Capacidade (L)	1500
Potência (KW)	24
Tensão (V)	220/380
Modo de refrigeração	Água fria
Modo de aquecimento	Elétrico
Potência do agitador (KW)	0,75
Velocidade do agitador (rpm)	36
Pressão de trabalho (Mpa)	0,09
Diâmetro do tanque (mm)	Ø1200-900
Diâmetro de entrada e saída (mm)	40
Peso (Kg)	380
Dimensões (mm)	1600-1600-2250

Fonte: Adaptado de Megaplant (2019).

O fermentador escolhido apresenta agitadores adequados tanto para obtenção de um produto uniforme e quanto para a mistura final da polpa no caso do produto de sabor morango. Seu corpo principal é feito de aço inoxidável 304, o qual é resistente à esterilização a vapor, tem certa flexibilidade na operação, minimiza os acessórios internos (evitar canto morto), tem forte atuação em transferência de energia, pode ser ajustado para facilitar a limpeza e reduzir a poluição, sendo apropriado para a produção de uma variedade de produtos e para reduzir o consumo de energia.

O fermentador possui uma função de controle de temperatura. Adota sistema asséptico para evitar e prevenir a poluição de microrganismos no ar e estender a vida útil e a pureza de seus produtos, que pode ser aquecido ou resfriado por aquecimento ou resfriamento médio, possui entrada e saída de água fria e quente, termômetro e CIP para limpar a cabeça de aspersão.

11.7.1 Cálculo do número de dornas

É de suma importância para a indústria determinar o número de fermentadores a serem utilizados no processo, devido ao seu alto custo e ao espaço que o mesmo ocupa dentro das instalações fabris da empresa. Assim, BORZANI sugeriu uma metodologia para o cálculo do número de dornas a fim de se manter a produção do iogurte constante em todo o processo de fermentação, considerando o mesmo como um processo descontínuo.

Os parâmetros a serem levados em consideração estão apresentados a seguir:

F – vazão média do líquido fermentado;

t_f – tempo necessário para que a fermentação ocorra completamente;

V – Capacidade útil de cada dorna;

D – Número de dornas, com capacidade útil V, necessária para garantir uma vazão F de líquido fermentado;

t_d – tempo necessário para se descarregar uma dorna;

t_e – tempo necessário para se limpar e carregar uma dorna.

O valor da vazão F depende de fatores, como por exemplo, a quantidade de produto final que se deseja produzir e o rendimento do processo, porém no caso da ParanaLac, F já está definido pelos balanços materiais e corresponde a um valor de 1000 L/h. O valor de t_f depende do processo de fermentação em questão, correspondendo a soma do tempo de fermentação completa de 4 horas, mais o tempo de atuação da enzima Lactase de 1 hora, resultando em um total de 5 horas. Já o tempo de descarga t_d é dado pela Equação 42.

$$t_d = \frac{V}{F} \quad (42)$$

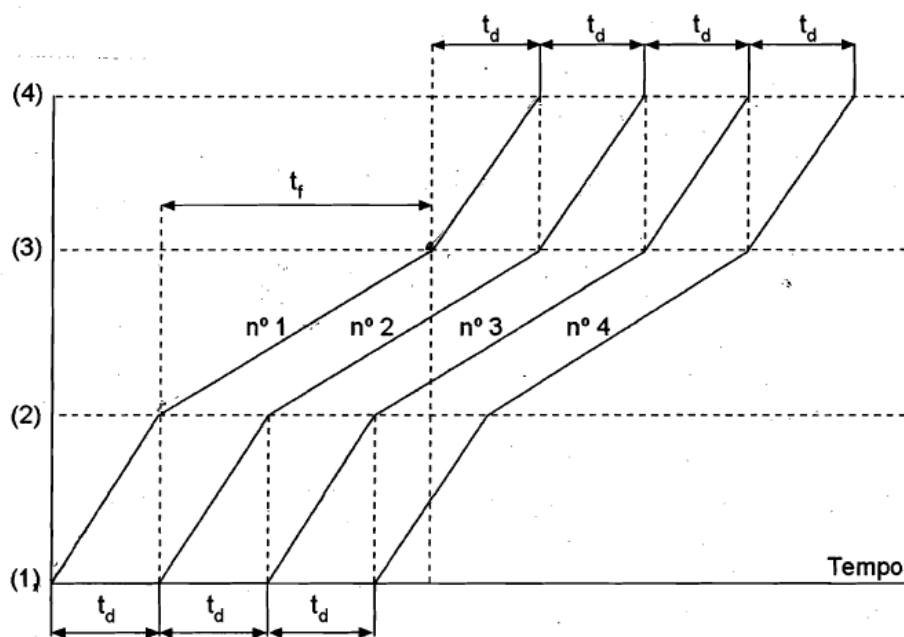
Onde V normalmente já é pré-estabelecida pelo fabricante da dorna de fermentação, como apresentado no tópico de dimensionamento e das especificações dos equipamentos do presente trabalho, resultando em um volume útil de 1500 L.

O valor de t_c varia de caso para caso, porém no dimensionamento de uma instalação, quando se pretende determinar o número de dornas a serem utilizadas (D), utiliza-se como ponto de partida a relação proposta pela equação 43.

$$t_c = t_d \quad (43)$$

Esta igualdade se dá para facilitar os cálculos do número de dornas, e pode ser obedecida em vários casos na prática industrial. Considerando uma dorna "1", no início de operação ela será limpa e carregada com o líquido a ser fermentado em um tempo t_d , em um tempo t_f todo o líquido será fermentado, e após um tempo t_d todo o fermentador será descarregado e o iogurte será encaminhado para a envasadora, para que não haja interrupções no processo de produção. Logo, assim que a dorna 1 acabar sua fermentação, uma outra dorna 2 já deverá estar cheia e iniciando seu processo de fermentação, o processo se repete até que todo o volume de leite seja completamente fermentado. Esquema representado pela Figura 39.

Figura 39 - Cronograma de funcionamento das dornas em um processo contínuo. (1) início do preparo do fermentador; (2) fim da alimentação; (3) fim da fermentação; (4) fim da descarga do fermentador.



Fonte: Borzani (2001).

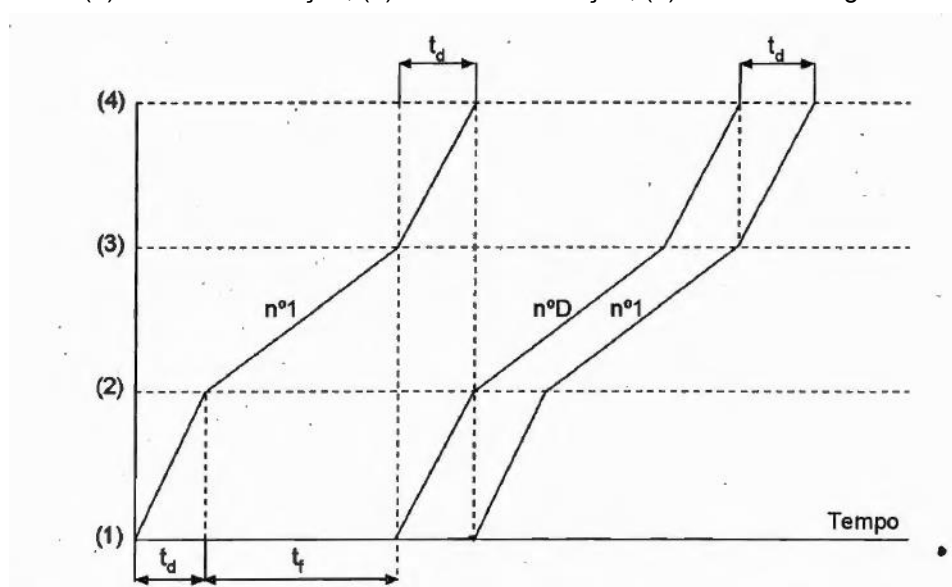
Portanto deverá existir um intervalo de tempo t_d separando o início de funcionamento entre dornas consecutivas. Considerou-se nos cálculos que no instante de tempo igual a zero, o primeiro fermentador começa a operar, e a próxima dorna "D" deverá começar sua operação no instante de tempo de $(D-1) \cdot t_d$. Porém, como indica a Figura 40 a dorna D deve iniciar sua operação no instante $t_d + t_f$, possibilitando então a igualdade proposta na Equação 44, que nos leva a expressão que nos permite determinar o número de dornas D a serem utilizadas no processo.

$$(D - 1) \cdot t_d = t_d + t_t \quad (44)$$

$$\therefore D = 2 + t_t/t_d$$

$$\therefore D = 2 + \left(\frac{F \cdot t_t}{D}\right)$$

Figura 40 - Cronograma de funcionamento das dornas 1 e "D", consecutivas. (1) início da preparação; (2) fim da alimentação; (3) fim da fermentação; (4) fim do descargue.



Fonte: Borzani (2001).

Para determinar o número econômico de dornas, definido como sendo o número de dornas de custo total mínimo capaz de atender as necessidades da instalação. Utiliza-se da Equação 45.

$$P = \rho \cdot D = k \cdot (F \cdot t_f)^a \cdot D / (D - 2)^a \quad (45)$$

Onde por definição D é igual ao número econômico de dornas, k e a são os parâmetros que dependem das condições econômicas locais no momento considerado, e P é o custo dos fermentadores. Porém a utilização da equação 45 somente é válida desde que não exista um critério que leve a atribuição de um valor para V , uma vez que a derivação da mesma resulta numa expressão que nos fornece o V econômico. Logo, não será calculado o volume útil econômico de

dornas, pois cada fermentador já possui uma capacidade estabelecida, conforme o tópico de dimensionamento e especificações dos equipamentos do presente trabalho.

Dessa forma, em posse da equação 44 e dos valores apresentados para as variáveis presentes na expressão em questão, tem-se que o valor de D será de 5 dornas de fermentação.

11.8 MÁQUINA DE ENVASE

A ParanaLac possui dois modelos de embalagem em seus produtos, os de 180g e de 900g, para satisfazer a necessidade da empresa, procurou-se um equipamento que suprisse o envase desses dois modelos. A empresa Zhangjiagang Radar Beverage Machinery LTDA foi escolhida como fornecedora da máquina de envase.

O modelo escolhido é apresentado na Figura 41.

Figura 41- Máquina de envase automática



Fonte: Radea (2019).

As características e especificações da máquina de envase estão dispostas no Quadro 11

Quadro 11- Especificação da máquina de envase.

Nome do equipamento	Máquina de envase automática
Função	Lavagem e enchimento de garrafa
Fornecedor	Zhangjiagang Radar Beverage Machinery.LTDA
Marca	Radea
Modelo	RCGF
Material	SUS 316
Potência	3,5 kW
Capacidade	2000-24000 bph
Certificação	CE ISSO
Modo de aquecimento	Elétrico
Diâmetro da abertura da garrafa	50-100 (mm)
Altura da garrafa	150-320 (mm)
Precisão do preenchimento	± 5 mm
Consumo de água de lavagem	2~2,5 m ³ /h
Potência do motor	10 kW
Peso	5000 Kg
Dimensões	3000x2800x2400 (mm)

Fonte: Adaptado de Radea (2019).

Esse modelo foi escolhido por desempenhar funções referentes às embalagens do produto final, sendo estas garrafas de plástico de 180 g com tampa de alumínio, e de 900g com tampa de plástico. Este equipamento de enchimento adota tecnologia de transmissão para realizar lavagem, enchimento e vedação totalmente automática. São adaptáveis as garrafas de plástico e vidro e as tampas de plástico, folha de alumínio e rolha metálica.

Cada elemento da máquina que tem contato com o líquido é feito de aço inoxidável de alta qualidade, tem vantagens da boa resistência à abrasão, alta estabilidade, baixa taxa de falhas.

11.9 VÁLVULAS

As válvulas em uma indústria, seja qual for, são tão importantes quanto os demais equipamentos, pois possibilitam um controle de cada corrente do processo e permitem a automação da linha de produção.

A empresa ParanaLac optou pela válvula solenoide em aço inoxidável, para as correntes entre equipamentos, a qual é eletromecânica controlada, sendo composta por duas partes principais: corpo da válvula e bobina solenoide. O corpo da válvula solenoide é composto pelo corpo, tampa, mola e diafragma. Ele tem a função mecânica no conjunto válvula solenoide (JEFFERSON, 2019).

Ela age de acordo com a passagem de uma corrente elétrica na bobina da válvula, gerando uma força no centro da bobina solenoide, fazendo com que o êmbolo da válvula seja acionado, abrindo a válvula solenoide, assim que a bobina perde energia o êmbolo volta para a posição inicial, fechando a válvula. Tem a possibilidade de ser controlada remotamente (JEFFERSON, 2019). Uma representação de uma válvula solenoide é apresentada na Figura 42.

Figura 42 - Válvula solenoide em aço inox.



Fonte: Jefferson (2019).

Segue no Quadro 12, as especificações da válvula solenoide.

Quadro 12-Especificações para válvulas.

Tipo de válvula	Solenoide
Marca	Jefferson
Diâmetro	De 1/8" a 3"
Conexões roscadas	NPT/BSP/Flange
Material	Aço inoxidável AISI304 ou AISI316
Tensão da bobina	220V/110V/12V/24V/125V
Pressão	Até 500 bar
Temperatura	220°C

Fonte: Adaptado de Jefferson (2019).

A válvula solenoide (Figura 43) pode ser utilizada também para as correntes de CIP e para correntes de água, porém optou-se pela válvula solenoide de polímeros, a fim de diminuir os custos de projeto.

Figura 43 - Válvula solenoide em PTFE.



Fonte: Jefferson (2019).

As especificações estão apresentadas no Quadro 13.

Quadro 13- Especificações para válvula.

Tipo de válvula	Solenóide
Marca	Jefferson
Diâmetro	De 1/8" a 3"
Conexões roscadas	NPT/BSP/Flange
Material	PVC, PP, PVDF e PTFE
Tensão da bobina	220V/110V/12V/24V/125V
Pressão	10 bar
Temperatura	240°C

Fonte: Adaptado de Jefferson (2019).

Para o armazenamento de leite ou iogurte nos tanques pulmão, a válvula gaveta (Figura 44) é necessária por sua aplicação não necessitar de um controle de vazão preciso, operando totalmente aberta ou totalmente fechada, proporcionando uma perda de carga baixa em comparação as demais válvulas (Jefferson, 2019).

Em seu funcionamento, ocorre o deslizamento de um disco por dentro do fluxo do fluido. O seu acionamento é semelhante ao de uma gaveta em um armário,

ou seja, o disco penetra no fluido o bloqueando, ou sai do fluxo e permite a fluidez (Unival, 2015).

Figura 44 - Válvula gaveta.



Fonte: Jefferson (2019).

As especificações para a válvula gaveta estão apresentadas no Quadro 14.

Quadro 14-Especificações para válvula.

Tipo de válvula	Gaveta
Marca	Jefferson
Diâmetro	De 1/2" a 12"
Conexões roscadas	NPT/BSP/SW/Flange
Material	Aço inoxidável
Pressão	2500 LBS
Temperatura	600°C

Fonte: Adaptado de Jefferson (2019).

Outra válvula importante para o processo é a válvula globo, que tem o intuito de regular o fluxo de cada corrente, assegurando para a linha um maior controle. Caso ocorra algum imprevisto na linha, pode-se fechar somente as válvulas globo, que antecedem as solenoides, evitando assim possíveis perdas no processo (JEFFERSON, 2019).

A válvula globo funciona com um anel sede e obturador, que divide o interior do tubo, geralmente paralelo ao comprimento do tubo. O anel sede contém uma abertura que é selada por meio de um disco ou uma ficha plana a ser empurrada

para baixo e para dentro da abertura, perpendicular ao tubo, para interromper o fluxo através do tubo (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2019). Na Figura 45 observa-se uma válvula globo.

Figura 45 - Válvula globo



Fonte: Jefferson (2019).

As especificações para a válvula globo estão apresentadas no Quadro 15.

Quadro 15-Especificações para válvula.

Tipo de válvula	Globo
Marca	Jefferson
Diâmetro	De 1/2" a 12"
Conexões roscadas	NPT/BSP/SW/Flange
Material	Aço inoxidável
Pressão	2500 LBS
Temperatura	600°C

Fonte: Adaptado de Jefferson (2019).

11.10 TANQUES DE ARMAZENAMENTO PARA SOLUÇÕES DE LIMPEZA

Para o armazenamento de soluções ácidas e alcalinas, bem como os sanitizantes, faz-se necessário os tanques de armazenamento, os quais se encontram em outro setor da planta industrial, separados, com o intuito de minimizar os riscos de acidentes. Logo, se optou pelo modelo SCG-W-5000 da marca SPX

(Figura 46, utiliza-se dois tanques para armazenagem da solução ácida, dois para a solução alcalina e dois para o sanitizante.

Figura 46 - Tanques de armazenamento.



Fonte: SPX (2019).

Todas as especificações dos tanques de armazenamento estão presentes no Quadro 16.

Quadro 16- Especificações técnicas para os tanques de armazenamento.

Nome do equipamento	Tanque de armazenamento (CIP)
Marca	SPX
Modelo	SCG-W-5000
Capacidade máxima (L)	5000
Utilização	Armazenagem de ácidos, bases e sanitizantes
Espessura (mm)	8
Material	Polipropileno
Local de fabricação	Jiangsu, China
Certificação	GMP, ISO 9001
Peso (kg)	60

Fonte: Adaptado de SPX (2019).

11.11 BOMBAS

Bombas são equipamentos para o deslocamento de fluidos líquidos, enquanto que para fluidos gasosos se utiliza os compressores.

Na ParanaLac, serão usadas as bombas de deslocamento positivo no processo produtivo, pois tanto o leite quanto iogurte não podem sofrer cisalhamento no transporte. Para o abastecimento de água e para a brigada de incêndio, são usadas bombas centrífugas normalizadas.

11.11.1 Bomba de deslocamento positivo

As bombas de deslocamento positivo, também chamadas de volumétrica, bombeiam os fluidos por impulsão.

A Bomba Helicoidal Asséptica NEMO (Figura 47) é empregada para aplicações assépticas e higiênicas na indústria alimentícia, para o bombeio contínuo com pressão estável, suave, de baixa pulsação e dosificação proporcional a velocidade.

Figura 47-Bomba Helicoidal Asséptica NEMO



Fonte: Netzsch (2019).

As especificações técnicas estão contidas no Quadro 17.

Quadro 17-Especificações técnicas das Bombas Helicoidal Asséptica NEMO.

Marca	NETZSCH
Modelo	Helicoidal Asséptica NEMO
Material	Aço inoxidável
Vazão	0-20m ³ /h
Pressão	10 bar
Motor	0,75 Kw
Tensão	220V/380V/440V
Rotação	0-960 RPM

Fonte: Adaptado de Netzsch (2019).

Este modelo foi escolhido devido as exigências presentes em relação a transferência no setor de produção, sendo vital evitar as forças de cisalhamento para que não ocorra separação da emulsão do leite e a perda da viscosidade do produto final. Além de ser projetada para aplicações de alta higiene no setor alimentício.

11.11.2 Bomba centrífuga

As bombas centrífugas funcionam a partir da força centrífuga, e necessitam de uma válvula de retenção, ou válvulas de pé, em sua extremidade inferior (na tubulação de sucção), permitindo que a região da bomba esteja sempre cheia, diminuindo o esforço mínimo de sucção da bomba.

A Bomba Centrífuga Schneider BC-21 (Figura 48) é uma Bomba Centrífuga com bocais com rosca BSP, motor elétrico IP-55, 2 Polos, 60 Hz bipartido, mono estágio, rotor fechado, bocal de sucção e recalque flangeados, bocais, lubrificação do mancal de rolamentos através de óleo.

Figura 48- A Bomba Centrífuga Schneider BC-21



Fonte: Schineider (2019).

As especificações técnicas da bomba centrífuga escolhida estão contidas no Quadro 18.

Quadro 18- Especificações técnicas da Bomba Centrífuga Schneider BC-21 R

Marca	Schneider
Modelo	Bc-21 R 1
Material	Ferro fundido G-15
Vazão	9,9-19,2 m ³ /h
Potência	1,1 kW
Tensão	220V/380V/440V
Rotação	1450-2900 RPM
Preço	R\$ 2124,71

Fonte: Adaptado de Schineider (2019).

Este modelo foi escolhido devido seu custo em relação a outras bombas mais equipadas e por exercer perfeitamente o trabalho de deslocamento de fluido com propriedades similares da água.

11.12 CONTAINER FRIGORIFICO PARA ARMAZENAMENTO DE PRODUTO

Empresas que trabalham com produtos perecíveis ou com necessidades específicas de temperatura podem contar com containers refrigerados para armazenar seus produtos, que são nada mais do que uma estrutura no formato retangular que se assemelha a um freezer.

A escolha por utilizar container e não câmaras frigoríficas, está relacionada diretamente a economia de aquisição dos containers, pois uma das principais vantagens de usar containers refrigerados é o preço, sendo significativamente baixo quando comparado com quando se tem a aquisição de câmaras frigoríficas. Outra questão importante é a possibilidade de desligar os containers que não estão sendo utilizados no momento, o que não pode ser feito com a câmara, mesmo que o volume estocado seja pequeno.

A maioria dos containers apresentarem capacidade térmica entre -25° e $+25^{\circ}\text{C}$, independente da temperatura externa, faixa essa, a temperatura de armazenamento do iogurte se adequa, já que deve ser mantido entre as temperaturas de 2 à 5°C .

Desta forma, para atender as necessidades de armazenamento dos produtos da ParanaLac, encontrou-se um container da empresa Termoking que está apresentado na Figura 49.

Figura 49 - Imagem ilustrativa do container refrigerado. (a) Características internas; (b) Características externas.



Fonte: Barros (2019).

As características e especificações do container escolhidos estão apresentadas no Quadro 19.

Quadro 19 - Especificação do container refrigerado.

Marca/ modelo	Carrier, termoking
Tipo de equipamento	Container refrigerado
Largura(m)	2,44
Comprimento(m)	12
Altura(m)	2,9
Capacidade máxima (ton)	50 dependendo do produto
Fluido refrigerante	R-134A
Tensão (v)	380
Peso (Kg)	1100
Origem	São Vicente, São Paulo
Preço total (custo, frete e instalação) (R\$)	15000

Fonte: Adaptado de Barros (2019).

De acordo com o fornecedor, o container é fabricado em aço inox com revestimento térmico em poliuretano injetado, piso em alumínio canaletado, possui unidade de refrigeração completa, com o equipamento de refrigeração acoplado ao container, em uma das suas extremidades, com duas portas para acesso ao interior no lado oposto ao maquinário, equipamento todo automático e computadorizado, pode ser instalado ao ar livre, não necessita de cobertura, e nem de obras de alvenaria, o que reduz seu custo de aquisição.

12 BALANÇO ENERGÉTICO DO PROCESSO PRODUTIVO

O balanço de energia é um estudo oriundo da termodinâmica, e tem como fundamento a aplicação da primeira lei da termodinâmica, sendo essencialmente o estabelecimento matemático do princípio da conservação da energia aplicada aos sistemas. Esta lei estabelece que embora a energia possa assumir diferentes formas, a quantidade de energia total é constante.

Na engenharia o balanço energético é muito utilizado para várias finalidades, sendo uma delas fornecer uma equação auxiliar ao balanço de massa e alcançar soluções para os sistemas, visando determinar variáveis de processos que sofre variações com a temperatura. Dessa forma, de acordo com Moran et al. (2013), aplicando o princípio da conservação de energia, para um sistema com volume de controle, o balanço de energia pode ser dado conforme a Equação 46.

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum_e \dot{m}_e \cdot \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + g \cdot Z_e \right) - \sum_s \dot{m}_s \cdot \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + g \cdot Z_s \right) \quad (46)$$

Sendo:

E – Energia do volume do controle no instante t.

\dot{Q} – Taxa líquida de calor.

\dot{W} – Taxa líquida de transferência de trabalho.

\dot{m}_e e \dot{m}_s – Vazões mássicas de entrada e saída do sistema.

h_e e h_s – Entalpias específicas dos fluidos nas condições de entradas e saídas do volume de controle.

V_e e V_s – velocidades de entrada e saída dos fluidos.

Z_e e Z_s – Alturas de entrada e saída.

Para fins dos cálculos do balanço de energia para a fabricação do iogurte, foram feitas algumas considerações em relação a Equação 46, sendo o trabalho, a energia cinética e potencial consideradas como desprezíveis e considerando que o processo opera em regime permanente, obtém-se a Equação 47.

$$\dot{Q} = \sum_s \dot{m}_s \cdot h_s - \sum_e \dot{m}_e \cdot h_e \quad (47)$$

Considerou-se também que as vazões de entradas e saídas em cada etapa do processo, exceto a etapa de fermentação e hidrólise enzimática da lactose são iguais, dessa forma, tem-se a Equação 48.

$$\dot{Q}_i = \dot{m}_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T \quad (48)$$

Sendo:

\dot{m}_i – Vazão mássica da corrente i.

C_{p_i} – Capacidade calorífica da corrente i.

ΔT – Variações de temperatura.

Para os cálculos realizados com a Equação 48, assume-se que Q como positivo quando o sistema (matéria prima) receber calor, e negativo quando transferir calor.

Ressalta-se que para o balanço de energia, considerou-se que não há calor dissipado das correntes para o meio externo, ou seja, todo calor é trocado apenas entre as correntes. Além disso, nem todos os equipamentos utilizados no processo possuem entradas e saídas de utilidades, portanto, o balanço energético foi realizado apenas nos equipamentos como tanques de armazenamentos, trocadores de calor e reatores para determinar as vazões mássicas de cada utilidade, seja para resfriamento ou aquecimento.

As utilidades frias e quentes do processo será a água pura gelada para resfriar, pois em caso de trincas ou furos, não haverá problemas de contaminação do leite e para o aquecimento será utilizado água quente.

Para aplicar as equações do balanço de energia estabeleceu uma vazão volumétrica de matéria prima de 4000 Litros por dia, a qual foi convertida em vazão mássica diária (Kg/dia). As propriedades específicas de cada fluido (água refrigerada, água quente e leite) estão dispostas no Apêndice F e outras considerações específicas para cada equipamento estão apresentados nos tópicos subsequentes.

12.1 BALANÇO DE ENERGIA PARA TANQUES DE ARMAZENAMENTO

O balanço de energia para os tanques de armazenamento, foram realizados apenas para fins de manutenção da temperatura desejada, pois devem ser isotérmicos, e para determinar a vazão mássica de utilidade fria necessária, considerou-se uma variação de temperatura.

A variação de temperatura está dentro do limite recomendado para a matéria prima do processo que consiste em manter em temperatura inferior a máxima permitida de 10 °C, porem adotou-se 4°C como temperatura de armazenamento ideal e orientada de manutenção do leite, pois de acordo com Bylund (2015) o desenvolvimento da flora microbiana fica praticamente estático por até 28 horas de armazenamento nesta temperatura.

Para efeitos de cálculos do balanço enérgico, considerou-se dois tanques de armazenamento, como anteriormente determinado no dimensionamento dos equipamentos. Dessa forma, a quantidade de calor liberada pela matéria prima nos tanques de armazenamento para o fluido de resfriamento pode ser calculada pela Equação 48.

$$\dot{Q}_{liberado} = \dot{m}_{leite} \cdot C_{p_{leite}} \cdot \Delta T \quad (48)$$

A vazão mássica do leite, foi determinada por meio da Equação 49 considerando-se 4000 Litros por dia, e um tempo de armazenamento de 24 horas e massa especifica de 1,0277 Kg/L.

$$\dot{m}_{leite} = \rho \cdot V \quad (49)$$

Em que, ρ é a massa especifica e V é o volume de leite armazenado.

De acordo com a Lei do Equilíbrio Termodinâmico, se dois corpos (A e B) estão separadamente em equilíbrio térmico com um terceiro corpo (C), então estes corpos estão em equilíbrio térmico entre si (JOHN; WYLEN, 1995)

Em outras palavras, quando dois ou mais corpos são colocados em contato, a energia térmica é transferida de um corpo para o outro até que ambos estejam em equilíbrio termodinâmico (quando não há mais transferência de calor). Assim, a quantidade de energia recebida por um corpo é igual à quantidade de energia cedida pelo outro. Partindo desse princípio, matematicamente, a Lei é escrita da seguinte forma para o balanço energético em questão (Equação 50).

$$\dot{Q}_{liberado} = \dot{Q}_{recebido} \quad (50)$$

Para determinar a quantidade de vazão mássica de utilidade fria necessária na etapa de armazenamento, considerou-se que a temperatura determinada de entrada no tanque de armazenamento se encontra em torno de 0,5 °C, temperatura esta que de acordo com Guglielmoni (2018) é ideal para atender o resfriamento do leite com temperatura máxima de 4°C sem aditivos anticongelantes. Sendo assim, determinou-se a vazão mássica pela Equação 51.

$$\dot{m}_{\text{água}} = \frac{\dot{Q}_{recebido}}{C_{P_{\text{água}}} \cdot \Delta T} \quad (51)$$

Os resultados obtidos no balanço de energia, para os tanques de armazenamento estão apresentados na Tabela 25.

Tabela 25-Balanço de energia para os tanques de armazenamento.

Corrente	Cp (KJ/Kg K)	T _{entrada} (°C)	T _{saída} (°C)	Q̇ (KJ/dia)	ṁ (Kg/dia)
Leite	3,93	10	4	9.6932,66	4.110,80
Água refrigerada	4,31	0,5	3	9.6932,66	8.996,07

Fonte: Autoria própria (2019)

De acordo com os resultados do balanço energético (Tabela 25) para os tanques de armazenamento, a vazão mássica total de utilidade requerida do sistema de refrigeração para conservar o leite a temperatura de 4°C é de 8.996,071 Kg por dia de armazenamento.

12.2 TROCADOR DE CALOR (PASTEURIZAÇÃO)

A ParanaLac possui um trocador de calor do tipo placas dividido em 3 seções, aquecimento, regeneração e resfriamento. Os trocadores são utilizados no processo de pasteurização, onde se aquece o leite até uma temperatura próxima da temperatura de ebulição e em seguida se aplica um choque térmico resfriando-o, esse processo destrói os microrganismos patogênicos do leite e os agentes que

possam competir com o fermento. Na seção de aquecimento é utilizada água quente a 95°C, havendo apenas calor sensível na troca térmica.

A Tabela 26 apresenta-se os valores das propriedades de utilidades para este setor.

Tabela 26-Propriedades das utilidades usadas no trocador de calor

Substância	Temperatura (°C)	Pressão (atm)	Cp _{médio} (kJ/kg.K)
Água quente	95	1	4,31
Água refrigerada	0,5	1	4,31

Fonte: Autoria própria (2019).

12.2.1 Seção de aquecimento

A seção de aquecimento consiste em aquecer o leite por meio de troca de calor entre fluidos, a água quente troca calor com o leite frio. Deste modo o leite a 4°C troca calor com a água quente a 95°C e sai a 72°C enquanto a água sai a 75°C.

Utilizou-se a Equação 48 para calcular o calor requerido para o leite se aquecer, como mostrado a seguir.

$$\dot{Q}_{requerido} = \dot{m}_{Leite} \cdot C_{P_{Leite}} \cdot \Delta T_{Leite} \quad (48)$$

Para sabermos a vazão de utilidade, temos que (Equação 50).

$$\dot{Q}_{requerido} = \dot{Q}_{fornecido} \quad (50)$$

Rearranjando a Equação 48 conseguimos calcular a vazão de utilidade, como mostra a Equação 51.

$$\dot{m}_{\acute{a}gua} = \frac{\dot{Q}_{fornecido}}{C_{P_{\acute{a}gua}} \cdot \Delta T_{\acute{a}gua}} \quad (51)$$

12.2.2 Seção de Resfriamento

Na seção de resfriamento se aplica o choque térmico no produto, o leite quente troca calor com o fluido de água refrigerada. Deste modo o leite que sai da

seção de aquecimento a 72°C troca calor com a água refrigerada a 0,5°C, resfriando-se e saindo do trocado a 4°C e a utilidade a 14°C.

A Equação 48 é utilizada para achar o calor liberado para abaixar a temperatura do leite a 4°C.

$$\dot{Q}_{\text{liberado}} = \dot{m}_{\text{Leite}} \cdot C_{P_{\text{Leite}}} \cdot \Delta T_{\text{Leite}} \quad (48)$$

Para sabermos a vazão de utilidade, temos que

$$\dot{Q}_{\text{liberado}} = \dot{Q}_{\text{recebido}} \quad (50)$$

Rearranjando a Equação 48 conseguimos calcular a vazão de utilidade, como mostra a Equação 51.

$$\dot{m}_{\text{água}} = \frac{\dot{Q}_{\text{recebido}}}{C_{P_{\text{água}}} \cdot \Delta T_{\text{água}}} \quad (51)$$

Os resultados dos cálculos para as seções de aquecimentos e resfriamentos estão dispostos na Tabela 27.

Tabela 27-Resultados do balanço energético no trocador de calor.

Seção	Corrente	T _{entrada} (°C)	T _{saida} (°C)	Q̇ (kJ/h)	Q̇ (kJ/dia)	ṁ (kg/h)	ṁ (kg/dia)
Aquecimento	Água quente	95	75	27.4642,55	109.8570,19	3.186,1	12.744,4
Aquecimento	Leite	4	72	27.4642,55	109.8570,19	1.027,7	4.110,8
Resfriamento	Água resf.	0,5	14	27.4642,55	109.8570,19	4.720,2	18.880,8
Resfriamento	Leite	72	4	27.4642,55	109.8570,19	1.027,7	4.110,8

Fonte: Autoria própria (2019).

12.3 INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA

A ParanaLac é uma empresa que se importa com o meio ambiente e seus recursos naturais, visando à melhoria contínua da qualidade ambiental de seus processos. Com essas razões a empresa aplicou a integração energética em seu processo.

Com o intuito de reduzir o emprego de insumos energéticos e tendo em vista a perspectiva de sustentabilidade, a integração energética consiste no

aproveitamento do calor liberado durante o arrefecimento das correntes quentes para o concomitante aquecimento das correntes frias (PERLINGEIRO, 2005).

A ParanaLac se comprometendo com sua missão e valores adquiriu um trocador que possui uma seção para recuperação de calor, denominada regenerador.

12.3.1 Seção de regeneração

Devido à necessidade do pré-aquecimento a 55 °C do leite cru para uma melhor eficiência no processo de clarificação do leite na centrifuga, utilizou-se a seção de regeneração para o aproveitamento do calor das correntes. Nesta seção, designada “regeneração”, o leite cru é pré-aquecido usando o leite quente em processo de pasteurização obtendo uma recuperação de calor. Logo o leite cru chega ao trocador de calor a 4°C e o leite em processo de pasteurização a 72°C, as correntes contracorrentes trocam calor para pré-aquecer o leite cru a 55 °C conforme as necessidades do processo, assim o leite cru sai a 55°C e o leite em processo de pasteurização pré-esfriado segue para seção de resfriamento.

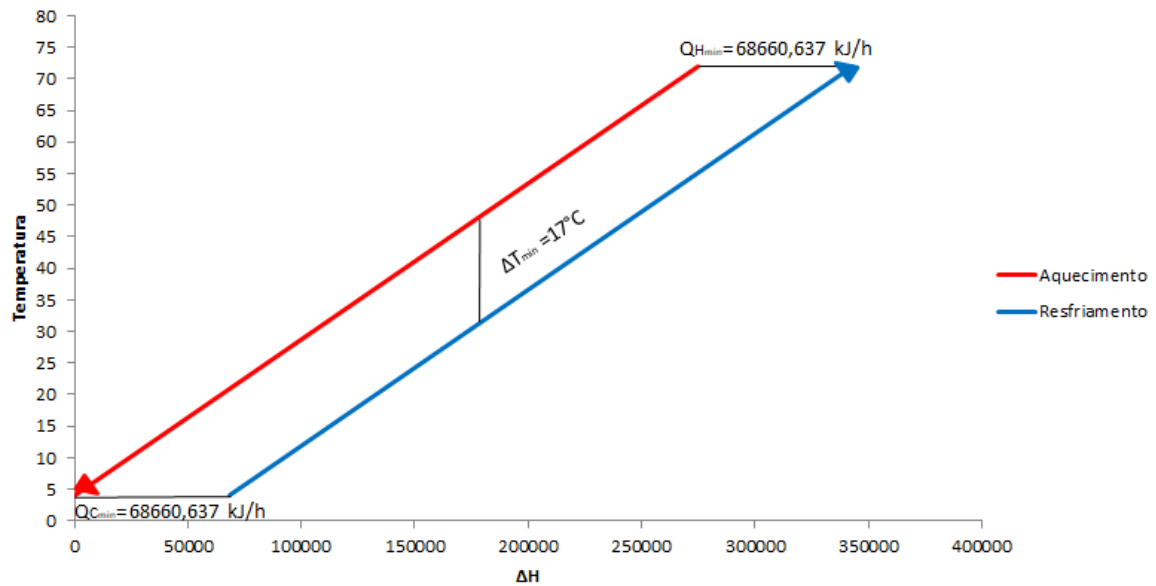
Utiliza-se a Equação 48 para calcular o calor trocado entre os leites.

$$\dot{Q}_{requerido} = \dot{m}_{Leite} \cdot C_{P_{Leite}} \cdot \Delta T_{Leite} \quad (48)$$

Para sabermos a vazão de leite frio requerido para pré-resfriar o leite em processo de pasteurização, temos (Equação 50).

$$\dot{Q}_{requerido} = \dot{Q}_{fornecido} \quad (50)$$

Com o valor do calor trocado foi possível plotar o gráfico de ΔH versus Temperatura (Figura 50), obtendo um ΔT_{\min} de 17°C, desta forma conseguimos obter a máxima temperatura que o leite em processo de pasteurização se resfria para se ter calor mínimo.

Figura 50 - Temperatura versus ΔH 

Fonte: Autoria própria (2019).

Por ser a mesma substância com C_p próximos, foi obtido duas retas paralelas, tendo ΔT constante. Como visto no gráfico, foi obtido um ΔT_{min} igual a 17 °C. Logo temos que o máximo que o leite quente se resfria para se obter um calor mínimo de 68660,637 kJ/h é de 21°C, que continua seguindo pelo trocador para seção de resfriamento.

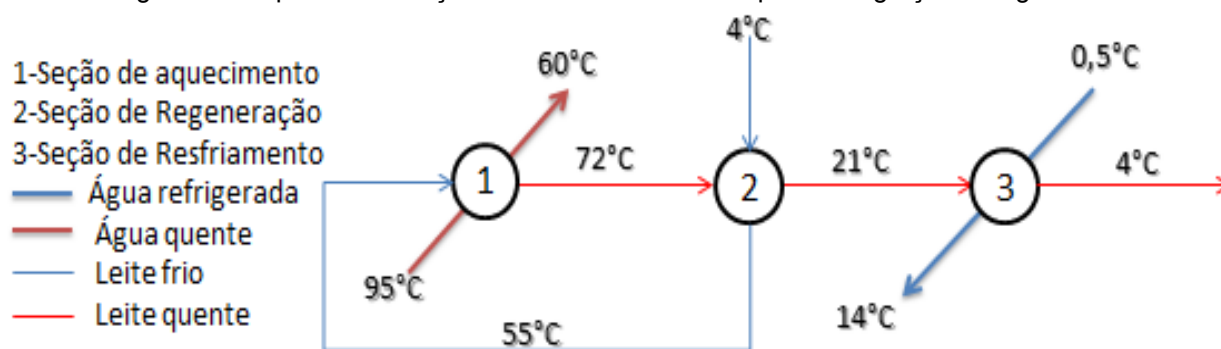
Com o valor de ΔT foi possível calcular a vazão mássica do leite pasteurizado utilizando a Equação 51.

$$\dot{m}_{\text{água}} = \frac{\dot{Q}_{\text{requerido}}}{C_{P_{\text{água}}} \cdot \Delta T} \quad (51)$$

Nas seções de aquecimento e resfriamento após implantação da integração energética ocorrem apenas mudanças nas temperaturas de entrada do leite, sendo na seção de aquecimento uma temperatura de 55°C e na seção de resfriamento a 21°C, as temperaturas de utilidades não sofrem alterações e os cálculos são semelhantes aos feitos anteriormente.

As modificações implantadas após a integração energética estão ilustradas na Figura 51, e os respectivas mudanças estão descritas na Tabela 28.

Figura 51-Esquema das seções do trocador de calor após a integração energética.



Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 28 - Dados de calor e vazão de utilidades após a implantação da integração energética.

Sessão	Corrente	T _{entrada} (°C)	T _{saida} (°C)	m (kg/h)	m (kg/dia)	Q(kJ/h)	Q(kJ/dia)
Aquecimento	Água quente	95	60	455,2	1820,6	68.660,64	274.642,55
Aquecimento	Leite	55	72	1.027,7	4.110,8	68.660,64	274.642,55
Regeneração	Leite frio	4	55	1.027,7	4.110,8	205.981,91	8.239.243.64
Regeneração	Leite quente	72	21	1.027,7	4.110,8	205.981,91	8.239.243.64
Resfriamento	Água ref.	0,5	14	1.180,0	4.720,2	68.660,64	274.642,55
Resfriamento	Leite	21	4	1.027,7	4.110,8	68.660,64	274.642,55

Fonte: Autoria própria (2019).

Com base na implantação da seção de regeneração do trocador de calor foi possível estimar a economia de utilidades no processo, dos quais são provenientes da caldeira elétrica de água quente e do Chiller industrial. Essa economia pode ser calculada pela razão das diferenças entres os calores antes e depois da implantação da integração pelo calor antes da integração energética, como mostra na Equação 52.

$$Economia\ de\ utilidade(\%) = \frac{Q_{sem\ integração} - Q_{com\ integração}}{Q_{sem\ integração}} \times 100 \quad (52)$$

Ao implantar a integração energética ao processo da ParanaLac foi possível se obter uma economia de cerca de 75% nas utilidades. A ParanaLac não utilizou rede de trocadores, essa econômica foi possível apenas adicionando uma seção a mais ao trocador de placas no intuito de recuperação de calor, desta forma a seção cumpre com as necessidades da empresa.

12.4 BALANÇO DE ENERGIA PARA OS FERMENTADORES

O balanço de energia para esta seção será dividido em três processos, que consiste no balanço energético no processo de fermentação, hidrólise enzimática e resfriamento, que serão discutidos nos tópicos a seguir.

12.4.1 Fermentação

A fermentação é um processo biológico que deve ser realizada em tanques com rígido controle de temperatura e pH, pois as duas bactérias responsáveis pela conversão do açúcar do leite (lactose) em ácido lácteo realizam o processo de fermentação láctea com eficiência máxima em pH e temperatura ao redor de ,8 e 38 °C para *Streptococcus thermophilus*, enquanto que o *Lactobacillus bulgaricus* estão compreendidos em 6,0 e 43 °C.

Uma vez que a mistura é resfriada a 4 °C na etapa anterior à da fermentação láctea, a mesma deve ser aquecida de utilidade quente, nos tanques de fermentação para propiciar as condições ótimas da fermentação láctea conduzidas pelas bactérias. A quantidade de calor necessária requerida para aquecer a mistura é calculada mediante Equação 48.

$$\dot{Q}_{requerido} = \dot{m}_{mistura} \cdot C_{p_{mistura}} \cdot \Delta T \quad (48)$$

Considera-se que a quantidade de calor que deve ser fornecida pelo sistema de aquecimento é igual ao calor requerido da mistura. Assim, a vazão mássica de utilidade quente é determinada pela Equação 51.

$$\dot{m}_{\text{água quente}} = \frac{\dot{Q}_{fornecido}}{C_{P_{\text{água quente}}} \cdot \Delta T} \quad (51)$$

Após a etapa de aquecimento da mistura, adiciona-se o fermento, e o balanço de energia nesta etapa é indicado por um termo do balanço energético para

projetos de reatores em estado estacionário, sendo representado pela Equação 53 (FOGLER, 2009).

$$\dot{Q} - \dot{W}_s + F_{AO(lactose)} * \left(\sum (\theta_i * C_{P_i}) \right) * (T - T_i) - F_{AO(lactose)} * X * \Delta H_{rx}(T) = 0 \quad (53)$$

Em que, X é a conversão global de reação, T a temperatura final de reação, T_i temperatura de referência, \dot{Q} sendo a taxa de calor, \dot{W}_s o trabalho de eixo, θ_i a proporção do componente i , C_{P_i} o calor específico do componente i , $F_{AO(lactose)}$ quantidade inicial de lactose, $\Delta H_{rx}(T)$ é a variação de entalpia na temperatura da reação.

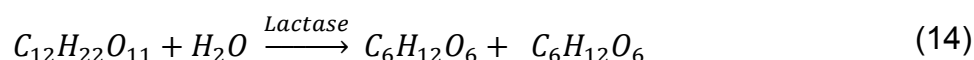
O processo deverá ser conduzido isotermicamente a uma temperatura ótima de propagação das leveduras (40°C), onde *Streptococcus* e *Lactobacilos* trabalham em equilíbrio (CIÊNCIA DO LEITE, 2014a). Sendo assim, considerou-se que as perdas de calor do tanque inoculador para o ambiente são desprezíveis, sem agitação do meio e o processo em batelada. A partir dessas considerações a Equação 53 é simplificada e o balanço energético para a etapa de incubação é dado pela Equação 54.

$$\dot{Q} = F_{AO(lactose)} * X * \Delta H_{rx}(T) \quad (54)$$

Para determinar a taxa de calor da reação, considerou-se os valores determinados no balanço de massa para conversão de 0,68 e a vazão mássica inicial de lactose dadas em mol/dia de 748,76. O termo da variação de entalpia, é calculada conforme Equação 55.

$$\Delta H_{rx}(T) = \Delta \dot{H}_{rx}(T_r) + \Delta C_p * (T - T_r) \quad (55)$$

Em que, $\Delta \dot{H}_{rx}(T_r)$ é a variação de entalpia padrão da reação na temperatura de referência a 298 k (Kelvin) e ΔC_p a variação de calor específico, no qual considerou-se desprezível. Assim, a variação de entalpia de reação foi determinada mediante as entalpias padrões de formação das reações simplificadas da quebra da lactose pelas as enzimas produzidas pelas culturas (Equação 14) e reação global da fermentação láctea, pela conversão da glicose à ácido láctico. (Equação 56).



Desse modo, $\Delta\dot{H}_{rx}(T_r)$ é obtida para cada reação respectivamente pelas Equações 57 a 58.

$$\Delta\dot{H}_{rx(1)}(T_r) = (\dot{H}_f \text{ glucose} + \dot{H}_f \text{ galactose}) - (\dot{H}_f \text{ lactose} + \dot{H}_f \text{ água}) \quad (57)$$

$$\Delta\dot{H}_{rx(2)}(T_r) = 2 * \dot{H}_f \text{ ácido lático} - \dot{H}_f \text{ glucose} \quad (58)$$

Substituindo os valores disponíveis na literatura (Apêndice F) das entalpias de formação padrão para cada composto representadas na Tabela 29.

Tabela 29- Entalpias de formação padrão dos compostos

Composto	Fórmula	$\dot{H}_{f(298)}$ (KJ/mol)
Lactose	$C_{12}H_{22}O_{11}$	-2.242,11
Glicose	$C_6H_{12}O_6$	-1.267,11
Galactose	$C_6H_{12}O_6$	-1.152,53
Ácido Láctico	$C_3H_6O_3$	-671,14
Água	H_2O	-286,03

Fonte: Autoria própria (2019)

Verificou-se que a variação de entalpia padrão de reação (Equação 57 e 58), descrita na Equação 14 é endotérmica ($\Delta\dot{H}_{rx(1)}(298)=108,5$ KJ/mol) e a reação descrita pela Equação 52 é exotérmica ($\Delta\dot{H}_{rx(2)}(298)= -75,15$ KJ/mol), conseqüentemente, nessa etapa, ocorre a liberação de energia, que poderia ser utilizado como fonte de calor para o meio reacional. Entretanto, para uma operação isotérmica ($T=40,0^\circ\text{C}$) nos reatores, objetivando otimizar a atividade fermentativa, os mesmos iram dispor de fluido de aquecimento proveniente do setor de utilidades da unidade industrial.

Assim, a vazão de utilidade foi determinada analogamente a etapa anterior de aquecimento da matéria prima, sendo o calor requerido na etapa de incubação

igual ao calor transferido pelo fluido de aquecimento. Desta forma, a vazão mássica de utilidade é indicada conforme Equação 51.

$$\dot{m}_{\text{água quente}} = \frac{\dot{Q}_{\text{fornecido}}}{C_{P_{\text{água quente}}} \cdot \Delta T} \quad (51)$$

Embora a vazão mássica e temperatura de saída do fluido de aquecimento não seja constante, devido à cinética de reação, considerou-se que água quente entra a 95 °C e sai a 70 °C. Deste forma, as vazões mássicas das correntes pertencentes as duas etapas de aquecimento, bem como as informações de temperatura de entradas e saídas e calor específico estão ilustradas na Tabelas 30, representando a quantidade total de matéria prima, calor e vazão mássica para os quatros reatores em operação.

Tabela 30-Resultado do balanço energético no fermentador.

Etapa	Corrente	Cp (kJ/kg.K)	T _{entrada} (°C)	T _{saída} (°C)	Q̇ (kJ/dia)	ṁ(Kg/dia)
Aquecimento mistura	Água quente	4,31	95	70	539.732,90	2.782,85
Aquecimento mistura	Mistura	3,95	4	40	539.732,90	3.795,59
Fermentação	Água quente	4,31	95	70	16.970,16	157,50
Fermentação	Mistura	3,95	40	40	16.970,16	3.795,59

Fonte: Autoria própria (2019).

Como a operação de incubação irá ocorrer em um período de 4 horas, a vazão mássica média requerida de aquecimento para cada reator será igual a 9,84 kg/h. No entanto, vale ressaltar que o processo de aquecimento para essa etapa, não será constante, uma vez que a taxa de reação varia ao longo do tempo, devido a isso, como mencionado anteriormente a importância dos reatores possuir um sistema de controle.

12.4.2 Hidrólise enzimática

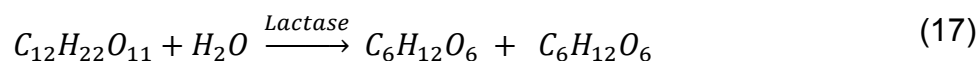
O balanço energético para o processo de hidrólise enzimática da lactose é análogo ao da fermentação. No entanto, após a fermentação o iogurte ainda com lactose deve ser resfriado de 40 °C para 30 °C, temperatura indicada para adição da enzima lactase, como também cessar os prováveis desenvolvimentos das bactérias lácteas e conseqüentemente, interromper a produção de ácido lácteo (REIS, 2011). Logo, o calor liberado para o fluido de resfriamento para abaixar a temperatura, obteve-se por meio da Equação 48.

$$\dot{Q}_{\text{liberado}} = \dot{m}_{\text{iogurte}} \cdot C_{p_{\text{iogurte}}} \cdot \Delta T \quad (48)$$

Pela lei do equilíbrio térmico considera-se que essa quantidade liberada é igual a quantidade de calor que deve ser absorvido pelo fluido de resfriamento. Assim, a vazão mássica de utilidade fria é determinada pela Equação 51.

$$\dot{m}_{\text{água}} = \frac{\dot{Q}_{\text{recebido}}}{C_{p_{\text{água}}} \cdot \Delta T} \quad (51)$$

Após a etapa de resfriamento, adiciona-se a enzima lactase e analogamente a fermentação esse processo é conduzido isotermicamente a temperatura de 30 °C e a partir da Equação 54 tem-se a taxa de calor da reação de hidrólise enzimática (Equação 17).



$$\dot{Q} = F_{AO(\text{lactose})} * X * \Delta H_{rx}(T) \quad (54)$$

Em que, os valores determinados no balanço de massa para conversão ($X=1$) de 100% de lactose em açúcares (Equação 17), $F_{AO(\text{lactose})}$ vazão molar inicial de lactose que não foi convertida na etapa de fermentação de 234,49 mol/dia, e $\Delta H_{rx}(T)$ sendo determinada conforme Equação 59 que correlaciona as entalpias de formação padrão das substâncias da reação representada pela Equação 17, considerando a variação de calor específico desprezível.

$$\Delta H_{rx}(T) = \Delta \dot{H}_{rx}(T_r) = (\dot{H}_f \text{ glicose} + \dot{H}_f \text{ galactose}) - (\dot{H}_f \text{ lactose} + \dot{H}_f \text{ água}) \quad (55)$$

Substituindo os valores de entalpia padrão de formação de cada compostos na Equação 55 disponíveis no Apêndice F a reação descrita pela Equação 17 é endotérmica, apresentando variação de entalpia de reação igual a 108,5 KJ/mol. Deste modo, para manter o sistema isotérmico (T=30 °C) os reatores para essa etapa irão dispor de utilidade quente, no qual a sua vazão mássica é determinada mediante Equação 51.

$$\dot{m}_{\text{água quente}} = \frac{\dot{Q}_{\text{fornecido}}}{C_{P_{\text{água quente}}} \cdot \Delta T} \quad (51)$$

Assim, a quantidade de energia que deve ser fornecida, temperatura de entradas e saídas de cada corrente, como também as vazões mássicas para o processo de hidrólise enzimática nos reatores estão ilustradas na Tabela 31.

Tabela 31- Resultados do balanço energético para hidrólise da lactose.

Etapa	Corrente	Cp (kJ/kg.K)	T_{entrada} (°C)	T_{saida} (°C)	Q̇ (kJ/dia)	m(Kg/dia)
Resfriamento	Água resfriada	4,31	0,5	20	151.265,98	1.801,01
Resfriamento	Iogurte com lactose	3,95	40	30	151.265,98	3.832,05
Hidrólise	Água quente	4,31	95	70	25.265,95	234,49
Hidrólise	Iogurte com lactose	3,95	30	30	25.265,95	3.832,05

Fonte: Autoria própria (2019).

Para etapa de hidrólise enzimática estimou-se um tempo de batelada baseado no trabalho desenvolvido por Hoshino (2009) que obteve conversão da lactose do leite em 3 horas de batelada para o leite que apresenta 4,6 %, considerando que o iogurte apresenta 2,1 %, valor determinado no balanço de massa, estimou-se um tempo de batelada de aproximadamente 1 hora. Logo, a vazão mássica média requerida de aquecimento para cada reator será igual a 58,62 kg/h, que analogamente a etapa de fermentação, em que a taxa de reação também

varia ao longo do tempo, para esta etapa a vazão de utilidade de aquecimento não será fornecida constantemente.

12.4.3 Resfriamento do iogurte

Após a etapa de hidrólise enzimática é recomendado que se faça o arrefecimento do iogurte antes de ser envasado, aumentando assim a durabilidade do produto. No entanto, deve ser realizado em duas etapas, para evitar o choque térmico, pois o resfriamento muito rápido pode provocar a separação de soro no iogurte (ROBERT,2008).

A primeira etapa consiste em abaixar a temperatura a 20 °C em, no máximo, 30 minutos. De acordo com Reis (2011) pode-se fazer a essa mesma temperatura a adição de ingredientes como a polpa de frutas, que devem ser homogeneizadas no iogurte.

Na segunda etapa deve-se fazer o resfriamento a 10 °C. Esse processo é empregado para os dois tipos de iogurte que serão produzidos pela ParanaLac. Assim a quantidade de calor que deve ser retirada nas duas etapas é determinada mediante a Equação 48.

$$\dot{Q}_{\text{liberado}} = \dot{m}_{\text{iogurte}} \cdot C_{p_{\text{iogurte}}} \cdot \Delta T \quad (48)$$

Analogamente, como em todas as etapas de resfriamento anteriormente apresentadas, o calor liberado é igual ao calor absorvido pela corrente de utilidade fria. Assim, a vazão mássica de fluido de refrigeração é determinada pela Equação 51.

$$\dot{m}_{\text{água}} = \frac{\dot{Q}_{\text{recebido}}}{C_{p_{\text{água}}} \cdot \Delta T} \quad (51)$$

A Tabela 32 apresenta os resultados do balanço de energia para o resfriamento requerido para os dois tipos de iogurtes a serem produzidos.

Tabela 32-Resultado do balanço energético no resfriamento do iogurte

Etapa	Corrente	Cp (kJ/kg.K)	T _{entrada} (°C)	T _{saída} (°C)	Q̇ (kJ/dia)	m(Kg/dia)
30-20	Água resfriada	4,31	0,5	15	151.367,00	2.422,07
	logurte natural	3,95	30	20	151.367,00	3.832,08
20-10	Água resfriada	4,31	0,5	15	164.007,00	2.624,32
	logurte com sabor	3,95	20	10	164.007,00	4.152,08
	Água resfriada	4,31	0,5	15	151.367,00	2.624,32
	logurte natural	3,95	20	10	151.367,00	3.832,08

Fonte: Autoria própria (2019).

13 UTILIDADES PARA O PROCESSO PRODUTIVO

Nessa seção será apresentado o dimensionamento dos sistemas de utilidades de refrigeração e aquecimento, bem como suas especificações. Para realização do mesmo, levou-se em consideração os dados obtidos por meio do balanço de energia realizados anteriormente, no qual determinou-se as vazões mássicas requeridas de cada sistema. Assim na Tabela 33 apresenta um resumo da quantidade diária necessária de utilidade para um sistema de operação em regime permanente.

Tabela 33-Quantidade diária necessária de utilidade

Utilidade	Temperatura (°C)	Q̇ (kJ/dia)	m(Kg/dia)
Água refrigerada	0,5	838.315,50	20.563,64
Água quente	95	856.611,60	7.221,74

Fonte: Autoria própria (2019).

Deste modo, os sistemas de utilidades estão apresentados a seguir.

13.1 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

O setor de laticínios está entre aqueles que mais dependem de uma refrigeração eficiente para o processo de fabricação e armazenamento dos produtos.

Logo, os sistemas com água gelada são amplamente utilizados, sejam destinados para aplicações de ar condicionado ou para processos industriais.

Esses sistemas utilizam unidades compactas para resfriamento de água gelada, conhecido como unidade Chiller que são equipamentos com ciclo de refrigeração completo, em circuito fechado, montados em base compacta única e que necessitam apenas de interligações hidráulicas e elétricas para se integrarem ao sistema (BRASIL, 2017). Para uma melhor compreensão desse sistema de refrigeração industrial na Figura 52 é apresentado um sistema de unidade Chiller.

Figura 52- Imagem ilustrativa de unidade Chiller industrial



Fonte: Snowkey (2019).

Para atender a demanda de utilidade fria, a indústria ParanaLac utilizará um sistema de refrigeração Chiller com as seguintes especificações apresentadas no Quadro 20, sendo estas especificações superiores ao que foi determinado no balanço energético, devido algumas variações que podem acontecer durante o processo, visto que o balanço de energia fornece uma média dos valores de utilidades.

Quadro 20-Especificação do sistema de refrigeração

Marca/ modelo	Snowkey ICW36
Tipo de equipamento	Chiller Industrial
Largura(m)	1,5
Comprimento(m)	2,6
Altura(m)	2,1
Fluido refrigerante	Amônia
Tensão (v)	240
Capacidade de refrigeração (KW)	74,4
Total de energia elétrica (KW)	22,5
Fluxo de água de gelada (Kg/h)	300 – 1500
Capacidade refrigeração de água gelada (Kg/dia)	36.000
Temperatura água de entrada (°C)	46
Temperatura água de saída (°C)	0,5
Certificação	ISO 9001/ ISSO 14000
Peso (Kg)	1100
Origem	Fujian, China

Fonte: Adaptado de Sonowkey (2019).

Além das especificações acima (Quadro 20) o sistema de configuração ICW, conta com sensores de temperatura e pressão, unidade de compressor de refrigeração semi-hermético parafuso, condensador evaporativo com dupla velocidade dos ventiladores e um tanque de termocumulação. Nesses sistemas, durante o período de baixa carga térmica ou não havendo demanda alguma de resfriamento, o chiller é ajustado para resfriar o tanque de termoacumulação (Brasil, 2017). A energia térmica acumulada pode ser utilizada durante o período noturno o que permite o desligamento do chiller (com apenas as bombas de água gelada circulando entre o tanque de água gelada e os tanques de armazenamento), proporcionando a redução substancial da demanda do consumo de energia elétrica no período de ponta (maior tarifa de energia).

13.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO

A ParanaLac possui uma caldeira elétrica de água quente em sua planta para as operações que se necessita de aquecimento. Por trabalhar com microorganismos sensíveis a alta temperatura, a empresa optou por utilizar água

quente em seus processos de aquecimento ao invés de vapor, pois segundo Fermentec (2014), a fermentação acima de 42 °C o lactobacilos, responsável pela formação de acidez, começa a crescer em uma proporção maior que o estreptococos que é o responsável pela formação de viscosidade ocasionando um produto menos viscoso.

A caldeira elétrica de água quente é um equipamento que fornece água quente para o processo como fonte de calor. O aquecimento ocorrer por resistências elétricas, sem variação de pressão. O material do corpo interno da caldeira é de aço carbono com tratamento anti-corrosivo em epóxi.

A caldeira elétrica de água quente da Taiguo supre todas as necessidades da planta. Sua ilustração e especificações estão dispostas na Figura 53 e Quadro 21.

Figura 53-Ilustração da Caldeira elétrica de água quente



Fonte: Taiguo (2019)

Quadro 21-Especificações da caldeira elétrica de água quente

Nome do equipamento	Caldeira de água quente
Marca	Yincheng/Taiguo
Fornecedor	Henan Taiguo Boiler Manufacture Co., LTDA
Temperatura de saída	95°C
Vazão máxima	7159,43 kg/h
Potência	300 kW
Tensão	220/380 V
Modo de aquecimento	Elétrico
Pressão de trabalho	Atmosférica
Peso	12400 kg
Dimensões	7850 X 2750 X 3570 (mm)

Fonte: Adaptado de Taiguo (2019)

14 DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO DA PARANALAC – INDÚSTRIA LTDA.

O diagrama de fluxo do processo (PFD – *Process Flow Diagram*) contém a maioria das informações necessárias para um engenheiro químico ou de processos, realizar o projeto de um processo químico em geral. O PFD de duas indústrias que utilizam o mesmo processo, irá provavelmente possuir leves diferenças de informações, dito isso, podemos dizer que todos PFD possuem informações similares. Um PFD geralmente contém (BHATTACHARYYA et al., 2012):

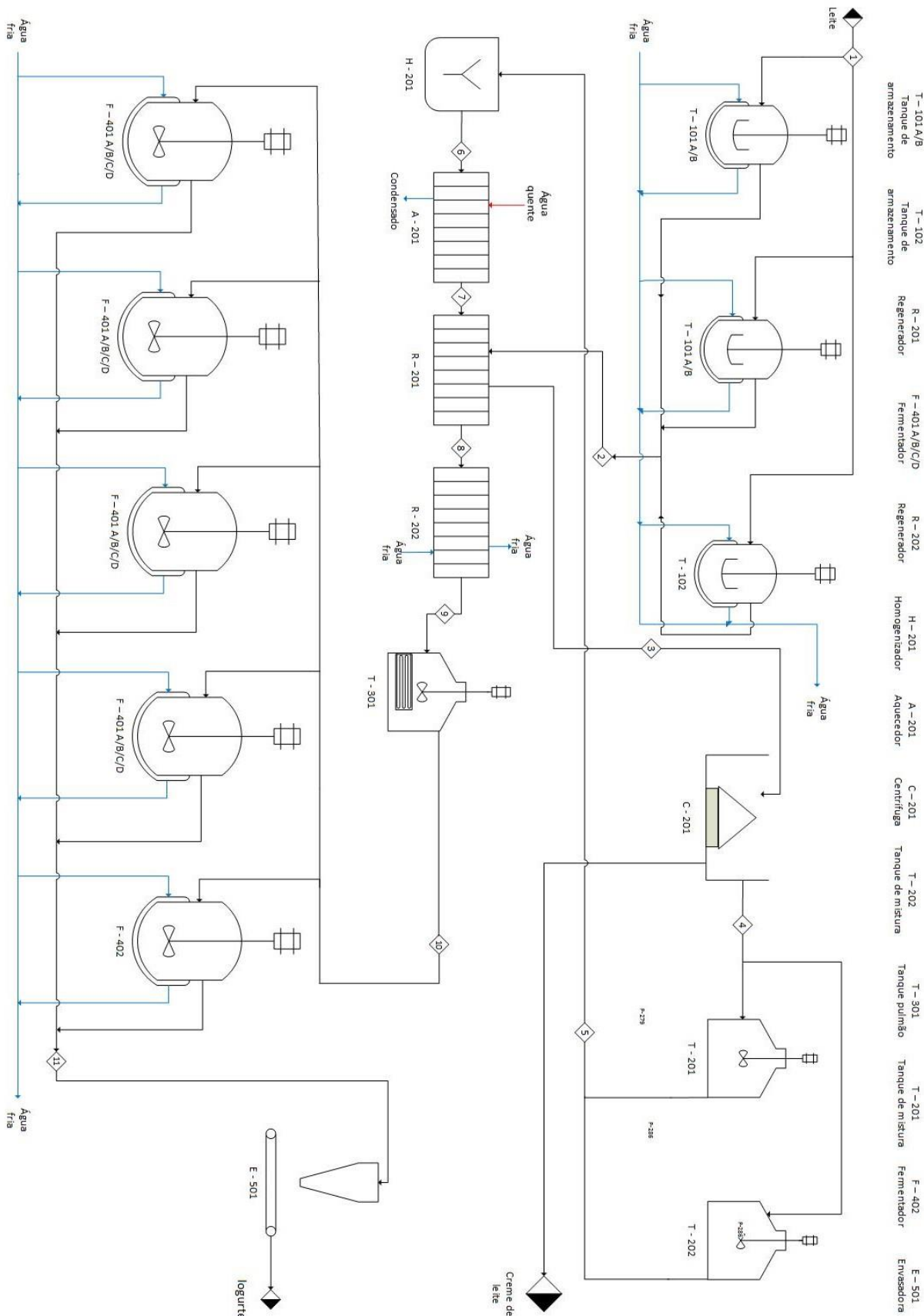
- Todos os principais equipamentos utilizados no processo, juntamente com a descrição de cada equipamento, no caso, feita anteriormente.
- Um número e um nome descritivo específico para cada equipamento.
- Todas as correntes do processo identificadas com número.
- As correntes e as descrições das condições de operação das mesmas, juntamente com suas composições.
- Todas as correntes de utilidades utilizadas nos principais equipamentos do processo.

Dessa forma, as informações fornecidas por um PFD podem ainda ser categorizadas de três formas, sendo elas: a topologia do processo, demonstrando o “esqueleto” do processo realizado; as informações das correntes, trazendo os dados de operação e composição das mesmas; e por fim, as informações de cada equipamento (BHATTACHARYYA et al., 2012), que no presente trabalho, como citado anteriormente, estão descritos em um dos capítulos anteriores.

Um PFD possui diversos propósitos e benefícios, sendo um documento que possibilita a melhora do entendimento, do controle de qualidade, da eficiência do processo em si, ajudando a identificar passos desnecessários, gargalos e algumas outras ineficiências que podem estar presentes no processo industrial; e também auxiliando na operação do processo por meio de treinamentos dos funcionários, além de possibilitar ainda a utilização de diagramas que comunicam e colaboram de forma mais clara as funções dentro ou fora da empresa (LUCIDHART, 2019).

Logo, o diagrama de fluxo do processo da empresa ParanaLac – Indst. Ltda., desenvolvido no *software* Visio da marca Microsoft, está representado na Figura 54, e para melhor visualização também disponível para o acesso em nuvem pelo link: <encurtador.com.br/vHNT5>.

Figura 54 - Diagrama de fluxo do processo da ParanaLac _ Indst. Ltda.



Fonte: Autoria própria (2019).

Complementando as informações necessárias do PFD abordado, tem-se a Tabela 34, que aborda dados pertinentes das correntes do processo, como temperatura, pressão, vazão mássica total e de cada componente que as compõem. Na tabela apresentada, as correntes 11A e 11B se referem respectivamente as linhas de produção de iogurte natural sem Lactose e as de iogurte sabor morango sem Lactose, que não serão produzidas de forma simultânea, ou seja, a empresa adaptará os dois possíveis produtos finais de acordo com a demanda do mercado.

Tabela 34 – Informações complementares do PFD da empresa ParanaLac apresentado anteriormente.

Número da corrente	1	2	3	4	5	6
Temperatura (°C)	4	4	55	55	55	55
Vazão Mássica (Kg/dia)	4110,80	4110,80	4110,80	3646,10	3795,59	3795,59
Vazão mássica por componente						
Água (Kg/dia)	3588,73	3588,73	3588,73	3309,90	3314,28	3314,28
Gordura (Kg/dia)	180,88	180,88	180,88	18,23	19,11	19,11
Proteína (Kg/dia)	139,77	139,77	139,77	128,15	177,74	177,74
Lactose (Kg/dia)	189,10	189,10	189,10	177,48	256,53	256,53
Cinzas (Kg/dia)	28,78	28,78	28,78	28,78	40,73	40,73
Espessante (Kg/dia)	-	-	-	-	3,65	3,65
Sólidos totais (Kg/dia)	538,53	538,53	538,53	352,64	497,76	497,76
Número da corrente	7	8	9	10	11A	11B
Temperatura (°C)	72	21	4	4	10	10
Vazão Mássica (Kg/dia)	3795,59	3795,59	3795,59	3795,59	3832,08	4152,08
Vazão mássica por componente						
Água (Kg/dia)	3314,28	3314,28	3314,28	3314,28	3300,78	3593,49
Gordura (Kg/dia)	19,11	19,11	19,11	19,11	19,11	19,11
Proteína (Kg/dia)	177,74	177,74	177,74	177,74	177,74	251,34
Lactose (Kg/dia)	256,53	256,53	256,53	256,53	0,00	0,00
Cinzas (Kg/dia)	40,73	40,73	40,73	40,73	40,73	40,73
Espessante (Kg/dia)	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65
Açúcares (Kg/dia)	-	-	-	-	176,97	198,73
Ac. Lacteo (Kg/dia)	-	-	-	-	93,06	93,06
Fermento (Kg/dia)	-	-	-	-	36,46	36,46
Enzima (Kg/dia)	-	-	-	-	0,03	0,03
Fibra (Kg/dia)	-	-	-	-	0,00	4,80
Sólidos totais (Kg/dia)	497,76	497,76	497,76	497,76	547,75	647,91

Fonte: Autoria própria (2019).

15 ANÁLISE ECONÔMICA

15.1 INVESTIMENTOS

A análise econômica da ParanaLac Ltda tem o intuito de ver se a empresa será economicamente viável. Para o faturamento pretendido da mesma foi realizado um levantamento de todos os investimentos iniciais para a operação da indústria, bem como a aquisição do terreno, equipamentos, mobília de escritórios, construção civil da planta industrial, custo do processo (como energia elétrica e água), matéria prima, impostos, o capital de giro da empresa, funcionários e empresas terceirizadas (como o escritório de advocacia e o escritório de contabilidade). Os dados para o investimento inicial estão apresentados na Tabela 35 a seguir.

Tabela 35 - Investimentos iniciais.

Descrição	Valor (R\$)
Terreno	470.000,00
Construção civil	964.264,56
Tanques de armazenamento	169.743,00
Centrífuga	47.441,64
Tanque de mistura	71.719,50
Homogeneizador	26.879,40
Trocador pasteurizador	60.000,00
Bombas de deslocamento Positivo	33.126,60
Tanque pulmão	9.042,00
Fermentador	246.600,00
Máquina de envase	82.200,00
Containers	30.000,00
Utilidades	271.371,93
ETE	978.047,89

Fonte: Autoria própria (2019).

Logo todos os investimentos com equipamentos utilizados no processo, custo com a construção e a aquisição do terreno totaliza o valor de R\$ 3.629.568,62.

15.2 DESPESAS

Para o cálculo das despesas da indústria é necessário conhecer os gastos energéticos de cada equipamento, o consumo de água em cada etapa, os custos de insumos em geral da indústria, os salários dos funcionários, os gastos com manutenção dos equipamentos e as empresas terceirizadas relacionadas à ParanaLac Ltda, os valores da tarifa do custo de energia elétrica são fornecidos pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), foram utilizado nos cálculos um valor médio entre a tarifa azul (tarifa mínima) e a tarifa verde (tarifa máxima), de R\$ 0,90 por kW. Os valores do custo energético dos equipamentos estão apresentados na Tabela 36 a seguir.

Tabela 36 - Custos de energia.

Equipamento	Quantidade	Energia elétrica requerida (kWh)	Custo de energia total mensal (R\$)	Custo de energia total anual (R\$)
Caldeira	1	1250	33.735,94	404.831,25
Tanque de armazenamento	2	72	1.943,19	23.318,28
Centrífuga	1	16	431,82	5.181,84
Trocador de calor	1	440	11.875,05	142.500,60
Tanque de mistura	1	3	80,97	971,60
Homogeneizador	1	30	809,66	9.715,95
Pasteurizador	1	20,8	561,37	6.736,39
Tanque pulmão	1	13,4	361,65	4.339,79
Fermentador	4	99	2.671,89	32.062,64
Máquina de envase	1	54	1.457,39	17.488,71
Tanques de armazenamento	1	0	0	0
Container	2	1.459,2	39.381,98	472.583,81
Chiller	1	540	14.573,93	174.887,10
Bomba deslocamento positivo	13	117	3.157,68	37.892,21
Total	-	2724,4	111.042,51	1.332.510,16

Fonte: Autoria própria (2019).

Os custos com o consumo de água para a produção será considerado nulo, já que trabalha com circuito fechado de água no processo, logo toda a demanda de

água que a indústria necessita é somente para o uso dos funcionários e em sua maioria para a limpeza dos equipamentos e do pátio, totalizando um total de 392,4m³/mês. O custo com água da está apresentado na Tabela 37:

Tabela 37 - Custos de água.

Setor	Quantidade (m³/mês)	Total mensal (R\$)	Total anual (R\$)
Produção	0	0	0
Funcionários	32,4	493,45	5.921,42
Lavagem de equipamentos	360	3.045,60	36.547,20

Fonte: Autoria própria (2019).

Os custos de todas as matérias primas necessárias na indústria estão apresentados na Tabela 38.

Tabela 38 - Custos de matérias primas.

Insumo	Quantidade diária	Custo total mensal (R\$)	Custo total anual (R\$)
Leite	4000 litros	151.740,00	1.820.880,00
Leite em pó	145,84 kg	87.504,00	1.050.048,00
Gelatina	3,65 kg	4.380,00	52.560,00
Fermento	1 kg	5.904,00	70.848,00
Enzima	0,03 kg	429,30	5.151,60
Polpa de morango	320 kg	156.000,00	1.872.000,00
Embalagens de 200 mL	10.000	120.000,00	1.440.000,00
Embalagens de 1000 mL	2.000	120.000,00	1.440.000,00

Fonte: Autoria própria (2019).

Os custos de toda a corrente de CIP, para limpeza de equipamentos, estão apresentados abaixo na Tabela 39 a seguir.

Tabela 39 - Custos de insumos para corrente de CIP.

Insumo	Quantidade por mês (litros)	Custo total mensal (R\$)	Custo total anual (R\$)
Ácido nítrico	5000	1.359,00	16.308,00
Hidróxido de sódio	5000	805,14	9.661,68
Hipoclorito de sódio	5000	2.630,34	5.594,40

Fonte: Autoria própria (2019).

Outra fonte de custos para a empresa é a remuneração dos funcionários e também dos escritórios de advocacia e de contabilidade que prestarão serviços à ParanaLac Ltda. Determinou-se um salário de R\$ 1.358,03 para os colaboradores que operam na linha de produção, R\$ 1.950,00 para os colaboradores do setor de recursos humanos, R\$ 1.297,00 para os colaboradores do setor de estoque, R\$ 2.345,00 para os técnicos, R\$ 1.769,00 para os responsáveis pelo setor de vendas, R\$ 3.557,14 para os supervisores e R\$ 5.497,65 para os gerentes e também para os diretores.

Também foram contabilizados os vales de transporte no valor de R\$ 150,00 para os responsáveis por vendas, técnicos, operadores, recursos humanos e estoquistas. Logo, todos os custos finais (incluindo o vale transporte, provisão do 13º, provisão de férias, provisão de 1/3 de férias, o Fundo de Garantida por Tempo de Serviço (FGTS), provisão do FGTS, o Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) e provisão do INSS) relacionados à remuneração dos funcionários, diretamente ligados à empresa, estão apresentados na tabela 40 abaixo.

Tabela 40 - Custos de funcionários.

Funcionário	Quantidade (1º turno)	Quantidade (2º turno)	Custo total mensal (R\$)	Custo total de 4 meses (R\$)
Gerentes	1	1	17.853,92	71.415,70
Diretores	1	1	17.853,92	71.415,70
Vendas	1	0	2.916,32	11.665,29
Técnicos	2	0	7.634,12	30.536,47
Operadores	3	3	13.641,94	54.567,77
Recursos humanos	1	0	3.199,37	12.797,47
Supervisores	1	1	11.552,01	46.208,04
Estoquistas	0	1	2.178,22	8.712,88

Fonte: Autoria própria (2019).

Os custos totais mensais relacionados aos funcionários somam o valor de R\$ 76.829,83. Os custos anuais totais somam o valor de R\$ 921.957,93.

Há também os custos da remuneração dos funcionários terceirizados, todos os custos mensais e a cada quatro meses estão apresentados na Tabela 41.

Tabela 41 - Custos de funcionários terceirizados.

Funcionário	Quantidade (1ºturno)	Quantidade (2ºturno)	Custo total mensal (R\$)	Custo total de 4 meses (R\$)
Recepcionista	1	0	1.504,05	6.016,20
Segurança	2	2	1.610,00	12.880,00
Técnico de TI	1	0	1.526,05	6.104,20
Limpeza	4	0	1.368,50	21.896,00
Escritório de advocacia	1	0	10.000,00	40.000,00
Escritório de contabilidade	1	0	5.000,00	20.000,00

Fonte: Autoria própria (2019).

Os custos totais mensais relacionados aos funcionários terceirizados somam o valor de R\$ 21.008,60, os custos anuais totais somam o valor de R\$ 252.103,20. Logo, a folha de pagamento desta empresa resultou em R\$ 1.174.061,13 em um ano. A descrição dos cálculos está apresentada no apêndice A, bem como todos os cálculos relacionados aos impostos que contém no produto final.

15.3 RECEITA

Para estimar todo o faturamento da empresa, foi considerada nos cálculos a venda de toda produção mensal de iogurte natural e iogurte de morango na embalagem de 180 g, quanto em suas versões em 900 g. Também levou-se em consideração o faturamento proveniente do creme de leite. Os valores dos produtos foram estipulados comparando-se com os dos iogurtes semelhantes já presentes no mercado, de forma a manter a competitividade do FreeLac no mercado, com todos os impostos já previstos pelas leis complementares N° 53, lei N° 406, o decreto N° 8950 e pelo convênio ICMS 38/19, valores disponíveis mais detalhadamente no Apêndice B. Os preços dos produtos estão apresentados na Tabela 42.

Tabela 42 - Preço dos produtos.

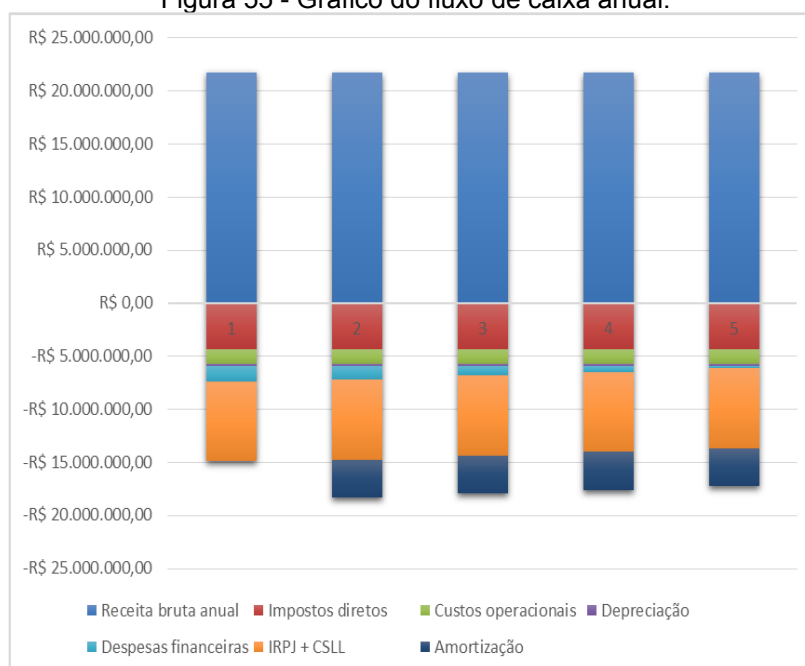
Produtos	Preço unitário (R\$)
logurte natural FreeLac 180 g	3,20
logurte de morango FreeLac 180 g	3,60
logurte natural FreeLac 900 g	11,55
logurte de morango FreeLac 900 g	12,70
Creme de leite 1000 g	4,56

Fonte: Autoria própria (2019).

Contudo, todo o creme de leite produzido será revendido para outras indústrias que o utilizam como matéria prima. Logo, foi possível o cálculo da receita mensal e anual da empresa, o cálculo mais detalhado está disponível no Apêndice C.

O faturamento mensal da empresa foi de R\$ 1.811.070,96, já o faturamento anual de R\$ 21.732.851,52. Todos os cálculos mais detalhados estão presentes no apêndice C. A receita bruta da empresa é a diferença entre todos os faturamentos e os gastos da empresa. Logo, a receita bruta será no valor de R\$ 21.732.851,52, valor referente a 12 meses de operação. Todos os cálculos detalhados a respeito do fluxo de caixa da empresa ao longo de cinco anos estão presentes no apêndice D. A Figura 55 abaixo expõe todo o fluxo de caixa ao longo de cinco anos da empresa.

Figura 55 - Gráfico do fluxo de caixa anual.



Fonte: Autoria própria (2019).

15.4 FINANCIAMENTO

Para possibilitar a construção da sede, a compra dos equipamentos e de todas as utilidades a serem utilizadas durante a operação diária da empresa, além de uma quantia equivalente a todas despesas anuais, garantindo o funcionamento e o giro de capital da instituição, realizou-se uma simulação de um empréstimo feito através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que atua no país como uma das principais formas de se adquirir um financiamento de longo prazo, investindo em todos os segmentos da economia.

Dessa forma, o valor total do empréstimo simulado é de R\$14.359.446,62, valor esse que será pago em 5 anos (60 meses) com um prazo de carência de um ano, utilizando o Sistema de Amortização Constante (SAC) que como o nome sugere, possui um sistema de amortização com valor fixo sendo está calculada pela razão entre o valor financiado e o número de prestações, com juros que são aplicados somente em cima do saldo devedor líquido, o que faz com que o preço das parcelas diminua em cada prestação. A taxa de juros final, considerando que será realizada uma operação direta de transação com o BNDES, será composta pelo custo financeiro e pela taxa do BNDES, o primeiro dizendo respeito ao custo de captação do BNDES em suas diversas fontes de recursos e cobrindo despesas administrativas e operacionais, enquanto que o segundo se trata da taxa risco de crédito e outras taxas referentes aos riscos do financiamento em questão (BNDES, 2019).

Os dados contendo os valores de amortização, juros, prestação e o saldo devedor estão contidos na Tabela 43 de forma anual, e no Apêndice E de forma mensal.

Tabela 43 – Valores Anuais de quitação do financiamento.

Ano	Amortização (R\$)	Juros (R\$)	Prestação (R\$)	Saldo Devedor (R\$)
0	-	-	-	18.632.348,30
1	-	1.412.456,60	1.412.456,60	17.219.891,70
2	3.589.861,68	1.240.499,10	4.830.360,78	12.389.530,92
3	3.589.861,68	890.240,53	4.480.102,21	7.909.428,71
4	3.589.861,68	539.981,97	4.129.843,65	3.779.585,06
5	3.589.861,68	189.723,38	3.779.585,06	-

Fonte: Autoria própria (2019).

15.5 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para analisar a viabilidade econômica de todo o processo industrial foi utilizado algumas ferramentas, a taxa interna de retorno (TIR) e o valor presente líquido (VPL). Esses métodos foram escolhidos, pois o VPL pode ser aplicado em qualquer fluxo de caixa e leva em consideração o valor do dinheiro com o tempo. Já a TIR está ligada ao VPL, pois representa a taxa de retorno do dinheiro com o tempo. A TIR é obtida igualando o VPL a zero, onde todas as entradas e saídas no fluxo de caixa são iguais. Para o cálculo do VPL a equação 60 foi utilizada:

$$VPL = \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n} \quad (60)$$

Em que,

N - Número de períodos;

FC - Fluxo de caixa;

TMA - Taxa mínima de atratividade, atratividade representa o mínimo de retorno que a empresa deseja obter.

Logo, se obteve um valor de VPL de R\$ 622.374,01 e a TIR de 21% a.a. com uma TMA de 18,37% a.a, foram adotados para o cálculo da TMA 4,55% a.a. de custo de oportunidade, 5,82% a.a. de remuneração do capital e 8% a.a. de risco, demonstrando que financiamento será pago em cinco anos de operação. Com base nesses dados é possível determinar se há a viabilidade econômica da empresa, tendo em vista que com o valor de VPL positivo, o negócio gerará lucros e quanto maior o valor de VPL mais lucrativo será. O mesmo se da com a taxa interna de retorno. A TIR deve ser superior ao valor da TMA e quanto maior a TIR em relação à TMA mais lucrativo será o negócio. Diante desses valores é possível concluir que o empreendimento proposto será economicamente viável.

15.6 PONTO DE EQUILIBRIO FINANCEIRO (PEF)

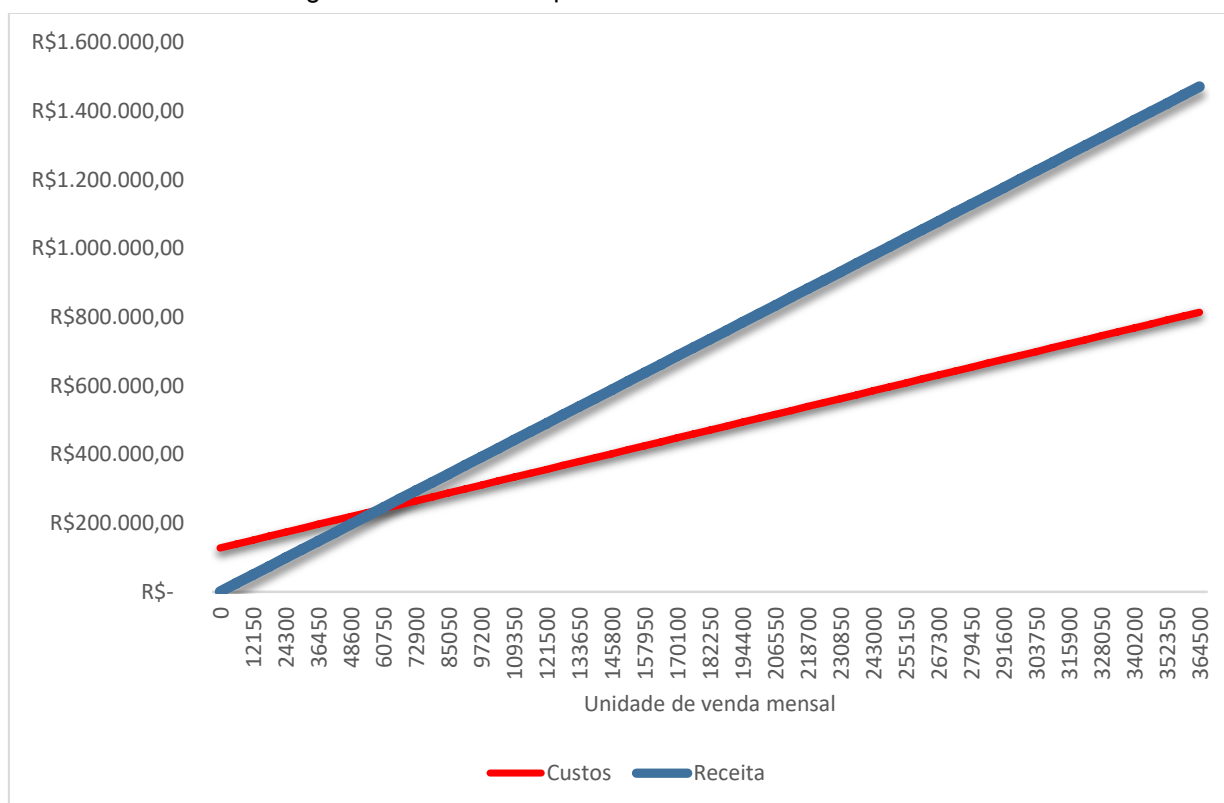
O ponto de equilíbrio financeiro tem como função apresentar o momento em que a receita é maior que os custos da empresa, em outras palavras, quando a mesma realmente começa a dar lucro, possuindo como peculiaridade, em comparação a outros meios de análises de lucro, que o PEF retira do cálculo

receitas e despesas contabilizadas que não representam um desembolso ou entrada no caixa.

É o ponto de igualdade financeira entre receitas totais e despesas em um mesmo período. Com esse indicador é possível saber qual deve ser o faturamento mínimo mensal que a empresa deve ter para cobrir gastos fixos e variáveis – ou seja, conseguir pagar suas contas – e começar a lucrar.

Foi desenvolvido os cálculos de custo e receita da empresa e disposto no gráfico apresentado pela Figura 56, que representa o PEF da ParanaLac.

Figura 56- Ponto de Equilíbrio Financeiro da ParanaLac



Fonte: Autoria própria (2019).

Conforme ilustrado na Figura 54, o ponto de equilíbrio financeiro (PEF) da empresa se encontra nas 60750 unidades vendidas que apresenta uma receita de R\$ 245.157,50. Contudo a empresa começará a obter lucro a partir das 60750 unidades de seu produto vendidas mensal, antes desse ponto as unidades vendidas de produtos estarão apenas pagando seus custos.

16 CONCLUSÃO

Dessa forma, o trabalho em questão aborda o projeto da indústria de iogurte sem lactose e zero açúcar, ParanaLac, devido ao constante crescimento do mercado consumidor deste produto em nosso país. Assim, destaca-se a importância da necessidade de aplicação de todo conhecimento adquirido ao longo da graduação, para a realização de toda a pesquisa, dos balanços materiais e energéticos envolvidos na construção do presente trabalho, necessários para os processos de produção e de tratamento de efluentes.

Ainda pelos balanços materiais realizados, possibilitou-se a determinação da quantidade diária de produção mássica de iogurte, com a quantidade de toda a matéria prima envolvida no processo de produção para que se atingisse esse valor, juntamente com toda a quantidade de efluente gerada de forma direta ou indireta no processo. Logo, a indústria ParanaLac processará aproximadamente 4.100 kg de Leite/dia, o que resultará em produção de aproximadamente 4.152 Kg de iogurte/dia, processo esse que irá gerar uma média de 15.700 Kg de efluente tratado na ETE localizada na sede da empresa.

Realizou-se também, por meio dos cálculos dos balanços energéticos, o diagrama de fluxo de processo da empresa juntamente com a estimativa de todas as utilidades necessárias, para assim elevar a eficiência energética do processo por meio de integrações energéticas, alcançando uma economia de 75% de utilidade para os trocadores de calor.

Projetaram-se todos os equipamentos e as instalações fabris da indústria, em conjunto com a simulação e avaliação econômica de todo fluxo e retorno que a mesma proporcionará, com o preço dos produtos finais e com o tempo estimado de quitação do empréstimo. Logo o projeto da empresa ParanaLac é economicamente viável com retorno financeiro em cinco anos.

REFERÊNCIAS

A REDE. **Valor do hectare no Paraná varia de R\$1,3 mil a R\$75,8 mil.** [S.I.], 2017. Disponível em: <<https://d.arede.info/cotidiano/167497/valor-do-hectare-no-parana-varia-de-r-13-mil-a-r-758-mil>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

ANDRADE, L, H. **Tratamento de efluente de indústria de laticínios por duas configurações de biorreator com membranas e nanofiltração visando o reúso.** 2011. 231 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2011.

ARFELLI, S.L. **Projeto mecânico e análise térmica de tanques cilíndricas verticais com agitação e superfície de troca de calor.** Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) – Universidade do Estado de São Paulo, Bauru, 2009.

BACILA, M. Bioquímica Veterinária. **Robe Editorial**, São Paulo, ed. 2, p. 583, 2003.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO, BNDES. **“Taxa de longo prazo – TLP”**. Disponível em: <encurtador.com.br/dmqZ9>. Acesso em 31/10/2019.

BARROS. **Containers Refrigerados.** 2019. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1253286536-container-frigorifico-camara-fria-refrigerado-30c-_JM#position=1&type=item&tracking_id=383fa0cd-0399-4cdb-bde6-346aaf2c268e . Acesso em: 7 out. 2019.

BHATTACHARYYA, Debangsu; SHAEIWITZ, Joseph A.; TURTON, Richard; WHITING, Wallace B.. **“Diagrams for Understanding Chemical Process”**, 3 de Julho, 2012. Disponível em: <<http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=1915161&seqNum=2>>. Acesso em: 17 de out. de 2019.

Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos. São Paulo: **Edgard Blücher Ltda.**, v. 4, cap. 14, p. 387-420, 2001.

BORGES, T.; PINHO, O.; FERREIRA, I.; TRINDADE, E.; PISSARA, S.; AMIL, J.; Quantificar o teor de lactose em iogurtes, **Revista alimentação humana**, Vol 13, Nº2, p.27, 2007.

BORZANI, W. Fermentação descontínua. In: BORZANI, W.; LIMA, U.A.; AQUARONE, E. Engenharia Bioquímica. São Paulo, Edgar Blucher. v.3, 1975, p.105-11.

BRAILE, P. M. e CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993, 764 p.

BRASIL. [Constituição (2019)]. CONVÊNIO ICMS 38/19. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2019/CV038_19>. Acesso em: 25 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto 9.013, 29 de março de 2017. Inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, Nº 62, quinta-feira, 30 mar. de 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 51, de 18 de setembro de 2002. Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, do Leite tipo B, do Leite tipo C, do Leite Pasteurizado e do Leite Cru Refrigerado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. **Diário Oficial da União**: seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. Regulamento técnico de identidade e qualidade de leites fermentados. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 4, p. 4, 24 out. 2007. Disponível em: <https://sidago.agrodefesa.gov.br/site/adicionaispropios/protocolo/arquivos/408960.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146, 07 de março de 1996. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 11 mar. 1996. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis->

consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17367. Acesso em: 5 jun. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Manual sobre sistema de água gelada, **Brasília DF**: MMA, 2017.

Brasília, DF, p.3, 20 set. 2002. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=8932>. Acesso em: 5 jun. 2019.

BRITO., M.A. et al. (Coord). **Densidade Relativa do leite**. Brasília: Agência de informação EMBRAPA, [2018]. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_196_21720039246.html . Acesso em: 10 abr. 2019.

BRITZ, T. J.; LAMPRECHT, C.; SIGGE, G. O. Dealing with environmental issues. In:BRITZ, T. J.; ROBINSON, R. .K. (coord).**Advanced dairy science and technology**. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2008, cap. 2, p. 35-75.

BYLUND, G. et al. **Dairy Processing Handbook**. Tetra Pak, 2015. Disponível em: <https://dairyprocessinghandbook.com/chapter/primary-production-milk> . Acesso em: 8 de abr. 2019.

CÂMARA MUNICIPAL DE CASTRO. Lei complementar nº 53, de 16 de dezembro de 2016. Tributos municipais. [S. l.], 16 dez. 2016. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/codigo-tributario-castro-pr>>. Acesso em: 22 out. 2019.

CANA ONLINE. **O mercado de iogurtes no Brasil: crescendo além da crise**. [S. l.], 2016. Disponível em: <http://www.canaonline.com.br/conteudo/o-mercado-de-iogurtes-no-brasil-crescendo-alem-da-crise.html>. Acesso em: 6 abr. 2019.

CASTRO, Marinella. “Consumo de iogurtes quadruplicou no país na última década”. Noticiário publicado no site em.com, em 12 de Setembro de 2014.

CENSO DEMOGRÁFICO. **Panorama**: Cidade de Castro, Paraná. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/castro/panorama> Acesso em: 10 abr. 2019.

CHANDAN, R. C.; **Manufacturing Yogurt and Fermented Milks**. Iowa, Blackwell Publishing, 2006.

CIÊNCIA DO LEITE. **Defeitos em iogurtes**. 2014a. Disponível em: <https://cienciadoleite.com.br/noticia/3317/viscosidade-em-leite>. Acesso em 30 ago. 2019.

CIÊNCIA DO LEITE. **Defeitos em iogurtes**. 2014b. Disponível em: <https://cienciadoleite.com.br/noticia/3317/viscosidade-em-leite>. Acesso em 30 ago. 2019.

CIÊNCIA DO LEITE. **Processo de desnatação do leite**. 2008. Disponível em: <https://cienciadoleite.com.br/noticia/2814/processo-de-desnatacao-do-leite> Acesso em 4 jun. 2019.

CIÊNCIA DO LEITE. **Viscosidade em Leite**. 2014a. Disponível em: <https://cienciadoleite.com.br/noticia/3317/viscosidade-em-leite>. Acesso em 30 ago. 2019.

CIÊNCIA DO LEITE. **Viscosidade em Leite**. 2014b. Disponível em: <https://cienciadoleite.com.br/noticia/3317/viscosidade-em-leite>. Acesso em 30 ago. 2019.

DANTAS, Adriana; VERRUCK, Silvani; SCHWINDEN PRUDENCIO, Elane. **Tecnologia de Leite e Produtos Lácteos Sem Lactose**. Belo Horizonte, MG: Atena, 2019.

DAUFIN, G.; ESCUDIER, J. P.; CARRERE, H.; BEROT, S.; FILLAUDEAU, L.; DECLoux, M. **Recent and emerging applications of membrane processes in the food and dairy industry**. Food and Bioproducts Processing: v. 79, n. 2, p. 89-102, 2001.

DOMALSKI, E.S. Selected Values of Heats of Combustion and Heats of Formation of Organic Compounds Containing the Elements C, H, N, O, P, and S *, **Journal of Physical and Chemical Reference Data**, Ed. 2, v.1, p.221-277, 1991.

DURR, J.W.; FONTANELLI, R.S.; BURCHARD, J.F. Fatores que afetam a composição do leite. In: KOCHANN, R.A.; TOMM, G.O.; FONTANELLI, R.S. **Sistemas de produção de leite baseado em pastagens sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa, p.135-156, 2000.

EXAME ONLINE. **A aposta da Coca-Cola para crescer no Brasil: iogurte natural**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/negocios/a-aposta-da-coca-cola-para-crescer-no-brasil-iogurte-natural/>. Acesso em: 6 abr. 2019.

FERMENTEC, Departamento Técnico. **Defeitos em iogurtes**: Ciência do leite, 26 maio 2014. Disponível em: <https://cienciadoleite.com.br/noticia/3243/defeitos-em-iogurtes>. Acesso em: 16 out. 2019.

FERREIRA, C. L. L. F; **Produção de iogurte, Bebidas láctea, Doce de leite e Requeijão cremoso**, Viçosa-MG, CPT, 2006

FERREIRA, Isabel Cristina Santos. **TRATAMENTO TERCIÁRIO DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS ATRAVÉS DA ADSORÇÃO DE LACTOSE EM ARGILA ESMECTÍTICA**. 2007. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-06072007-140835/publico/ISABELCRISTINASANTOSFERREIRA.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2019.

FOGLER, H. S. **Elementos de Engenharia das reações químicas**. 4, ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

GONZÁLEZ, F.H.D.; NORO, G. Variações na composição do leite no subtropico brasileiro. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; PINTO, A.T.; ZANELLA, M.B.; FISCHER, V.; BONDAN, C. **Qualidade do leite bovino: variações no trópico e no subtropico**, Passo Fundo: UPF Editora, cap.2, p.28-53, 2011.

GOOGLE EARTH. **Image Landsat / Copernicus 2019**. Localização: 24°46'19"S 50°04'01"W. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@-24.76963195,-50.0687033,970.86339292a,1000.34064556d,35y,0h,0t,0r>> Acesso: 21 abr. 2019.

GUGLIELMONI, S. Análise do setor de refrigeração industrial e equipamentos oferecidos por empresas do setor, **Revista Industrial de Laticínio**, Nº 133. 2018.

HASSAN, H.N.; MISTRY,V.V. Manufacture of nonfat yogurt from a high milk protein powder. **Journal of Dairy Science**. v.75, p.947-957, 1992

HOSHINO, L. K. O. et al. Estudo da hidrólise na obtenção de leite lactose hidrolisado microfiltrado e avaliação de parâmetros físico-químicos para determinação da sua vida útil. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 3, 2009, Campinas. **Anais** eletrônicos. Campinas: IAC, 2009. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/pibic/anais/2009/artigos/re0901015.pdf>
Acesso em: 01 nov. 2019

IBGE. **Catálogo de Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária**. Rio de Janeiro, 2018a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=72380A>
cesso em: 10 abr. 2019.

IBGE. **Pesquisa da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2018b. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/6d3123bbf5f78aa3492c41003c7a38f6.pdf. Acesso em: 10 abr. 2019.

IBGE. **Pesquisa quantidade de leite cru adquirido e industrializado no mês e no trimestre (Mil Litros)**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html?edicao=23954&t=destaques>. Acesso em: 8 abr. 2019.

IBGE. Produção da Pecuária municipal 2017. **IBGE**, Rio de Janeiro, v. 45, p. 1-8, 2017. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2017_v45_br_informativo.pdf Acesso em: 10 abr. 2019

IBGE. **PESQUISA DE ORÇAMENTOS FAMILIARES 2008-2009**. Brasília-DF, 2010. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50063.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2019.

INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 7. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2014.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARNÁ. **Resolução CEMA 07/09 – Anexo 7 “Condições e padrões de lançamentos de efluentes líquidos industriais”**. Disponível em: http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=abrirAnexo&nomeArquivoAnexado=anexo151792_37606.pdf>. Acesso em: 11 de Jun. de 2019.

ISABELLA TEIXEIRA. **Resolução, nº 430, 13 de maio de 2011**. 13 maio 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 5 jun. 2019.

JOHN, G; WYLEN, V. **Fundamentos da termodinâmica clássica**. 4 ed. Sao Paulo: Blucher, 1995.

JOY. **Milk Cooling Tank**. 2019. Disponível em: <https://www.alibaba.com/product-detail/2000L-milk-cooling-tank-for-dairy_60588691433.html?spm=a2700.7724857.normalList.63.13ff3d9d66ZOXu>. Acesso em: 9 de out. de 2019.

KINGGO, Quzhou KingGo Machinery Co., Ltd. **Trocador de calor de placas**. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Stainless-Steel-Food-Grade-Plate-Heat-60594275194.html?spm=a2700.7724838.2017203.6.710c466cOUzmaX&s=p>. Acesso em: 9 out. 2019.

LAIYUAN. **Stainless Steel High Quality Mixing Tank**. Disponível em: <https://www.alibaba.com/product-detail/Stainless-Steel-High-Quality-Mixing-Tank_62132700074.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.6c292115DjyigD>. Acesso em: 7 de out. de 2019.

LENO. **Tanque de Armazenamento De Aço inoxidável**. 2019. Disponível em: [https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Pharmaceutical-grade-electric-heating-square-water-](https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Pharmaceutical-grade-electric-heating-square-water-62009914050.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.142.4708541eKX9L6)

62009914050.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.142.4708541eKX9L6.

Acesso em: 5 out. 2019.

LIMA, S.C.G. de *et al.* Efeitos da adição de diferentes sólidos na textura, sinérese e características sensorial de iogurte firme. **Inst. de Lat. Cândido Tostes**, Juiz de Fora, MG , v.66, n. 383, p. 32-39, 2011. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct>. Acesso em: 10 jun. 2019.

LINDSLEY DA SILVA RASCA RODRIGUES. **Resolução, nº 070, 11 de agosto de 2009**. 11 ago. 2009. Disponível em: http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/resolucao_cema_70_2009.pdf. Acesso em: 5 jun. 2019.

LIRYO, M.G. **Analisar a qualidade quanto aos aspectos físico-químicos e sensoriais do iogurte em bandeja em um laticínio no recôncavo baiano**. 2008. Monografia (Especialização em Gestão da Qualidade Vigilância Sanitária em Alimentos) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Salvador, 2008.

LONGO, G. **Influência da adição de lactase na produção de iogurtes**. 2006. 89f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

LUCIDHART, Lucid Software Inc. **“What is a Process Flow Diagram”**. 2019. Disponível em: <<https://www.lucidchart.com/pages/process-flow-diagrams>>. Acesso em: 17 de out. de 2019.

MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V. H.; SILVA, P. C.; FIGUERÊDO, D. V.; FERREIRA, P. E. **Controle ambiental nas pequenas e médias indústrias de laticínios**. 1 ed. Belo Horizonte: Segrac, 2002.

MAGANHA, M. F. B. **Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos série P+L**. CETESB; São Paulo, 2008.

MAGANHA, M. F. B. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Produtos Lácteos**. São Paulo: CETESB, 2006; p. 95. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 4 jun. 2019.

MARINA SILVA. **Resolução, nº 357, 17 de março de 2005**. 17 mar. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 5 jun. 2019.

MARTINS, R. L.; SANTOS, P. V.; CASTILHO, S. G.; **Fermentação divertida: introdução à ciência através de atividade culinária investigativa**, 1. ed. São Paulo : Cultura Acadêmica, 2014.

MATTAR, R.; MAZO, D. F. DE C. Intolerância à lactose: mudança de paradigmas com a biologia molecular. **Verista da Associação Médica Brasileira**, v. 56, n. 2, p. 322, 2010.

MEDEIROS, Daniel Dantas Viana. **Avaliação da eficiência de lagoas de estabilização no tratamento de resíduos esgotados de fossas sépticas**. 2009. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15957/1/DanielDVM.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2019.

MEGAPLANT, Zhengzhou Megaplant Imp.&Exp.Co.,LTDA. **Fermentador**. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Fermentation-Tank-yogurt-Fermentation-Equipment-62003558896.html?spm=a2700.7724838.2017115.61.6e9b69a58bnk6f>. Acesso em: 12 set. 2019.

MEZZADRI, F. P. (Coord.). **Leite: Análise da conjuntura Agropecuária**. Curitiba: SEAB; DERAL, 2017. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/leite_2016_17.pdf Acesso em: 10 abr. 2019.

MORAN, M. J. et al. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MORIWAC, C.; MATIOLI, G. Influencia da β -galactosidase na tecnologia do leite e na má digestão da lactose. **Arquivo de Ciências da Saúde Unipar**, Umuarama, v. 4, n. 3, p. 283-290, 2000.

NASRAUI, Patrícia. Dimensionamento de lagoas aeradas seguidas de lagoas de sedimentação. **Revista Hydro**, São Paulo, 10 set. 2016. Disponível em: <http://www.arandanet.com.br/assets/revistas/hydro/2016/setembro/index.php#page=36>. Acesso em: 4 jun. 2019.

NETZSCH,. **Bomba asséptica NEMO**. Disponível em: <https://bombas.netzsch.com/pt/materiais-aplicacoes/aplicacoes-na-producao-de-laticinios-iogurte/>. Acesso em: 12 set. 2019.

OLIVEIRA, G. da S. de *et al.* **MDLGV - Indústria Ltda: processo produtivo de whey protein**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9883>. Acesso em: 10 abr. 2019.

OLIVEIRA, Isis de Santana; SUSTAFA, George de Souza. Gerenciamento e tratamento de efluentes líquidos da produção de iogurtes com dimensionamento de uma estação de tratamento de efluentes. **XIV SEPA**, Salvador, 2015

PERLINGEIRO, Carlos Augusto G. **Engenharia de Processos: Análise Simulação, Otimização e Síntese de Processos Químicos**. São Paulo: Blucher, 2005.

PERRY, Robert H.; GREEN, Don W. **Perry's Chemical Engineer's Handbook**. ed. 8, New York: McGraw-Hill, 2008.

POLPAS E FRUTAS. **Tabela nutricional da polpa de morango**. Ceará, Disponível em: <http://polpasefrutas.com.br/produtos/polpas/morango/>. Acesso em: 5 jun. 2019.

PORTO, Clarissa Paz Corrêa *et al.* **EXPERIÊNCIA VIVENCIADA POR MÃES DE CRIANÇAS COM INTOLERÂNCIA À LACTOSE**. 2005. Trabalho Monográfico de conclusão do Curso (Graduação pela Faculdade de Enfermagem e Obstetrícia) - Universidade Federal de Pelotas, RS, 2005.

PREFEITURA DE CASTRO. **A cidade:** Dados gerais. Castro, PR, [2019?]. Disponível em: <https://castro.atende.net/#!/tipo/pagina/valor/7>. Acesso em: 10 abr. 2019.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto nº 9013, de 29 de março de 2017.** Inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, que disciplina a fiscalização e a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. 29 mar. 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9013.htm. Acesso em: 12 jun. 2019.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Decreto nº N° 8950, de 29 de dezembro de 2016. Aprova a Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados - TIPI. Brasil, 29 dez. 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Decreto/D8950.htm#art6>. Acesso em: 22 out. 2019.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei nº 406, de 31 de dezembro de 1968. Estabelece normas gerais de direito financeiro, aplicáveis aos impostos sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre serviços de qualquer natureza, e dá outras providências. [S. I.], 31 dez. 1968. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0406.htm>. Acesso em: 22 out. 2019.

RADEA, Zhangjiagang Radar Beverage Machinery.LTDA. **Máquina de Envase.** Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Small-Plastic-glass-bottle-yoghurt-making-60643801830.html?spm=a2700.7724838.2017115.72.23762914X9SnLt>. Acesso em: 12 set. 2019.

RAZUK, P.C.; **Apostila Troca de Calor em Tanques Agitados**, Universidade Estadual de São Paulo, Bauru, 2006.

REIS, J.S. et al. **Fabricação de derivados do leite como uma alternativa de renda ao produtor rural.** 2011. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/58719858/FABRICACAO-DE-DERIVADOS-DO-LEITE-COMO-UMA>. Acesso em: 20 out. 2019.

REIS, L.C.C.; JESUS, J.C.; FONTANA, G.C.R. Estudo de Sinérese em iogurte elaborado com polpa de jaca. In: 4^o Semana de Engenharia de Alimentos, 2018, Itapetinga, Ba. **Anais Digitais**, Itapetinga: UESB, 2018. Disponível em: <https://even3.blob.core.windows.net/anais/126248.pdf> . Acesso em: 10 jun. 2019.

RELIABLE. **Milk and Fruit Juice Homogenizer Machine**. Disponível em: https://www.alibaba.com/product-detail/China-Factory-Small-Milk-And-Fruit_60648974705.html?spm=a2700.7724857.normalList.11.45bbf586f6oomk&s=p . Acesso em: 7 de out. de 2019.

REZENDE DE ABREU, Adriano. Custos de produção em laticínios. Custos e agronegócios, São Gotardo, p. 69-92, 2006. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v2/Custos%20de%20producao%20em%20laticinios.pdf>. Acesso em: 22 out. 2019.

ROBERT, N. F. **Dossiê Técnico**: Fabricação de iogurte. Rio de Janeiro: SBRT, 2008. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mzlw> . Acesso em: 01 mai. 2019

ROCHA, D.T. et al. **Anuário leite 2018**: Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro. Brasília: Embrapa Gado de Leite, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094149/anuario-leite-2018-indicadores-tendencias-e-oportunidades-para-quem-vive-no-setor-leiteiro> Acesso em: 08 abr. 2019.

SATO, N. **Produtos sem lactose no Brasil**. [S. l.]: Intel, 2016. Disponível em: <http://brasil.mintel.com/blog/noticias-mercado-alimentos-bebidas/cresce-lancamento-de-produtos-sem-lactose-no-brasil>. Acesso em: 19 abr. 2019.

SCHIFFER, S. H.; HAMMES, G. G. Physical chemistry for the biological sciences. Hoboken: John Wiley & sons Inc., Ed. 2, 2015.

SCHMIDELL, W.; LIMA, U.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.. **Biotechnologia industrial**. Volume 2, São Paulo: Blucher, 2001.

SCHNEIDER,. **Bomba Centrífuga**. Mérito Comercial, 2019. Disponível em: <https://www.meritocomercial.com.br/bomba-mono-estagio-schneider-bc-21-r-1-1-4-1-5-cv-trifasica-4-voltagens->

SEAB, Secretaria da agricultura e do abastecimento do Paraná, Regulamento da inspeção sanitária e industrial para leite e seus derivados, **Resolução Nº 065/2005**. Acessada em 08/06/2019 <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/resol_56_leite.pdf>

SEBRAE. **Como escolher um bom lugar para um Laticínio**. 2018. Disponível em: <http://www.sebraemercados.com.br/como-escolher-um-bom-lugar-para-um-laticinio/>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SILVA, A.I.D. da *et al.* Produção de logurte. **FEUP**, Porto, out. 2010. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2010_11/files/QUI608_relatorio.pdf. Acesso em: 9 abr. 2019.

SILVA, P.H.F. Leite: Aspectos de composição e propriedades, Juiz de Fora: **Química e Sociedade**, n. 6, 1997.

SILVA, S. R. **Dimensionamento de um sistema de lagoas de estabilização como proposta de tratamento para o efluente gerado em indústria delaticíniode pequeno porte**. 2017. 47 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Química) - Centro Universitário de Formiga, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://repositorioinstitucional.uniformg.edu.br:21074/xmlui/handle/123456789/533>. Acesso em: 1 nov. 2019.

SKMMIG. **Máquina Separadora Centrífuga De Leite**. 2019. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Stainless-Steel-Milk-Skimming-Machine-Centrifugal-60690486864.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.23.748362adLTWhLg>. Acesso em: 5 out. 2019.

SNOWKEY. **Chiller industrial**. 2019. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Water-Chiller-Manufacturers-Snowkey-Containerized-Water>

60754613915.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.50.776d5b81tKsU3H .

Acesso em: 5 out. 2019.

TAIGUO, Henan Taiguo Boiler Manufacture Co., LTDA. **Caldeira elétrica de água quente**. Disponível em: [https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Hot-water-boiler-300kw-electric-boiler-](https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Hot-water-boiler-300kw-electric-boiler-62321655023.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.55cb3090HDXqwR&s=p)

62321655023.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.55cb3090HDXqwR&s=p.

Acesso em: 31 out. 2019.

TAMIME, A. Y., ROBINSON, R. K. **Yogurt ciencia y tecnología**. Zaragoza: Acribia, 1991.

VITOLLO, M. Aplicações de enzimas na tecnologia de alimentos. In: AQUARONE, E.

VITOR, A. C. S. S.; ROCHA, M. S.; **Deficiência de Lactase**: Um estudo das consequências que podem afetar o desenvolvimento na primeira infância. **Revista Oswaldo Cruz**: Graduação e Pós Graduação, São Paulo, ano 4, n.16, Out-Dez 2017. Disponível em:

http://revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Edicao_16_VICTOR_Ana_Cristina_Soares_Silva.pdf. Acesso 9 abr. 2019.

VOURCH, M.; BALANNEC, B.; CHAUFER, B.; DORANGE, G. Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. *Desalination*, 2008.

VOURCH, M.; BALANNEC, B.; CHAUFER, B.; DORANGE, G. Nanofiltration and reverse osmosis of model process waters from the dairy industry to produce water for reuse. *Desalination*, 2005.

YIMEI. **Dissolved Air Flotation DAF**. Disponível em: [https://www.alibaba.com/product-detail/Dairy-Processing-Wastewater-Treatment-Machine-](https://www.alibaba.com/product-detail/Dairy-Processing-Wastewater-Treatment-Machine-oil_62304072488.html?spm=a2700.7724838.2017115.12.4e9c2cb4EYyHzX)

oil_62304072488.html?spm=a2700.7724838.2017115.12.4e9c2cb4EYyHzX>.

Acesso em: 4 de out. de 2019.

ZION MARKET RESEARCH. **Organic Yogurt Market: Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecasts 2016–2024**. [S. l.], 2019. Disponível

em: <https://www.zionmarketresearch.com/report/organic-yogurt-market>. Acesso em: 6 abr. 2019.

APÊNDICE A - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DOS CUSTOS DA EMPRESA

Funcionário: Paranalar 2019																	
Funcionário	Quantidade (1º turno)	Quantidade (2º turno)	Salário (R\$)	Vale transporte	Desconto vale transporte	Vale refeição	Plano de saúde	Provisão 13	Provisão férias	Provisão 13	Férias	FGETS	Provisão FGETS (13º e férias)	INSS	Provisão INSS (13º e férias)	Total mensal (R\$)	Total (4 meses)
Gerentes	1	1	R\$ 3.497,65			R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 468,14	R\$ 468,14	R\$ 162,71	R\$ 162,71	R\$ 438,81	R\$ 73,30	R\$ 1.583,32	R\$ 263,89	R\$ 17.853,92	R\$ 71.467,70
Diretores	1	1	R\$ 5.497,65			R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 468,14	R\$ 468,14	R\$ 162,71	R\$ 162,71	R\$ 438,81	R\$ 73,30	R\$ 1.583,32	R\$ 263,89	R\$ 17.853,92	R\$ 71.467,70
Vendas	1		R\$ 1.783,00	R\$ 160,00	R\$ 106,14	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 147,42	R\$ 147,42	R\$ 49,14	R\$ 49,14	R\$ 416,22	R\$ 23,69	R\$ 509,47	R\$ 84,91	R\$ 2.363,32	R\$ 1.066,29
Técnicos	2		R\$ 2.345,00	R\$ 160,00	R\$ 106,70	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 195,42	R\$ 195,42	R\$ 65,14	R\$ 65,14	R\$ 197,60	R\$ 31,27	R\$ 675,36	R\$ 102,56	R\$ 763,42	R\$ 3.058,47
Operadores	3	3	R\$ 1.388,03	R\$ 160,00	R\$ 81,48	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 103,17	R\$ 103,17	R\$ 37,72	R\$ 37,72	R\$ 103,84	R\$ 18,11	R\$ 391,11	R\$ 65,19	R\$ 1.044,94	R\$ 5.456,77
Recursos humanos	1		R\$ 1.950,00	R\$ 160,00	R\$ 117,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 162,50	R\$ 162,50	R\$ 54,17	R\$ 54,17	R\$ 156,00	R\$ 26,00	R\$ 166,60	R\$ 31,60	R\$ 1.989,37	R\$ 7.974,47
Supervisores	1	1	R\$ 3.557,14			R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 296,43	R\$ 296,43	R\$ 98,81	R\$ 98,81	R\$ 284,57	R\$ 47,43	R\$ 1.024,46	R\$ 170,74	R\$ 1.152,01	R\$ 4.628,04
Estoquistas	1	1	R\$ 1.297,00	R\$ 160,00	R\$ 77,82	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 108,08	R\$ 108,08	R\$ 36,03	R\$ 36,03	R\$ 103,76	R\$ 17,29	R\$ 373,54	R\$ 62,26	R\$ 2.178,22	R\$ 8.720,88

APÊNDICE A - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DOS CUSTOS DA EMPRESA (CONTINUAÇÃO)

Terceirizados	Quantidade (1º turno)	Quantidade (2º turno)	Salário bruto (R\$)	Custo terceirizado (R\$)	Custo mensal	Total (4 meses)
Recepcionista	1		R\$ 1.307,87	R\$ 1.504,05	R\$ 1.504,05	R\$ 6.016,20
Segurança	2	2	R\$ 1.400,00	R\$ 1.610,00	R\$ 3.220,00	R\$ 12.880,00
Técnico de TI	1		R\$ 1.327,00	R\$ 1.526,05	R\$ 1.526,05	R\$ 6.104,20
Limpeza	4		R\$ 1.190,00	R\$ 1.368,50	R\$ 5.474,00	R\$ 21.896,00
Advogado	1		R\$ 8.000,00	R\$ 9.200,00	R\$ 9.200,00	R\$ 36.800,00
Contabilidade	1		R\$ 5.000,00	R\$ 5.750,00	R\$ 5.750,00	R\$ 23.000,00

Insumos Parlac 2019												
Produção						Embalagens						
Insumo	Quantidade por dia (kg)	Litro (R\$/kg)	Litro	Rego total diário (R\$)	Rego total mensal (R\$)	Rego total anual (R\$)	Embalagens	Quantidade mensal	R\$/unidade	Total mensal	Total anual	Total diário
Leite	4000	R\$ 1,26	R\$ 5.058,00	R\$ 151.740,00	R\$ 1.820.880,00		180g	300.000	R\$ 0,40	R\$ 120.000,00	R\$ 1.440.000,00	R\$ 4.000,00
Leite em pó	145,84	R\$ 20,00	R\$ 2.916,80	R\$ 87.504,00	R\$ 1.050.048,00		900g	60.000	R\$ 2,00	R\$ 120.000,00	R\$ 1.440.000,00	R\$ 4.000,00
Gelatina	3,65	R\$ 40,00	R\$ 146,00	R\$ 4.380,00	R\$ 52.560,00							
Fermento	1	R\$ 196,80	R\$ 196,80	R\$ 5.904,00	R\$ 70.848,00							
Enzima	0,03	R\$ 477,00	R\$ 14,31	R\$ 429,30	R\$ 5.151,60							
Polpa morango	320	R\$ 16,25	R\$ 5.200,00	R\$ 156.000,00	R\$ 1.872.000,00							
Total			R\$ 13.531,91	R\$ 405.957,30	R\$ 4.871.487,60					R\$ 240.000,00	R\$ 2.880.000,00	
CIP												
Produto	R\$/kg	kg/L	L	Custo mensal	Custo anual							
Ác. nítrico	0,18	1,51	5.000,00	R\$ 1.359,00	R\$ 16.308,00							
hidrox de sódio	0,08	2,13	5.000,00	R\$ 805,14	R\$ 9.661,68							
hipoclorito	0,08	1,11	5.000,00	R\$ 466,20	R\$ 5.594,40							
			15.000,00	R\$ 2.630,34	R\$ 31.564,08	175,36						
		125,00	Total	R\$ 2.191,50	R\$ 263.034,00							

Custo de energia requerida (planta de operação)						
Equipamento	Consumo (kW)	Quantidade	Tempo de operação (h)	Consumo total (kW)	Consumo total (kW/ano)	Consumo total (kW/ano)
Caldeira			12			
Tanque de armazenamento	1,5	2	24	72	R\$ 36,88	R\$ 92,66
Centrífuga	4	1	4	16	R\$ 8,20	R\$ 20,59
Tanque de mistura	1,5	1	2	3	R\$ 1,54	R\$ 3,86
Homogenizador	7,5	1	4	30	R\$ 15,37	R\$ 38,61
Pasteurizador	5,2	1	4	20,8	R\$ 10,65	R\$ 26,77
Tanque pulmão	6,7	1	2	13,4	R\$ 6,86	R\$ 17,25
Fermentador	24,75	4	1	99	R\$ 50,71	R\$ 127,41
Máquina de envase	13,5	1	4	54	R\$ 27,66	R\$ 69,50
Tanques de armazenamento	0	1	0	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Container	30,4	2	24	1459,2	R\$ 747,46	R\$ 1.873,00
Chiller	22,5	1	24	540	R\$ 276,61	R\$ 694,99
Bomba deslocamento positivo	0,75	13	12	117	R\$ 59,33	R\$ 150,58
Bomba centrífuga	1,1	0	12	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Total	119,4			2424,4	R\$ 1.241,87	R\$ 3.120,23
				Média		R\$ 2.181,05

Consumo total (kW/m&sr)	Consumo total (kW/m&sr)	4 meses	4 meses	3 meses	3 meses	Média anual
R\$ 1.106,44	R\$ 2.779,94	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
R\$ 245,88	R\$ 617,76	R\$ 983,50	R\$ 2.471,06	R\$ 1.967,00	R\$ 4.942,12	R\$ 5.181,84
R\$ 46,10	R\$ 115,83	R\$ 184,41	R\$ 463,32	R\$ 363,81	R\$ 926,65	R\$ 971,60
R\$ 461,02	R\$ 1.158,31	R\$ 1.844,06	R\$ 4.633,24	R\$ 3.688,13	R\$ 9.266,47	R\$ 9.715,95
R\$ 319,64	R\$ 803,09	R\$ 1.278,55	R\$ 3.212,38	R\$ 2.557,10	R\$ 6.424,75	R\$ 6.736,39
R\$ 205,92	R\$ 517,38	R\$ 823,68	R\$ 2.069,51	R\$ 1.647,36	R\$ 4.139,02	R\$ 4.339,79
R\$ 1.521,35	R\$ 3.822,42	R\$ 6.085,41	R\$ 15.289,68	R\$ 12.170,82	R\$ 30.579,36	R\$ 32.062,64
R\$ 829,83	R\$ 2.084,96	R\$ 3.319,32	R\$ 8.339,82	R\$ 6.638,63	R\$ 16.679,65	R\$ 17.488,71
R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
R\$ 22.423,82	R\$ 56.340,15	R\$ 89.695,27	R\$ 225.360,60	R\$ 179.390,55	R\$ 450.721,20	R\$ 472.583,81
R\$ 8.298,29	R\$ 20.849,56	R\$ 33.193,15	R\$ 83.398,25	R\$ 66.386,30	R\$ 166.796,50	R\$ 174.887,10
R\$ 1.797,96	R\$ 4.517,41	R\$ 7.191,85	R\$ 18.069,62	R\$ 14.383,70	R\$ 36.139,24	R\$ 37.892,21
R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
R\$ 37.256,24	R\$ 93.606,81	R\$ 149.024,96	R\$ 374.427,25	R\$ 298.049,92	R\$ 748.854,49	R\$ 785.178,31
R\$ 65.431,53			R\$ 261.726,10		R\$ 523.452,20	
				Total anual	R\$ 785.178,31	

APÊNDICE B - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS PARA IMPOSTOS

IMPOSTOS							
	PIS (%)	COFINS (%)	IPI (%)	ICMS (%)	IRPJ (%)	CSLL (%)	ISS (%)
logurte natural 180g	0,00%	0,00%	0,00%	17,00%	25,00%	9,00%	0,75%
logurte morango 180g	0,00%	0,00%	0,00%	17,00%	25,00%	9,00%	0,75%
logurte natural 900g	0,00%	0,00%	0,00%	17,00%	25,00%	9,00%	0,75%
Creme de leite a granel	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	9,00%	0,75%
logurte natural 900g	0,00%	0,00%	0,00%	17,00%	25,00%	9,00%	0,75%

Produto	Impostos diretos (%)	Valor anual (R\$)
logurte natural 180g	17,00%	R\$ 979.200,00
logurte morango 180g	17,00%	R\$ 1.101.600,00
Creme de leite a granel	0,00%	R\$ 762.851,52
logurte natural 900g	17,00%	R\$ 706.860,00
logurte Morango 900g	17,00%	R\$ 777.240,00
		R\$ 4.327.751,52

IPTU	Valor anual
0,20%	R\$ 2.868,53

APÊNDICE C - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DA RECEITA DA EMPRESA

Receita Paranalac 2019				
Produto	Quantidade mês	Valor unitário	Receita mensal	Receita Anual
logurte natural 180g	150.000	R\$ 3,20	R\$ 480.000,00	R\$ 5.760.000,00
logurte natural 900g	30.000	R\$ 11,55	R\$ 346.500,00	R\$ 4.158.000,00
logurte Morango 180g	150.000	R\$ 3,60	R\$ 540.000,00	R\$ 6.480.000,00
logurte Morango 900g	30.000	R\$ 12,70	R\$ 381.000,00	R\$ 4.572.000,00
Creme de Leite	13.941	R\$ 4,56	R\$ 63.570,96	R\$ 762.851,52
		Total	R\$ 1.811.070,96	R\$ 21.732.851,52

APÊNDICE D - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DO FLUXO DE CAIXA ANUAL.

Demonstração do resultado do Exercício					
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
(+) Receita bruta anual	R\$ 21.732.851,52	R\$ 21.732.851,52	R\$ 21.732.851,52	R\$ 21.732.851,52	R\$ 21.732.851,52
(-) Impostos diretos	-R\$ 4.330.620,05	-R\$ 4.330.620,05	-R\$ 4.330.620,05	-R\$ 4.330.620,05	-R\$ 4.330.620,05
(-) Custo operacionais	-R\$ 847.059,40	-R\$ 847.059,40	-R\$ 847.059,40	-R\$ 847.059,40	-R\$ 847.059,40
(=) EBITDA	R\$ 16.555.172,07	R\$ 16.555.172,07	R\$ 16.555.172,07	R\$ 16.555.172,07	R\$ 16.555.172,07
(-) Depreciação	-R\$ 170.439,41	-R\$ 170.439,41	-R\$ 170.439,41	-R\$ 170.439,41	-R\$ 170.439,41
(-) Despesas financeiras	-R\$ 1.492.064,28	-R\$ 1.310.296,48	-R\$ 940.330,43	-R\$ 570.364,34	-R\$ 200.398,30
(=) LAIR	R\$ 14.892.668,39	R\$ 15.074.436,19	R\$ 15.444.402,24	R\$ 15.814.368,33	R\$ 16.184.334,37
(-) Imposto de renda	-R\$ 7.552.165,90	-R\$ 7.552.165,90	-R\$ 7.552.165,90	-R\$ 7.552.165,90	-R\$ 7.552.165,90
(=) Lucro líquido	R\$ 7.340.502,48	R\$ 7.522.270,28	R\$ 7.892.236,33	R\$ 8.262.202,42	R\$ 8.632.168,46
(-) Amortização	R\$ 0,00	-R\$ 3.750.000,00	-R\$ 3.750.000,00	-R\$ 3.750.000,00	-R\$ 3.750.000,00
(+) Depreciação	R\$ 170.439,41	R\$ 170.439,41	R\$ 170.439,41	R\$ 170.439,41	R\$ 170.439,41
Fluxo de caixa líquido	R\$ 7.510.941,89	R\$ 3.942.709,69	R\$ 4.312.675,74	R\$ 4.682.641,83	R\$ 5.052.607,87

APÊNDICE E - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DO FINANCIAMENTO.

MÊS	SALDO INICIAL	JUROS	AMORTIZAÇÃO	PRESTAÇÃO	SALDO FINAL
Mês Inicial	0	0	0	0	14.359.446,62
Mês 01	14.359.446,62	0	0	0	14.359.446,62
Mês 02	14.359.446,62	0	0	0	14.359.446,62
Mês 03	14.359.446,62	353.114,15	0	353.114,15	14.359.446,62
Mês 04	14.359.446,62	0	0	0	14.359.446,62
Mês 05	14.359.446,62	0	0	0	14.359.446,62
Mês 06	14.359.446,62	353.114,15	0	353.114,15	14.359.446,62
Mês 07	14.359.446,62	0	0	0	14.359.446,62
Mês 08	14.359.446,62	0	0	0	14.359.446,62
Mês 09	14.359.446,62	353.114,15	0	353.114,15	14.359.446,62
Mês 10	14.359.446,62	0	0	0	14.359.446,62
Mês 11	14.359.446,62	0	0	0	14.359.446,62
Mês 12	14.359.446,62	353.114,15	0	353.114,15	14.359.446,62
Mês 13	14.359.446,62	116.752,86	299.155,14	415.907,99	14.060.291,48
Mês 14	14.060.291,48	114.320,51	299.155,14	413.475,64	13.761.136,34
Mês 15	13.761.136,34	111.888,15	299.155,14	411.043,29	13.461.981,21
Mês 16	13.461.981,21	109.455,80	299.155,14	408.610,94	13.162.826,07
Mês 17	13.162.826,07	107.023,45	299.155,14	406.178,59	12.863.670,93
Mês 18	12.863.670,93	104.591,10	299.155,14	403.746,24	12.564.515,79
Mês 19	12.564.515,79	102.158,75	299.155,14	401.313,89	12.265.360,65
Mês 20	12.265.360,65	99.726,40	299.155,14	398.881,54	11.966.205,52
Mês 21	11.966.205,52	97.294,05	299.155,14	396.449,19	11.667.050,38
Mês 22	11.667.050,38	94.861,70	299.155,14	394.016,83	11.367.895,24
Mês 23	11.367.895,24	92.429,34	299.155,14	391.584,48	11.068.740,10
Mês 24	11.068.740,10	89.996,99	299.155,14	389.152,13	10.769.584,96
Mês 25	10.769.584,96	87.564,64	299.155,14	386.719,78	10.470.429,83
Mês 26	10.470.429,83	85.132,29	299.155,14	384.287,43	10.171.274,69
Mês 27	10.171.274,69	82.699,94	299.155,14	381.855,08	9.872.119,55
Mês 28	9.872.119,55	80.267,59	299.155,14	379.422,73	9.572.964,41
Mês 29	9.572.964,41	77.835,24	299.155,14	376.990,38	9.273.809,28
Mês 30	9.273.809,28	75.402,89	299.155,14	374.558,02	8.974.654,14

APÊNDICE E - DETALHAMENTO DOS CÁLCULOS DO FINANCIAMENTO
(CONTINUAÇÃO).

Mês 31	8.974.654,14	72.970,54	299.155,14	372.125,67	8.675.499,00
Mês 32	8.675.499,00	70.538,18	299.155,14	369.693,32	8.376.343,86
Mês 33	8.376.343,86	68.105,83	299.155,14	367.260,97	8.077.188,72
Mês 34	8.077.188,72	65.673,48	299.155,14	364.828,62	7.778.033,59
Mês 35	7.778.033,59	63.241,13	299.155,14	362.396,27	7.478.878,45
Mês 36	7.478.878,45	60.808,78	299.155,14	359.963,92	7.179.723,31
Mês 37	7.179.723,31	58.376,43	299.155,14	357.531,57	6.880.568,17
Mês 38	6.880.568,17	55.944,08	299.155,14	355.099,22	6.581.413,03
Mês 39	6.581.413,03	53.511,73	299.155,14	352.666,86	6.282.257,90
Mês 40	6.282.257,90	51.079,37	299.155,14	350.234,51	5.983.102,76
Mês 41	5.983.102,76	48.647,02	299.155,14	347.802,16	5.683.947,62
Mês 42	5.683.947,62	46.214,67	299.155,14	345.369,81	5.384.792,48
Mês 43	5.384.792,48	43.782,32	299.155,14	342.937,46	5.085.637,34
Mês 44	5.085.637,34	41.349,97	299.155,14	340.505,11	4.786.482,21
Mês 45	4.786.482,21	38.917,62	299.155,14	338.072,76	4.487.327,07
Mês 46	4.487.327,07	36.485,27	299.155,14	335.640,41	4.188.171,93
Mês 47	4.188.171,93	34.052,92	299.155,14	333.208,05	3.889.016,79
Mês 48	3.889.016,79	31.620,57	299.155,14	330.775,70	3.589.861,65
Mês 49	3.589.861,65	29.188,21	299.155,14	328.343,35	3.290.706,52
Mês 50	3.290.706,52	26.755,86	299.155,14	325.911,00	2.991.551,38
Mês 51	2.991.551,38	24.323,51	299.155,14	323.478,65	2.692.396,24
Mês 52	2.692.396,24	21.891,16	299.155,14	321.046,30	2.393.241,10
Mês 53	2.393.241,10	19.458,81	299.155,14	318.613,95	2.094.085,97
Mês 54	2.094.085,97	17.026,46	299.155,14	316.181,60	1.794.930,83
Mês 55	1.794.930,83	14.594,11	299.155,14	313.749,24	1.495.775,69
Mês 56	1.495.775,69	12.161,76	299.155,14	311.316,89	1.196.620,55
Mês 57	1.196.620,55	9.729,40	299.155,14	308.884,54	897.465,41
Mês 58	897.465,41	7.297,05	299.155,14	306.452,19	598.310,28
Mês 59	598.310,28	4.864,70	299.155,14	304.019,84	299.155,14
Mês 60	299.155,14	2.432,35	299.155,14	301.587,49	0
TOTAL	4.272.901,58	14.359.446,62	18.632.348,20	0	

APENDICÊ F - PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DAS MATÉRIAS PRIMAS E UTILIDADES USADAS NO PROCESSO.

Tabela F1- Calor específico.

Nome	Cp (kJ/kg.K)	Fonte
Água	4,31	Incropera (2008)
Leite cru	3,93	Silva (1997)
Leite desnatado	3,95	Silva (1997)

Fonte: Autoria própria, (2019)

Tabela F2- Entalpias de formação padrão dos compostos

Espécie química	Fórmula	$\dot{H}_{f(298)}$ (KJ/mol)	Fonte
Lactose	$C_{12}H_{22}O_{11}$	-2.242,11	Schiffer e Hammes (2015)
Glicose	$C_6H_{12}O_6$	-1.267,11	Schiffer e Hammes (2015)
Galactose	$C_6H_{12}O_6$	-1.152,53	Domaski (1991)
Ácido Láctico	$C_3H_4O_3$	-671,14	Domaski (1991)
Água	H_2O	-286,03	Perry (2008)

Fonte: Autoria própria (2019)