

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LUANNA GABRIELLA MACÊDO DE ARAÚJO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DE *FROZEN YOGURT* POTENCIALMENTE  
PROBIÓTICO COM GELEIA DE GOIABA (*Psidium guajava L.*)**

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Roberta Targino Hoskin

NATAL/RN  
2018

LUANNA GABRIELLA MACÊDO DE ARAÚJO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DE *FROZEN YOGURT* POTENCIALMENTE  
PROBIÓTICO COM GELEIA DE GOIABA (*Psidium guajava L.*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte como  
requisito para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Roberta Targino Hoskin

NATAL/RN  
2018

LUANNA GABRIELLA MACÊDO DE ARAÚJO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DE *FROZEN YOGURT* POTENCIALMENTE  
PROBIÓTICO COM GELEIA DE GOIABA (*Psidium guajava L.*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte como  
requisito para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia de Alimentos.

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Roberta Targino Hoskin

---

Eng. Fábio Gonçalves Macêdo de Medeiros

NATAL/RN  
2018

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, por todo amor, suporte e incentivo dedicados a mim; e à minha irmã, por compreender minhas ausências e me receber sempre com amor. Todas as minhas conquistas serão dedicadas a vocês.

À família e aos amigos, que nunca me faltaram e estiveram sempre torcendo por mim, especialmente nesta fase final de curso.

Ao meu amigo Eduardo, com quem eu tenho a felicidade de dividir a vida e a profissão.

À minha chefe, Niomar, por ter me suportado nas angústias diárias e por ter me dado condições de concluir este trabalho.

Aos professores do IFRN/Campus Currais Novos, que primeiro me inspiraram e ensinaram o amor à profissão.

Aos professores de diversos departamentos da UFRN, especialmente às professoras do curso de Engenharia de Alimentos: Kátia Matsui, Beatriz Salomão, Márcia Pedrini e Kátia Borges, por compartilharem comigo seus conhecimentos de maneira generosa e especial. Levo um pouquinho de cada uma de vocês comigo.

À minha orientadora Roberta, por ter contribuído de forma tão enriquecedora com o desenvolvimento deste trabalho, por ter me recebido todas às vezes com um sorriso no rosto e por ter acreditado que eu era capaz quando eu não acreditava.

Aos colegas de curso que partilharam comigo essa jornada, e aos colegas do Laboratório de Engenharia de Alimentos, que apesar do pouco tempo de convivência, estiveram sempre dispostos a ajudar e sanar as minhas dúvidas.

À CAPES/CNPQ, pela concessão da bolsa de intercâmbio de estudos, que muito enriqueceu a minha formação enquanto profissional e ser humano.

E à UFRN, por todas as oportunidades oferecidas a mim, desde a sala de aula ao intercâmbio, e pelas experiências vividas aqui, que fizeram de mim alguém melhor.

A todos vocês, a minha gratidão.

## RESUMO

A demanda crescente por alimentos naturais que, além da função de nutrir, desempenhem função benéfica ao organismo, tem gerado oportunidades de inovação em diversos mercados, especialmente no setor de lácteos. Para atender a esta demanda, a indústria de alimentos tem investido em novas tecnologias e matérias-primas que possam agregar valor aos produtos elaborados. O *frozen yogurt* potencialmente probiótico com geleia de goiaba proposto neste estudo é um produto que associa o prazer de saborear um sorvete aos benefícios do consumo de iogurte, além da qualidade nutricional e sensorial fornecidas pela geleia de goiaba. O objetivo deste estudo foi desenvolver a linha de produção em escala industrial para a elaboração do referido produto, sugerir o *layout* simplificado, apresentar os balanços de massa e energia associados ao processo e realizar a análise de viabilidade econômica com ênfase no custo unitário do produto, bem como apresentar alternativa para o tratamento dos resíduos gerados pela empresa. O produto apresentou potencial para aplicação industrial, tendo em vista que seu processamento é relativamente simples e não demanda custos onerosos de implantação. Do ponto de vista mercadológico, o produto apresenta apelo saudável, sustentável e preço de venda competitivo, com relação a outros produtos disponíveis no mercado local, mesmo quando incrementado lucro de 100%. Todos esses fatores indicam perspectiva favorável para a produção e lucratividade do projeto.

**Palavras-chave:** *Frozen yogurt*. Probióticos. Processamento industrial.

## **ABSTRACT**

The growing demand for natural and functional foods has generated innovation opportunities to the food market, especially to the dairy sector. To meet this demand, the food industry has invested on new technologies and/or new ingredients that can add value to their final products. The frozen yogurt potentially probiotic with guava jam proposed in this study links the pleasure of savoring an ice cream to the benefits of yogurt consumption, in addition to the nutritional and sensory quality provided by guava jam. The aim of this study was to develop the industrial-scale production line for the elaboration of frozen yogurt, besides presenting a simplified production layout, process mass and energy balances, and the economic feasibility analysis with emphasis on the unitary cost of the final product, as well as providing an alternative waste treatment to the company. The final product presented great potential for industrial application, considering that its processing is relatively simple and does not demand expensive initial investments. From a marketing standpoint, the product presents a healthy, sustainable appeal and a very competitive selling price, when compared to similar products available in the local market, even when an estimated profit of 100% is considered. All these factors indicate a favorable perspective for the production and profitability of this project.

**Keywords:** Frozen yogurt. Probiotics. Industrial processing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alimentos lácteos com alegações probióticas comercializados no Brasil.....	14
Figura 2 – <i>Psidium guajava</i> L. cv. <i>Paluma</i> .....	20
Figura 3 – Fluxograma de obtenção do <i>frozen yogurt</i> potencialmente probiótico com geleia de goiaba.....	21
Figura 4 – Iogurteira .....	23
Figura 5 – Tanque de maturação.....	26
Figura 6 – Produtora de sorvete .....	27
Figura 7 – Incorporadora de recheio líquido.....	27
Figura 8 – Embalagem de papel biodegradável utilizada para o acondicionamento do produto.....	28
Figura 9 – Câmara de congelamento.....	28
Figura 10 – <i>Layout</i> simplificado .....	30
Figura 11 – Fluxograma simplificado do processamento de <i>frozen yogurt</i> probiótico com geleia de goiaba.....	32
Figura 12 – Desenho esquemático do reator <i>UASB</i> .....	51
Figura 13 – Modelo de uma Estação de Tratamento de Efluentes especialmente desenvolvida para a Indústria de Sorvetes.....	52

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Produção brasileira de goiaba por estados .....	18
TABELA 2 – Formulação do <i>frozen yogurt</i> potencialmente probiótico .....	35
TABELA 3 – Composição centesimal das matérias-primas utilizadas na fabricação do <i>frozen yogurt</i> potencialmente probiótico.....	36
TABELA 4 – Composição centesimal das matérias-primas representadas em termos de fração mássica (g/100g) .....	36
TABELA 5 – Composição final do <i>frozen yogurt</i> (Porção de 100g).....	38
TABELA 6 – Equações de Choi e Okos (1986) para a determinação do $C_p$ de alimentos.....	41
TABELA 7 – Resultado do $C_p^*$ calculado para cada ingrediente da mistura.....	41
TABELA 8 – Custos com equipamentos e utensílios.....	45
TABELA 9 – Custo energético dos principais equipamentos em funcionamento na fábrica.....	46
TABELA 10 – Custos com mão de obra .....	46
TABELA 11 – Custos com matéria-prima .....	47
TABELA 12 – Custos com embalagens .....	47
TABELA 13 – Custo unitário do produto.....	48



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 ALIMENTOS LÁCTEOS COM ALEGAÇÕES PROBIÓTICAS.....	13
2.2 <i>FROZEN YOGURT</i> .....	14
2.2.1 Iogurte.....	15
2.2.2 Sorvete.....	16
2.3 GOIABA ( <i>Psidium Guajava L.</i> ).....	18
2.3.1 Aproveitamento industrial da goiaba.....	19
<b>3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO</b> .....	<b>20</b>
3.1 FLUXOGRAMA.....	20
3.1.1 Recepção e seleção das matérias-primas.....	22
3.1.2 Pesagem dos ingredientes.....	22
3.1.3 Reconstituição do leite.....	23
3.1.4 Homogeneização.....	23
3.1.5 Pasteurização.....	23
3.1.6 Resfriamento a 42 °C e inoculação.....	24
3.1.7 Incubação.....	24
3.1.8 Resfriamento a 4 °C.....	25
3.1.9 Homogeneização.....	25
3.1.10 Maturação.....	25
3.1.11 Aeração, batimento e congelamento.....	26
3.1.12 Envase.....	27
3.1.13 Endurecimento.....	28
3.1.14 Armazenamento.....	29
3.1.15 Distribuição.....	29
3.2 <i>LAYOUT</i> SIMPLIFICADO.....	29
<b>4 BALANÇOS DE MASSA E ENERGIA</b> .....	<b>31</b>

4.1 BALANÇO DE MASSA.....	31
<b>4.1.1 Balanço de massa global.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.2 Balanço de massa por componente .....</b>	<b>36</b>
4.2 BALANÇO DE ENERGIA.....	39
<b>4.2.1 Cálculo da quantidade de calor (<math>Q</math>) no sistema de aquecimento de água.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.2 Cálculo do calor específico (<math>C_p</math>) da mistura.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.3 Cálculo da quantidade de calor (<math>Q</math>) na pasteurização.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.3 Cálculo da quantidade de calor (<math>Q</math>) no sistema de resfriamento.....</b>	<b>42</b>
<b>5 ANÁLISE ECONÔMICA .....</b>	<b>44</b>
5.1 CUSTOS COM EQUIPAMENTOS E UTENSÍLIOS .....	44
5.2 CUSTO ENERGÉTICO DE PRODUÇÃO .....	45
5.3 CUSTOS COM MÃO DE OBRA.....	46
5.4 CUSTO COM MATÉRIA-PRIMA E EMBALAGENS.....	47
5.5 CUSTO UNITÁRIO DO PRODUTO.....	48
5.6 COMPARATIVO DE PREÇO COM OUTROS PRODUTOS DO MERCADO .....	49
<b>6 TRATAMENTO DE RESÍDUOS.....</b>	<b>50</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

# 1 INTRODUÇÃO

As funções dos alimentos para a manutenção e prevenção da saúde estão cada vez mais elucidadas. Como consequência, tem aumentado a procura por alimentos e bebidas capazes de propiciar benefícios específicos à saúde, entre os quais a melhora dos sistemas digestivo e imunológico. Diante disso, a indústria de alimentos busca desenvolver produtos lácteos semelhantes aos tradicionais, mas com benefícios adicionais por meio da inclusão de ingredientes probióticos, prebióticos e fibras (ZACARCHENCO et al., 2017).

O *frozen yogurt*, ou iogurte congelado, apresenta similaridade ao sorvete em relação à composição e processo de obtenção. Tem como principal apelo mercadológico o fato de ser um “produto saudável”. De fato, dependendo da formulação, pode conter até metade das calorias do sorvete comum e cerca de 70% menos gordura. O *frozen yogurt* surgiu nos Estados Unidos desde 1970, mas somente no ano de 2008 ficou conhecido no Brasil, a partir da versão *soft-frozen* comercializada no Rio de Janeiro. As primeiras formulações sofreram rejeição pela similaridade do produto ao iogurte, entretanto, o aperfeiçoamento das formulações e a procura cada vez maior por alimentos saudáveis levaram à consolidação do produto no mercado (SORVETES & CASQUINHAS, 2012).

O *frozen yogurt* representa uma alternativa às sobremesas lácteas pela versatilidade em combinar ingredientes de elevado valor nutricional, tais como as proteínas lácteas, fibras solúveis e insolúveis, probióticos, vegetais e uma gama de nutrientes normalmente não incluídos na dieta moderna (SORVETES & CASQUINHAS, 2012). Assim como o sorvete, representa potencial veículo para a incorporação de ingredientes funcionais (BEZERRA, 2015).

É interessante observar que a maior parte dos produtos lácteos disponíveis no mercado é produzida com frutas de clima temperado (morango, ameixa, pêssigo, etc.). No entanto, as frutas tropicais são reconhecidas por seus sabores exóticos, multiplicidade de formas e cores, além de apelo mercadológico diferenciado. Dentre elas está a goiaba, fruta adaptada a região Nordeste com boas características de cor, sabor e aroma. O uso dessa fruta também pode ser incentivado pelo alto valor nutricional que apresenta. Apesar disso, a goiaba é pouco explorada industrialmente, sendo encontrada geralmente na forma de doce e polpa congelada e, menos frequentemente, nas formas de suco, néctares e sorvetes.

A partir disso, o objetivo deste trabalho de conclusão de curso (TCC) foi desenvolver o produto lácteo do tipo *frozen yogurt* potencialmente probiótico com geleia de goiaba, como uma alternativa ao consumo das sobremesas geladas convencionais. O produto-alvo desse trabalho de conclusão de curso associa os efeitos probióticos do iogurte, a aceitação de mercado do sorvete e os

compostos funcionais existentes naturalmente na fruta tropical goiaba, obtendo-se produto com alto valor agregado.

O presente trabalho inicia com a revisão bibliográfica sobre alimentos lácteos com alegações probióticas, bem como aspectos da legislação vigente e do processamento de iogurte e de gelados comestíveis em geral. Feito isso, é proposto fluxograma operacional para a produção em escala industrial de *frozen yogurt* potencialmente probiótico, bem como o *layout* simplificado da indústria produtora. Em seguida, são apresentados os balanços de massa e energia concernentes ao processo, após os quais é realizada análise de viabilidade econômica do produto, com ênfase no custo unitário de produção. Finalmente, o trabalho termina com a apresentação de alternativas para o tratamento dos resíduos gerados pela indústria e a lista de referências bibliográficas que fundamentam o presente documento.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ALIMENTOS LÁCTEOS COM ALEGAÇÕES PROBIÓTICAS

De acordo com o Anuário Leite<sup>©</sup> (2018), o Brasil produziu cerca de 35,1 bilhões de litros de leite em 2017. Estima-se que quase metade da produção leiteira do país seja transformada em produtos lácteos para consumo direto ou para uso como ingrediente pelas indústrias de alimentos em geral (CRUZ et al., 2017).

Atualmente, os produtos lácteos de maior importância comercial produzidos no Brasil são: queijos (não maturados, maturados e requeijões); iogurtes (natural ou com adição de sabor, firme ou batido); outros tipos de leites fermentados e bebidas lácteas (leite fermentado ou cultivado, leite acidófilo, *kumys* e *kefir*); creme de leite com variadas proporções de gordura; manteiga; doce de leite (pastoso, consistente, com adições); e sobremesas lácteas e sorvetes à base de leite. O restante do leite industrializado é destinado à fabricação de leites de consumo tais como leites pasteurizados, UHT, leites em pó, especiais ou enriquecidos (CRUZ et al., 2017).

Nos últimos anos, tem ocorrido a valorização de produtos lácteos com ingredientes probióticos, prebióticos e fibras. Várias são as alegações de benefícios para a saúde, tais como regulação do sistema digestivo e equilíbrio do organismo como um todo, proporcionando a sensação de bem-estar. Além disso, pesquisas na área de ingredientes probióticos, apontam para possíveis benefícios para a redução da ansiedade, estado de ânimo e sistema imunológico, entre outros (ZACARCHENCO et al., 2017).

Conforme definição-padrão da FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), probióticos são microrganismos vivos que, administrados nas quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro. Entre os probióticos mais estudados e amplamente empregados como ingredientes funcionais destacam-se as bactérias lácticas, especialmente os lactobacilos e as bifidobactérias (SAAD et al., 2011).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, responsável pela regulamentação de alimentos com alegação de propriedades funcionais e de saúde, determina que a quantidade mínima viável para os probióticos deve estar situada na faixa de  $10^8$  a  $10^9$  Unidades Formadoras de Colônias (UFC) na recomendação diária do produto pronto para o consumo, conforme indicação do fabricante. Valores menores podem ser aceitos, desde que a empresa comprove sua eficácia.

Os produtos lácteos, principalmente iogurtes e outros leites fermentados, são reconhecidos como eficientes veículos para os ingredientes probióticos. Além desses, o *frozen yogurt* apresenta potencial para a veiculação de probióticos, sendo destinado para um mercado em expansão e dirigido ao público interessado por hábitos alimentares saudáveis (BEZERRA, 2015).

No Brasil, encontram-se principalmente iogurtes, bebidas lácteas fermentadas e leites infantis com probióticos, além de alguns tipos de queijos com esses microrganismos. No mercado internacional a variedade de produtos lácteos contendo probióticos abrange, além destes produzidos no Brasil, vários tipos de queijos, sobremesas geladas, manteigas e molhos à base de leite e/ou iogurte. Recentemente, com o intuito de agregar ainda mais valor a esses produtos lácteos, a indústria tem também se dedicado a produzir lácteos com outros diferenciais, tais como: (1) sem adição de conservantes, aromatizantes ou outros aditivos (*clean label*); (2) produto feito a partir de leite de raças específicas; (3) produto feito a partir de leite de procedência garantida, por exemplo, de pequenas propriedades rurais; e (4) com baixos teores de gordura, açúcar e altos teores de proteína (ZACARCHENCO et al., 2017). A Figura 1 apresenta alguns dos alimentos lácteos com alegações probióticas comercializados no Brasil.

Figura 1 – Alimentos lácteos com alegações probióticas comercializados no Brasil



Fonte: Divulgação.

## 2.2 FROZEN YOGURT

O *frozen yogurt*, ou iogurte congelado, tem ganhado popularidade entre os consumidores brasileiros nos últimos anos, em função, principalmente, da demanda por produtos mais frescos e naturais e que, além disso, desempenhem alguma função benéfica no organismo, além da função de nutrir (RENHE; WEISBERG; PEREIRA, 2015).

Autores como Gonçalves e Eberle (2008) e Renhe et al. (2015) incluem o *frozen yogurt* na categoria de “gelados comestíveis”. A Resolução RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005, define gelados comestíveis como produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, ou de uma mistura de água e açúcares, podendo ser adicionados de outro(s) ingrediente(s) desde que não descaracterize(m) o produto (BRASIL, 2005).

Este mesmo regulamento determina a densidade aparente mínima de 475 g/L. Entretanto, não estabelece limites quanto à proporção de ingredientes a serem incorporados e nem recomendações específicas relacionadas à presença de proteínas, gordura e sólidos totais (BEZERRA, 2015). Dessa forma, as lojas e franquias disponibilizaram uma série de produtos com

composição bastante variável, partindo de produtos apenas aromatizados, passando por sorvetes à base de iogurte e culminando com iogurtes batidos (RENHE; WEISBERG; PEREIRA, 2015).

De fato, o *frozen yogurt* é um produto que agrega os benefícios do consumo de iogurte ao hábito prazeroso de saborear um sorvete. Além disso, seu consumo é normalmente associado à adição de frutas, o que o torna nutritivo, e seu sabor característico favorece a adição de culturas probióticas (RENHE; WEISBERG; PEREIRA, 2015). Sendo assim, o *frozen yogurt* reúne, ao mesmo tempo, características do iogurte e do sorvete, e, por causa disso, faz-se necessário discutir alguns aspectos importantes de ambos os produtos.

### 2.2.1 Iogurte

Mundialmente, o iogurte é o principal tipo de leite fermentado produzido. No Brasil, a produção de iogurte teve início no século XX, mas só a partir dos anos 1970, com a introdução dos iogurtes saborizados, a produção industrial começou a crescer. A partir dos anos 2000, com a incorporação de probióticos aos leites fermentados, possibilitou-se avanço considerável na oferta de novos produtos lácteos com efeitos benéficos adicionais à saúde (CRUZ et al., 2017).

A Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007, que dispõe do Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados, define iogurte como:

*Produto obtido por coagulação e diminuição do pH do leite, ou reconstituído, adicionado ou não de outros produtos lácteos, por fermentação láctica mediante a ação de cultivos protossimbióticos de Streptococcus salivarius subsp. thermophilus e Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, podendo-se utilizar outras bactérias ácido-lácticas que, por sua atividade, contribuam para a determinação das características do produto final (BRASIL, 2007).*

É importante salientar que estes microrganismos específicos devem ser viáveis, ativos e abundantes no produto final (mín.  $10^7$  UFC/g) durante seu prazo de validade. Segundo este mesmo regulamento, os iogurtes podem ser classificados de acordo com o conteúdo de matéria gorda em:

- a) Com creme: mín. 6,0 g de matéria gorda láctea/ 100 g;
- b) Integrais: 3,0 a 6,0 g de matéria gorda láctea/ 100 g;
- c) Parcialmente desnatados: 0,6 a 2,9 g de matéria gorda láctea/ 100 g; e
- d) Desnatados: máx. 0,5 g de matéria gorda láctea/ 100 g.

e com a adição ou não de ingredientes opcionais não lácteos, que não deve ultrapassar a proporção máxima de 30% (m/m).

É requisito que a acidez final do iogurte esteja entre 0,6 e 1,5 g de ácido láctico/ 100 g de produto final. Já o teor de proteínas (mín. de 2,9 g/100g de produto final para iogurtes produzidos

apenas com ingredientes lácteos), pode ser reduzido para produtos adicionados de ingredientes não lácteos (BRASIL, 2007).

O interesse dos consumidores pelos iogurtes tem crescido devido a sua densidade nutricional e aos ingredientes benéficos à saúde que podem ser adicionados a estes produtos, tais como fibras, probióticos e prebióticos (ANUÁRIO LEITE, 2018).

## **2.2.2 Sorvete**

### 2.2.2.1 Estrutura

O sorvete é um dos muitos alimentos que estão incluídos na categoria de gelados comestíveis. Tradicionalmente, o sorvete é elaborado a partir de produtos lácteos, em especial, creme e leite, adicionado de ingredientes aromatizantes e saborizantes, e congelado sob agitação contínua (RENHE; WEISBERG; PEREIRA, 2015).

A estrutura do sorvete é complexa. Consiste de uma mistura heterogênea, na qual coexistem emulsão, gel, suspensão e espuma, mantidos em coesão graças ao congelamento. A espuma é formada por bolhas de ar cobertas por cristais de gelo, glóbulos de gordura individualizados ou parcialmente fundidos e cristais de lactose (PEREDA et al., 2005).

As bolhas de ar possuem três funções especiais: (1) tornam o sorvete mais leve; (2) proporcionam maciez e tornam o produto deformável à mastigação; e (3) atuam como isolante do frio intenso (sem ar, seria desagradável consumir o sorvete). Os cristais de gelo, por sua vez, são indispensáveis para dar consistência e sensação de frescor, mas não devem ser grandes demais para evitar a sensação de arenosidade na boca (PEREDA et al., 2005).

### 2.2.2.2 Composição

O interesse do público pelos gelados comestíveis pode e deve ser usado como incentivo à abertura de uma discussão sobre o real papel do sorvete na alimentação. Analisando-se sua base láctea, o sorvete contém todas as propriedades nutritivas do leite. Quando adicionado de frutas, o sorvete torna-se uma importante fonte de proteínas, vitaminas e minerais. Além disso, a adição de probióticos ao sorvete o torna um alimento ainda mais atrativo e com potencial para promover a saúde através de mecanismos não previstos na nutrição convencional (RENHE; WEISBERG; PEREIRA, 2015).

Os principais ingredientes do sorvete, em ordem de importância quantitativa, são: o leite em todas as suas formas, os açúcares, as gorduras, as proteínas, os estabilizantes e outros ingredientes, cada qual com funções bem definidas (PEREDA et al., 2005).



A *gordura* possui papel importante no desenvolvimento da estrutura do sorvete, bem como nas propriedades sensoriais e em sua estabilidade durante a estocagem. Produtos com maior teor de gordura tendem a ser mais macios, permitem maior incorporação de ar e são percebidos sensorialmente como mais quentes (RENHE; WEISBERG; PEREIRA, 2015).

O *estrato seco desengordurado*, fundamentalmente *proteínas*, é necessário para a palatabilidade, já que a intensidade e o tempo de permanência do sabor na boca dependem do teor de sólidos da mistura. Além disso, é importante para baixar o ponto de congelamento, aumentar a viscosidade do produto e contribuir com a estabilização da espuma (PEREDA et al., 2005).

Os *açúcares* proporcionam sabor doce ao sorvete, fixam compostos aromáticos e previnem sua volatilização. Assim como as proteínas, contribuem com o aumento da viscosidade e a diminuição do ponto de congelamento (PEREDA et al., 2005).

Os *estabilizantes* atuam como elo de união entre todos os elementos, entretanto, deve ser utilizado em quantidades controladas, visto que o excesso dele pode causar sabor amargo nos sorvetes (PEREDA et al., 2005). Os estabilizantes são adicionados à mistura conforme indicação dos fabricantes em quantidades que, normalmente, não superam 1% do volume total da calda.

Os *aromas*, *corantes* e *acidulantes*, que podem ser naturais ou artificiais, têm a função de realçar o sabor e a cor, dando ao produto as características desejadas. Os acidulantes também conferem a sensação de frescor na boca, devido a diminuição do pH da mistura (PEREDA et al., 2005).

### 2.2.2.3 Mercado e principais tendências para o setor

Segundo dados da ABIS (*Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes*), a produção de sorvete de massa no Brasil alcançou 776 milhões de litros em 2017. Apesar de ser um número expressivo, a produção e o consumo de gelados comestíveis têm apresentado queda desde 2015, em função da crise econômica que atingiu indústrias em diversos setores. Entretanto, a redução foi menos expressiva entre os anos de 2016 e 2017 do que no biênio anterior (2015/2016), o que indica uma estabilização. Para o ano de 2018, a ABIS espera que o setor inicie trajetória de retomada do crescimento, ainda que discreta.

Em entrevista concedida à revista *Pequenas Empresas & Grandes Negócios*, Eduardo Weisberg, presidente da ABIS, destaca algumas tendências para o segmento: o desenvolvimento de sorvetes com qualidade diferenciada (*Premium*); a utilização de frutas regionais; e a elaboração de sorvetes com apelo funcional, que é uma tendência mundial, segundo ele (DUARTE, 2017).

No campo científico, alguns trabalhos têm sido realizados, com foco, principalmente, na redução de gordura (com substituição por outras gorduras ou outros ingredientes, como fibras) e dos

teores de açúcar. Existem pesquisas relacionadas com a aceitação sensorial de sorvetes adicionados de *blends* de adoçantes, em especial quanto aos atributos de sabor e textura e o desenvolvimento de ingredientes funcionais ou o uso de frutas, principalmente com relação aos seus impactos nas características reológicas, funcionais e de sabor, como resistência ao derretimento e melhora da palatabilidade (RENHE; WEISBERG; PEREIRA, 2015).

### 2.3 GOIABA (*Psidium Guajava L.*)

A goiabeira pertence ao gênero *Psidium L.*, da família *Myrtaceae*, que compreende entre 110 e 130 espécies de árvores e arbustos, dos quais muitos são produtores de frutos comestíveis. Não se sabe ao certo o local de sua origem, mas acredita-se que seja a América Tropical, já que a maioria das espécies pode ser encontrada desde o sul do México até a América do Sul (ITAL, 1991). Em virtude da sua fácil adaptação a diferentes climas e sua fácil propagação por semente, a goiabeira é, atualmente, encontrada em quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (GONZAGA NETO, 2007).

De acordo com o Censo Agropecuário 2017, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil produziu em torno de 288 mil toneladas de goiaba neste mesmo ano. A Tabela 1 apresenta a produção de goiaba em todos os estados brasileiros, incluindo o Distrito Federal. Os estados de São Paulo, Pernambuco, Bahia e Ceará são os maiores produtores nacionais, somando juntos 82% de toda a produção do país. O Rio Grande do Norte aparece na 17ª posição com aproximadamente 859 toneladas produzidas.

TABELA 1 – Produção brasileira de goiaba por estados

Estado	Produção (t)
São Paulo	143.343,157
Pernambuco	40.853,205
Bahia	38.767,782
Ceará	11.654,510
Rio de Janeiro	10.595,285
Minas Gerais	9.702,941
Espírito Santo	6.700,197
Paraná	6.072,139
Distrito Federal	4.362,360
Sergipe	2.934,160
Rio Grande do Sul	2.222,174
Amazonas	2.002,994
Goiás	1.872,840
Pará	1.530,848
Piauí	1.359,835
Rio Grande do Norte	858,777

Paraíba	804,413
Rondônia	516,965
Mato Grosso do Sul	478,250
Santa Catarina	463,815
Alagoas	366,395
Mato Grosso	150,350
Roraima	67,390
Tocantins	51,100
Maranhão	43,250
Acre	41,695
Amapá	32,401

Fonte: Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2017).

À exceção da *Psidium guajava L.*, as demais espécies não apresentam interesse comercial enquanto fruteira. Goiabas são bagas globosas, ovoide ou piriforme, com 4 a 12 cm de comprimento, geralmente de casca amarelada, quando madura, sabor doce ou pouco ácido e aroma característico, contendo numerosas sementes (ITAL, 1991). As variedades de goiabeira podem diferir entre si com relação a diversos aspectos, tais como: formato, produtividade, época de produção, número, tamanho e formato do fruto e coloração da polpa (branca ou avermelhada) (GONZAGA NETO, 2007).

A importância nutricional da goiaba é devida ao seu alto teor de vitamina C (inferior apenas ao da acerola) e conteúdo elevado de açúcares, vitamina A, tiamina, niacina, fósforo, ferro e cálcio, além de ser rica em fibras (BARBOSA; LIMA, 2010).

Uma característica importante da goiabeira cultivada com irrigação e com poda de frutificação no Nordeste é que, além da alta produtividade – 40 t a 50 t/ha/ciclo – produz o ano inteiro (GONZAGA NETO, 2007).

### 2.3.1 Aproveitamento industrial da goiaba

Os frutos da goiabeira têm importância econômica real, em função das diversas possibilidades de aproveitamento, tanto na forma *in natura* quanto processada (GONZAGA NETO, 2007). As variedades de polpa avermelhada e maior acidez são preferidas pela indústria de processamento, enquanto que as variedades que apresentam coloração branca e sabor mais doce são preferidas para o consumo *in natura*. Além disso, a quantidade de sementes e o rendimento da polpa também são características importantes para a escolha da variedade destinada à indústria (ITAL, 1991).

As cultivares Paluma, Rica e IAC-4 apresentam características desejáveis à industrialização. A cv. *Paluma* (Figura 2) tem cor de polpa vermelho-intensa, sabor agradável e pequena quantidade de sementes, além de rendimento de polpa em torno de 94%. As cultivares Rica e IAC-4 também

apresentam bom rendimento, sendo utilizadas principalmente na produção de compotas (BARSOSA; LIMA, 2010).

Figura 2 – *Psidium guajava* L. cv. *Paluma*



Fonte: BH Mudas (2017).

Em pesquisa realizada na *internet* verificou-se que, no setor de produtos lácteos, já são encontradas algumas bebidas fermentadas com sabor de goiaba, além de iogurtes gregos produzidos por importantes indústrias do ramo, tais como: o Iogurte Grego Sabor Goiabada, da marca Nestlé; o Grego com calda sabor *cheesecake* de goiaba, da Danone; e o iogurte Grego Sabores de Minas Goiabada+Queijo, da marca Itambé. A marca Kibon<sup>®</sup>, da Unilever, lançou, em 2014, o sorvete “*Romeu e Julieta*” da linha *Blast* tendo como referência, o clássico, goiabada com queijo.

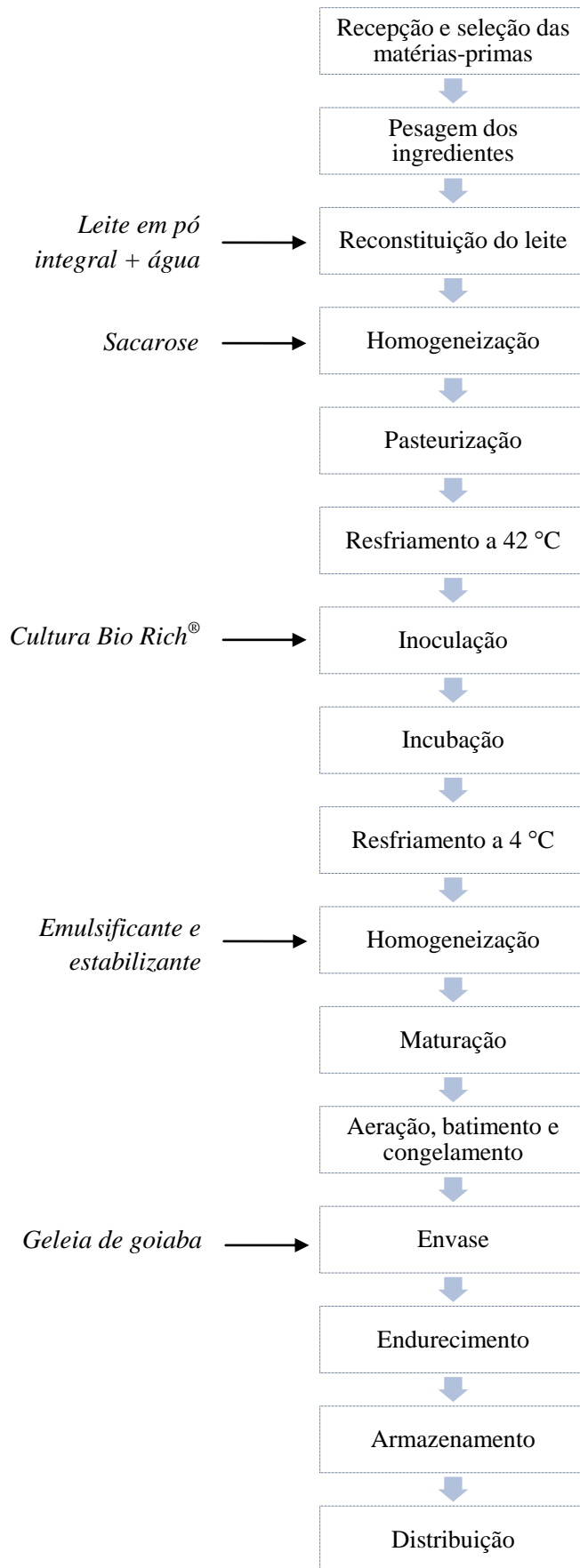
No mercado local, a goiaba é encontrada normalmente na forma de doce (goiabada) e polpa congelada e, menos frequentemente, na forma de sucos, néctares e sorvetes. Algumas sorveterias regionais produzem o tradicional sorvete sabor “Nata Goiaba”, é o caso das empresas Slup Sorvetes Ltda, Ster Bom e Chapinha, todas potiguares. Além dessas, a Pardal Sorvetes (CE) e Zeca’s Sorvetes (PE) também produzem o sorvete sabor “Nata Goiaba”. Interessantemente, em consulta às principais franquias de *frozen yogurt* instaladas no Rio Grande do Norte (*Yoggi*<sup>®</sup> e *Yogoberry*<sup>®</sup>) não foram encontrados produtos com sabor de goiaba.

### 3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

#### 3.1 FLUXOGRAMA

O processamento do *frozen yogurt* potencialmente probiótico é baseado em protocolo de produção proposto por Gonçalves e Eberle (2008) conforme ilustra a Figura 3. A geleia de goiaba será adquirida de fornecedor local, devidamente pasteurizada, e adicionada ao produto na etapa de embalagem. Todas as etapas do processo produtivo serão mostradas e discutidas a seguir.

Figura 3 – Fluxograma de obtenção do *frozen yogurt* potencialmente probiótico com geleia de goiaba



Fonte: Adaptado de Gonçalves e Eberle (2008).

### 3.1.1 Recepção e seleção das matérias-primas

As operações de recepção e seleção de matérias-primas, insumos e embalagens serão realizadas em local protegido, limpo e isolado da área de produção. Todos esses materiais serão inspecionados e aprovados antes de sua utilização (BRASIL, 2003). O controle de qualidade da matéria-prima ou insumo incluirá inspeção, classificação e, quando necessário, análise laboratorial (BRASIL, 1997).

No ato do recebimento serão avaliadas as condições do transporte e as características dos ingredientes a serem recebidos em relação à cor, odor, textura e temperatura. Além disso, a integridade das embalagens e as informações constantes nos rótulos (lote e validade) também serão verificadas.

A geleia de goiaba será recebida pasteurizada e acompanhada de registro que ateste a segurança do seu uso. A água utilizada como ingrediente na fabricação do *frozen yogurt* será obtida a partir de poço artesiano e sua potabilidade será atestada por meio de laudos laboratoriais expedidos por empresa terceirizada, com periodicidade de seis meses, conforme legislação vigente (BRASIL, 2003).

As matérias-primas (sacarose, leite em pó, culturas, etc.) serão armazenadas em local limpo, seco e fresco, com temperatura entre 10 e 26 °C e umidade relativa do ar entre 50 e 60%. Deve-se assegurar, através do controle, a adequada rotatividade das matérias-primas e ingredientes (FIFO – “*first in, first out*”). As embalagens serão mantidas em condições higiênico-sanitárias em local destinado para este fim e serão inspecionadas imediatamente antes do uso, para verificar sua segurança.

Matérias-primas, insumos e embalagens reprovados pela inspeção serão devolvidos imediatamente aos seus fornecedores. Quando não for possível a devolução imediata, serão identificados e mantidos separados daqueles que foram aprovados até que recebam o destino adequado.

### 3.1.2 Pesagem dos ingredientes

A qualidade nutricional e tecnológica do *frozen yogurt* está intimamente relacionada à qualidade dos seus ingredientes e ao correto balanceamento entre os componentes (sólidos totais, gordura, açúcar, estabilizante, emulsificantes, etc.). Assim, o primeiro passo para a elaboração do *frozen yogurt* é determinar as características esperadas do produto final e realizar, com base nisso, o balanceamento de sua formulação. De posse desses dados, os ingredientes serão cuidadosamente pesados e, na sequência, serão misturados para completa dissolução e hidratação.

As etapas de reconstituição do leite, homogeneização, pasteurização, resfriamento a 42 °C, inoculação, incubação e resfriamento a 4 °C serão realizadas em iogurteira com capacidade para 500 L por batelada (Figura 4). O equipamento é constituído de tanque em aço inox AISI 304, provido de agitador, com camisa dupla e entradas para água quente e fria, termômetro analógico e saída lateral.

Figura 4 – Iogurteira



Fonte: Rica Nata (2018).

### **3.1.3 Reconstituição do leite**

O leite será recebido em pó, integral (3% de gordura), e será reconstituído com água potável na proporção de 1 kg de leite em pó para 8 L de água, conforme recomendação do fabricante.

### **3.1.4 Homogeneização**

A sacarose será previamente peneirada e adicionada ao leite reconstituído na etapa de homogeneização. O agitador será acionado, assim como a alimentação de água quente na camisa do tanque, para melhor dissolução dos pós na água.

### **3.1.5 Pasteurização**

De acordo com regulamento técnico específico, gelados e preparados para gelados comestíveis contendo leite, seus constituintes ou produtos de leite devem ser, obrigatoriamente, submetidos ao processo de pasteurização (BRASIL, 2003). Além de garantir a segurança microbiológica do leite, o tratamento térmico desnatura parcialmente as proteínas do soro,

favorecendo ligações proteína-proteína e com outros constituintes do leite, aumentando a viscosidade do iogurte. Também reduz a quantidade de oxigênio dissolvido, criando condições de microaerofilia favoráveis ao crescimento do cultivo iniciador, especialmente das cepas probióticas (PEREDA et al., 2005).

A mistura homogeneizada será pasteurizada em sistema descontínuo (batelada ou *batch*) obedecendo ao binômio tempo-temperatura de 70 °C por 30 min, que deverão ser registrados e monitorados por funcionário devidamente capacitado, conforme legislação vigente (BRASIL, 2003).

### 3.1.6 Resfriamento a 42 °C e inoculação

Encerrada a pasteurização, a mistura será resfriada até 42 °C, temperatura ideal para a inoculação e crescimento da cultura *Bio Rich*<sup>®</sup> (*Chr. Hansen*). A cultura escolhida contém os microrganismos *S. thermophilus*, específicos para a produção de iogurte, além das cepas probióticas de *L. acidophilus* LA-5<sup>®</sup> e *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12<sup>®</sup>.

Quando adicionadas no início da fermentação, juntamente com as culturas do iogurte, as cepas probióticas participam de todas as mudanças que ocorrem no produto que está sendo fermentado, atingindo posteriormente a fase de crescimento exponencial e desenvolvendo melhor adaptação e capacidade de sobrevivência ao longo da estocagem do produto (SAAD, 2011).

É importante ressaltar que a cultura deve fornecer quantidade abundante de microrganismos viáveis e, ao mesmo tempo, proporcionar população equilibrada entre as espécies responsáveis pela fermentação (PEREDA et al., 2005). No caso específico de alimentos com alegações probióticas, os microrganismos devem estar viáveis em concentrações de 10<sup>8</sup> a 10<sup>9</sup> UFC por recomendação diária do produto, conforme regulamento específico (BRASIL, 2002).

### 3.1.7 Incubação

A temperatura de incubação será a mesma da inoculação e, portanto, 42 °C. A fermentação será acompanhada por medição do pH até que o mesmo alcance 4,6. Nestas condições, a incubação terá duração de 4 h, aproximadamente.

A etapa de fermentação constitui a essência do processo de fabricação do iogurte. Nesta etapa ocorre o consumo da lactose e a hidrólise das proteínas do leite pelas culturas lácticas, resultando na produção de peptídeos, compostos ácidos e de aromas característicos, como ácido láctico e acetaldeído (SAAD et al., 2011).



### **3.1.8 Resfriamento a 4 °C**

Finalizada a fermentação, o iogurte será resfriado a temperatura de 4 °C ou inferior. O principal objetivo desta etapa de resfriamento é interromper a fermentação, para evitar que o iogurte se torne excessivamente ácido. Recomenda-se que o resfriamento do iogurte seja feito em fases sucessivas até atingir temperatura final entre 2 e 4 °C. Segundo PEREDA et al. (2005), um resfriamento muito rápido pode afetar a estrutura do coágulo, levando à separação do soro devido à intensa retração das proteínas do coágulo, e afetando a capacidade de retenção de água destas.

### **3.1.9 Homogeneização**

Nesta etapa, o emulsificante e o estabilizante serão adicionados ao iogurte, em quantidade equivalente a 1% do volume total de calda que se deseja preparar, segundo recomendações do fabricante. A homogeneização tem a finalidade de diminuir o tamanho dos glóbulos de gordura, favorecendo a formação de emulsão mais fina e estável e facilitando a ação dos emulsificantes e estabilizantes sobre a superfície das partículas (PEREDA et al., 2005).

### **3.1.10 Maturação**

A mistura homogeneizada será transferida para o tanque de maturação (Figura 5), onde ficará em repouso, sob agitação suave e à temperatura de 4 °C, ou inferior, durante 15 a 16 h, antes de ser transferida para a produtora de sorvete. Durante este período, haverá cristalização da gordura, atuação dos emulsificantes e completa hidratação dos estabilizantes, o que permitirá melhor ação de cada ingrediente na formação da complexa estrutura do sorvete. (PEREDA et al., 2005; RENHE; WEISBERG; PEREIRA, 2015). Como resultado da maturação, podemos destacar o aumento da viscosidade, melhor absorção do ar durante seu batimento e congelamento e aumento da resistência ao derretimento do sorvete. Após a maturação, o iogurte será bombeado até a sorveteira, para posterior batimento, aeração e congelamento.

Figura 5 - Tanque de maturação



Fonte: Polo Sul Máquinas para Sorvete (2018).

### 3.1.11 Aeração, batimento e congelamento

Finalizada a maturação, a calda será bombeada até a máquina produtora de sorvete (Figura 6) com capacidade de produção de 600 L/h, na qual o congelamento será realizado de forma simultânea à batidura. O congelamento acontece em dispositivo constituído por camisa dupla pela qual circula amoníaco, capaz de resfriar a mistura de 4 a -7 °C rapidamente, a fim de se obter minúsculos cristais de gelo e, portanto, textura suficientemente cremosa (PEREDA et al., 2005). Nesse processo de congelamento rápido, 50% da água congela em poucos minutos, formando grande quantidade de pequenos cristais de gelo, o que leva a obtenção de textura suave. O produto sairá da sorveteira a temperatura entre -6 a -7 °C.

A incorporação de ar é chamada de *overrun*, usualmente definido como o aumento do volume do sorvete obtido a partir de um volume inicial de calda, expresso em porcentagem de *overrun* (RENHE; WEISBERG; PEREIRA, 2015). Nos congeladores contínuos, o ar é incorporado a uma pressão determinada pelo equipamento e posteriormente se expande, produzindo grande número de pequenas células de ar. Neste tipo de sistema consegue-se *overrun* de 130% ou mais.

Além das especificações do processamento, a quantidade de ar incorporado também depende da composição da calda, resultando nas características adequadas de corpo, textura e palatabilidade necessárias ao sorvete. Gonçalves e Eberle (2008) e Bezerra (2015) obtiveram valores de *overrun* para o *frozen yogurt* em torno de 20%. Apesar da baixa proporção de ar incorporado, Gonçalves e Eberle (2008) afirmam ter obtido um produto de consistência leve e suave.

Figura 6 - Produtora de sorvete



Fonte: Polo Sul Máquinas para Sorvetes (2018).

### 3.1.12 Envase

É nesta etapa que a geleia de goiaba será incorporada ao produto. Para isto, uma máquina incorporadora de recheio líquido (Figura 7) será acoplada à produtora de sorvete. A máquina tem capacidade para envase de até 600 L/h, é provida de bico *sundae* e possui regulagem de volume de recheio e de velocidade de mescla, que permitem a dosagem correta em todas as embalagens e a perfeita distribuição do recheio no sorvete, respectivamente. Inicialmente, o envase será semiautomático: um colaborador irá fornecer e retirar os potes, enquanto outro lacra e encaivota. A máquina incorporadora de recheio escolhida, entretanto, pode ser igualmente adaptada a um sistema de envase completamente automático.

Figura 7 – Incorporadora de recheio líquido



Fonte: Polo Sul Máquinas de Sorvete (2018).

O *frozen yogurt* será acondicionado em embalagens de papel biodegradável com capacidade para armazenar 0,5 L do produto (Figura 8). As embalagens são feitas com matéria-prima natural e renovável, não possuem corantes e quando descartadas não deixam resíduos tóxicos na natureza, além de ser completamente decompostas em até 180 dias, de acordo com o fabricante (BIOCOPO<sup>®</sup>, 2018). O uso de biodegradáveis é uma tendência mundial, que visa a sustentabilidade, além de representar uma oportunidade para renovar e transmitir o compromisso ambiental da empresa.

Figura 8 – Embalagem de papel biodegradável utilizada para o acondicionamento do produto



Fonte: Biocopo<sup>®</sup> (2018).

### 3.1.13 Endurecimento

Após o acondicionamento em embalagem, o processo de congelamento continua até que a temperatura no produto atinja  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o chamado endurecimento. O endurecimento será realizado em câmara de congelamento com ar forçado e temperatura controlada, entre  $-10$  e  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 9). O ideal é que o endurecimento seja concluído o mais rápido possível para evitar a formação de grandes cristais de gelo.

Figura 9 – Câmara de congelamento



Fonte: WebContinental (2018).

### 3.1.14 Armazenamento

O produto final ficará armazenado em câmara de congelamento até o momento de sua distribuição. De acordo com regulamento técnico específico, os gelados comestíveis devem ser mantidos a temperatura máxima de -18 °C no produto (BRASIL, 2003).

### 3.1.15 Distribuição

A distribuição do *frozen yogurt* será realizada em caminhão refrigerado com temperatura controlada a -12 °C ou inferior. No local de exposição à venda, será tolerada a temperatura máxima de -12°C, e, nos equipamentos para venda de ambulante, sem unidade de refrigeração própria, é tolerada temperatura máxima de -5°C (BRASIL, 2003).

## 3.2 LAYOUT SIMPLIFICADO

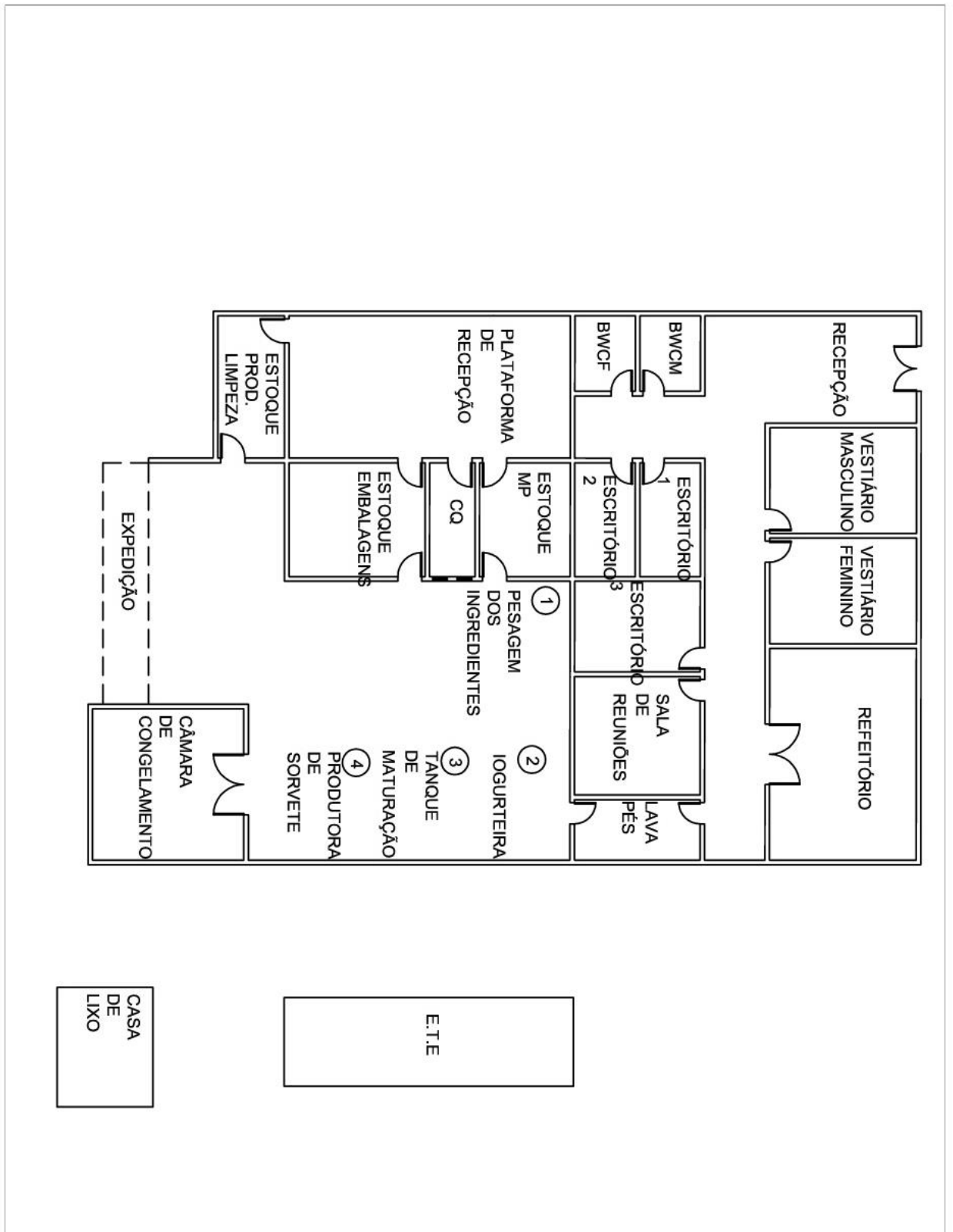
O *layout* simplificado (Figura 10) foi desenvolvido com base nas Resoluções RDC n° 267, de 25 de setembro de 2003, que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis; e RDC n° 275, de 21 de outubro de 2002, que dispõe do Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação nestes mesmos estabelecimentos.

De acordo com ambas as normas, as operações do processo de produção devem ser realizadas em fluxo ordenado, linear e sem cruzamentos, para evitar o risco de contaminação cruzada. Pensando nisso, o *layout* proposto dispõe de área para recebimento de matérias-primas e embalagens, bem como de locais específicos para o armazenamento destas. Uma única entrada para a área de produção foi projetada, sendo que o colaborador, necessariamente, deverá passar pela área de higienização das mãos e dos sapatos antes de acessar a produção. As atividades administrativas, por sua vez, são separadas da área de produção, assim como os banheiros e vestiários não possuem comunicação direta com esta área. Também, o produto segue fluxo linear durante toda a linha de produção.

A área de produção conta com estoque de matéria-prima, setor de produção, estoque de embalagens, estoque de produtos químicos (limpeza), e câmara de congelamento para armazenamento dos produtos acabados.

A estrutura dispõe também de Estação de Tratamento de Efluentes e local para coleta seletiva de lixo. Todas essas estruturas estão mostradas na Figura 10, a seguir.

Figura 10 – Layout simplificado



Fonte: Autor (2018).

## 4 BALANÇOS DE MASSA E ENERGIA

### 4.1 BALANÇO DE MASSA

O balanço de massa é uma relação das correntes do sistema que relaciona as entradas, saídas, geração e consumo e dessa forma quantifica o acúmulo dentro do sistema de análise. Esse acúmulo diz respeito tanto ao aumento quanto à diminuição de determinada propriedade no mesmo sistema (MEIRELES; PEREIRA, 2013). O balanço de massa é representado pela equação geral:

$$\Sigma_{acúmulo} = \Sigma_{entrada} - \Sigma_{saída} + \Sigma_{geração} - \Sigma_{consumo}$$

Em processos em batelada, é comum desprezar os termos de geração e consumo e, além disso, considera-se o acúmulo como sendo nulo. Nesse caso, a soma de todas as correntes que entram no sistema é igual à soma de todas as correntes que saem do sistema, e a equação do balanço é, portanto, reduzida à:

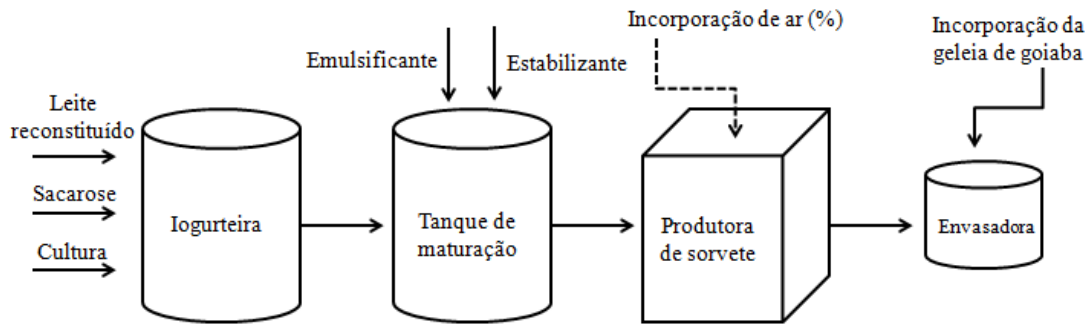
$$\Sigma_{entrada} = \Sigma_{saída}$$

Esta consideração será usada para efeito de cálculo. Entretanto, é importante dizer que, na etapa fermentativa, ocorrem consumo e geração de massa à medida que a matéria-prima (principalmente a lactose) é metabolizada a diversos produtos (ácido lático e outros compostos) que são liberados no meio. Para quantificar o acúmulo, nesta situação, seria necessário realizar a análise centesimal do produto final (OLIVEIRA, 2017).

#### 4.1.1 Balanço de massa global

A Figura 11 ilustra, de maneira simplificada, o processo produtivo do *frozen yogurt* com destaque às etapas onde ocorre transferência de massa (entradas e saídas).

Figura 11 – Fluxograma simplificado do processamento de *frozen yogurt* probiótico com geleia de goiaba



Fonte: Autor (2018).

Nesse processo, é estabelecido que serão produzidas 100 caixas do produto por batelada. Cada caixa comporta 12 embalagens individuais com capacidade para 0,5 L. Nesse caso, serão produzidos 600 L de produto por batelada, conforme o cálculo a seguir:

$$Produção \left[ \frac{L}{batelada} \right] = 100 \frac{caixas}{batelada} \times 12 \frac{unidades}{caixa} \times 0,5 \frac{L}{unidade} = 600 \frac{L}{batelada}$$

Para garantir o correto balanceamento do processo, todas as correntes serão convertidas em unidade mássica (kg). O problema de trabalhar em unidade volumétrica é que, dependendo da densidade (ou massa específica) do material, a mesma quantidade de massa pode ocupar diferentes volumes. Assim, considerando a densidade aparente do *frozen yogurt* igual a 475 g/L (BRASIL, 2003), a produção total será de 285 kg/batelada. O cálculo é mostrado logo a seguir:

$$d = \frac{m}{V}$$

$$m = d \times V$$

$$m = 475 \frac{g}{L} \times 600 \frac{L}{batelada} \times \frac{kg}{10^3 g} = 285 \frac{kg}{batelada}$$

Dessa forma, o volume da embalagem deve ser igualmente representado em unidade de massa:

$$m_{embalagem} = 0,5 \frac{L}{embalagem} \times 475 \frac{g}{L} \times \frac{kg}{10^3 g} = 0,238 \frac{kg}{embalagem}$$



Fazendo o balanço de massa na etapa de envase, temos:

$$\Sigma_{entrada} = \Sigma_{saída}$$

$$m_{FY} + m_G = m_{PF}$$

onde:  $m_{FY}$  é a quantidade de *frozen yogurt* que será produzida;  $m_G$  é a quantidade de geleia de goiaba que será incorporada ao produto; e  $m_{PF}$  é a quantidade total de produto por batelada. Substituindo a variável conhecida, temos:

$$m_{FY} + m_G = 285 \frac{kg}{batelada}$$

Como mencionado anteriormente, a calda será incorporada ao produto na etapa de envase em quantidade equivalente a 10% do produto final. Neste caso, 28,5 kg/batelada:

$$m_{CG} = 10\%(m_{PF}) = 0,1 \times 285 \frac{kg}{batelada} = 28,5 \frac{kg}{batelada}$$

Logo, a quantidade de *frozen yogurt* a ser produzida pode ser determinada por diferença:

$$m_{FY} = m_{PF} - m_G$$
$$m_{FY} = (285 - 28,5)kg = 256,5 \frac{kg}{batelada}$$

O balanço de massa na produtora de sorvete é dado por:

$$m_{calda} + m_{ar} = m_{FY}$$

onde:  $m_{calda}$  representa a quantidade de produto que sai do tanque de maturação e alimenta a produtora de sorvete; e  $m_{ar}$  é a quantidade de ar incorporado à massa.

A incorporação de ar, definida anteriormente em termos de volume, será igualmente convertida em unidade mássica. Nesse caso, a quantidade de ar incorporada ao produto será equivalente a 20% da quantidade total de *frozen yogurt* produzido (GONÇALVES E EBERLE, 2008; BEZERRA, 2015) e, portanto, 51,3 kg/batelada:

$$m_{ar} = 20\%(m_{FY}) = 0,2 \times 256,5 \frac{kg}{batelada} = 51,3 \frac{kg}{batelada}$$

Retomando o balanço de massa na produtora de sorvete, a massa de calda é calculada por diferença:

$$m_{calda} = m_{FY} - m_{ar}$$

$$m_{calda} = 256,5 \frac{kg}{batelada} - 51,3 \frac{kg}{batelada} = 205,2 \frac{kg}{batelada}$$

No tanque de maturação, o balanço de massa é dado por:

$$m_I + m_E + m_{LN} = m_{calda}$$

onde:  $m_I$  é a quantidade de iogurte que será produzida; e  $m_E$  e  $m_{LN}$  são as quantidades de emulsificante e estabilizante que serão adicionadas, respectivamente.

As quantidades de emulsificante ( $m_E$ ) e estabilizante ( $m_{LN}$ ) serão adicionadas de acordo com recomendações do fabricante na proporção de 1% da quantidade total de calda. Assim:

$$m_E = m_{LN} = 1\%(m_{calda}) = 0,01 \times 205,2 \frac{kg}{batelada} = 2,1 \frac{kg}{batelada}$$

De novo, a massa de iogurte pode ser calculada por diferença:

$$m_I = m_{calda} - (m_E + m_{LN})$$

$$m_I = (205,2 - 2,1 - 2,1) \frac{kg}{batelada} = 201 \frac{kg}{batelada}$$

Enfim, o balanço de massa na iogurteira é dado por:

$$m_{LR} + m_S = m_I$$

onde:  $m_{LR}$  é a quantidade de leite reconstituído; e  $m_S$  é a massa de sacarose.

Para efeito de cálculo, a quantidade de cultura adicionada não será considerada, tendo em vista que constitui massa desprezível. A quantidade de sacarose, por sua vez, será equivalente a 15% da quantidade total de iogurte e, portanto, 30,2 kg/batelada.

$$m_S = 15\%(m_I) = 0,15 \times 201 \frac{kg}{batelada} = 30,2 \frac{kg}{batelada}$$

A quantidade de leite reconstituído necessária para a fabricação de 201 kg/batelada de iogurte é determinada por diferença por:

$$m_{LR} = m_I - m_S$$

$$m_{LR} = (201 - 30,2) \frac{kg}{batelada} = 171 \frac{kg}{batelada}$$

Segundo recomendações do fabricante, o leite em pó integral deve ser reconstituído dissolvendo-se 1 kg de leite em 8 L de água. Considerando a densidade da água a 25 °C igual a 1,0 kg/L, convertemos o volume de água para unidade mássica e determinamos as quantidades de leite em pó e água a serem utilizadas:

$$1 L(\text{água}) = 1kg(\text{água}), \quad d(25^\circ C) \approx 1 \frac{kg}{L}$$

$$1kg(\text{leite em pó integral}) + 8kg(\text{água}) = 9kg(\text{leite integral reconstituído})$$

Logo, para o preparo de 171 kg de leite reconstituído, serão necessários 19 kg de leite em pó e 152 kg de água. A Tabela 2 apresenta a formulação do *frozen yogurt* obtida a partir do balanço de massa global em unidade mássica (kg) e em proporção (%).

Tabela 2 – Formulação do *frozen yogurt* potencialmente probiótico

Ingrediente	Quantidade (kg)	Proporção (%)
Leite integral reconstituído	171	60
Sacarose	30,2	11
Ar	51,3	18
Geleia de Goiaba	28,5	10
Emulsificante	2,1	0,7
Estabilizante	2,1	0,7
Total	285	100

Fonte: Autor (2018).

#### 4.1.2 Balanço de massa por componente

Como mencionado anteriormente, seria necessária a realização de testes laboratoriais para quantificar a composição centesimal do *frozen yogurt* proposto neste estudo. Entretanto, a partir do balanço de massa por componentes, é possível fazer uma estimativa teórica da composição final do produto.

A Tabela 3 apresenta a composição inicial das matérias-primas utilizadas na fabricação do *frozen yogurt*. As composições centesimais do leite em pó integral, do emulsificante e do estabilizante foram fornecidas por seus respectivos fabricantes. A composição centesimal da sacarose foi obtida a partir da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO).

TABELA 3 – Composição centesimal das matérias-primas utilizadas na fabricação do *frozen yogurt* potencialmente probiótico

Ingrediente	Umidade (%)	Carboidratos (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Gorduras Totais (g/100g)
Leite reconstituído <sup>1</sup>	88	5,1	3,3	3,5
Sacarose <sup>2</sup>	0,1	99,6	0,3	0
Emulsificante <sup>3</sup>	61	16	0	23
Estabilizante <sup>3</sup>	2,3	97	0,7	0

<sup>1</sup> Elegê;

<sup>2</sup> TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos;

<sup>3</sup> Duas Rodas: Produtos Selecta®

Fonte: Autor (2018).

A Tabela 4 apresenta a composição centesimal das matérias-primas utilizadas em termos de suas frações mássicas, que serão utilizadas nos cálculos a seguir.

TABELA 4 – Composição centesimal das matérias-primas representadas em termos de fração mássica (g/100g)

Ingrediente	Umidade	Carboidratos	Proteínas	Gorduras Totais
Leite reconstituído	0,88	0,051	0,033	0,035
Sacarose	0,001	0,996	0,003	0
Emulsificante	0,61	0,16	0	0,23
Estabilizante	0,023	0,97	0,007	0

Fonte: Autor (2018).

O balanço de massa por componentes será desenvolvido considerando-se o processo de fabricação do *frozen yogurt* como um todo. Nesse caso, a equação que representa o balanço de massa para a componente gordura ( $x_g$ ) é dada por:

$$\sum_{entrada} = \sum_{saída}$$

$$(m_{LR} \times x_g) + (m_S \times x_g) + (m_e \times x_g) + (m_{LN} \times x_g) + (m_{ar} \times x_g) = (m_{PF} \times x_g)$$

Como o ar não apresenta composição de gordura, proteínas ou carboidratos, este termo é sempre eliminado da equação. Do mesmo modo, a sacarose e o estabilizante apresentam  $x_g = 0$ , e, portanto, seus termos são igualmente eliminados no balanço. A equação é reduzida a:

$$(m_{LR} \times x_g) + (m_e \times x_g) = (m_{PF} \times x_g)$$

Substituindo os valores conhecidos, ficamos com uma única variável e resolvemos a equação:

$$\left(171 \frac{kg}{batelada} \times 0,035\right) + \left(2,1 \frac{kg}{batelada} \times 0,23\right) = \left(256,5 \frac{kg}{batelada} \times x_g\right)$$

$$x_g = \frac{6,49 \frac{kg}{batelada}}{256,5 \frac{kg}{batelada}} = 0,025 \text{ ou } 2,5\%$$

Usando o mesmo raciocínio, para o cálculo da composição de proteínas ( $x_p$ ), a equação é reduzida a:

$$(m_{LR} \times x_p) + (m_S \times x_p) + (m_{LN} \times x_p) = (m_{PF} \times x_p)$$

$$\begin{aligned} \left(171 \frac{kg}{batelada} \times 0,033\right) + \left(30,2 \frac{kg}{batelada} \times 0,003\right) + \left(2,1 \frac{kg}{batelada} \times 0,007\right) \\ = \left(256,5 \frac{kg}{batelada} \times x_p\right) \end{aligned}$$

$$x_p = \frac{5,75 \frac{kg}{batelada}}{256,5 \frac{kg}{batelada}} = 0,022 \text{ ou } 2,22\%$$

Todas as matérias-primas, exceto o ar incorporado ao produto, apresentam carboidratos em sua composição. O balanço para a componente  $x_c$  fica:

$$(m_{LR} \times x_c) + (m_S \times x_c) + (m_e \times x_c) + (m_{LN} \times x_c) = (m_{PF} \times x_c)$$

$$\left(171 \frac{kg}{batelada} \times 0,051\right) + \left(30,2 \frac{kg}{batelada} \times 0,996\right) + \left(2,1 \frac{kg}{batelada} \times 0,16\right) + \left(2,1 \frac{kg}{batelada} \times 0,97\right) = \left(256,5 \frac{kg}{batelada} \times x_c\right)$$

$$x_c = \frac{41,17 \frac{kg}{batelada}}{256,5 \frac{kg}{batelada}} = 0,161 \text{ ou } 16,1\%$$

As quantidades de cinzas e fibra alimentar são muito pequenas em todas as matérias-primas utilizadas na elaboração do *frozen yogurt*, e, por causa disso, essas componentes foram desconsideradas dos cálculos. Como a soma de todas as componentes deve ser igual a 1 (ou 100%), a umidade ( $x_u$ ) pode ser calculada por diferença:

$$x_u = 1 - (x_g + x_p + x_c) = 1 - 0,025 - 0,022 - 0,161 = 0,792 \text{ ou } 79,2\%$$

A Tabela 5 a seguir apresenta a composição final do *frozen yogurt*, obtida por balanço de massa por componentes. A composição da geleia de goiaba não foi considerada para este cálculo, pois desejava-se determinar a composição final do *frozen yogurt* obtida a partir da formulação utilizando leite em pó integral, sugerida neste estudo. No que diz respeito à tabela nutricional, a composição da geleia deve ser incluída. Para isso, basta aplicar o balanço de massa para cada uma das componentes na etapa de envase.

TABELA 5 – Composição final do *frozen yogurt* (Porção de 100g)

	Quantidade (g)	Fração mássica
Umidade	79,20	0,79
Carboidratos	16,10	0,16
Proteínas	2,20	0,02
Gorduras Totais	2,50	0,03

Fonte: Autor (2018).

Analisando a composição final do *frozen yogurt*, podemos considerar o teor de gordura satisfatório (abaixo de 3%). Para os carboidratos, o teor final (16%) está de acordo com as demais formulações de *frozen yogurt* e sorvetes disponíveis no mercado. Já o teor de proteínas calculado (2%) está abaixo do desejado. Como discutido anteriormente, o teor de proteínas tem importância nutricional, sensorial (palatabilidade) e estrutural, sendo que, em produtos pobres de gordura, o teor de proteínas deve ser ainda maior. Nesse caso, sugere-se o enriquecimento da formulação proposta a partir da adição de proteínas lácteas.

## 4.2 BALANÇO DE ENERGIA

O balanço de energia teve como objetivo determinar a quantidade de calor necessária para realizar a pasteurização da mistura, bem como de seu posterior resfriamento, etapas de maior consumo energético do processo. O balanço foi desenvolvido com base na 1ª Lei da Termodinâmica, que trata do princípio da conservação da energia, e é representada por:

$$\Delta U + \Delta E_k + \Delta E_p = Q - W$$

onde,  $\Delta U$  é a variação de energia interna;  $\Delta E_k$  é a variação da energia cinética;  $\Delta E_p$  é a variação da energia potencial;  $Q$  é o calor e  $W$  é o trabalho (MEIRELES; PEREIRA, 2013).

Sabendo que o processo ocorre em batelada e considerando que: as velocidades lineares de todas as correntes são iguais ( $\Delta E_k = 0$ ); o sistema não está subindo ou descendo ( $\Delta E_p = 0$ ); e não há partes móveis, corrente elétrica ou radiação através da fronteira do sistema ( $W=0$ ), então, a expressão pode ser reduzida a:

$$\Delta U = Q$$

e a quantidade de calor ( $Q$ ) pode ser calculada por:

$$Q = mC_p\Delta T$$

onde:  $m$  é a massa, em kg;  $C_p$  é o calor específico, em kJ/kg.°C; e  $\Delta T$  é a variação da temperatura, em °C.

A pasteurização e o resfriamento ocorrem na iogurteira, que consiste de um tanque de camisa dupla por onde passam a água quente e fria, conforme se pretende aquecer ou resfriar a mistura. Inicialmente, a mistura, que está à temperatura ambiente (25 °C), deve ser aquecida até 70 °C e mantida a esta temperatura durante 30 minutos. Em seguida, é resfriada a 42 °C, temperatura de inoculação da cultura e incubação. Finalizado o tempo de incubação, o iogurte é resfriado a 4 °C para cessar a fermentação. Assim, devemos iniciar os cálculos pela determinação da quantidade de energia ( $Q$ ) necessária para aquecer a água de 25 °C a 100 °C, que é a temperatura ideal de troca térmica. Para o desenvolvimento dos cálculos, considera-se que não há perdas de calor para o ambiente e que todo calor cedido ou recebido na iogurteira é utilizado.

#### 4.2.1 Cálculo da quantidade de calor ( $Q$ ) no sistema de aquecimento de água

O tanque usado nesse sistema apresenta capacidade volumétrica de 50 L e resistências com capacidade total de 32 kW, de acordo com informações do fabricante. A água, inicialmente a 25 °C, deve ser aquecida até 100 °C. A quantidade de calor necessária para realizar este aquecimento é dada por:

$$Q = mC_p\Delta T$$

O calor específico da água a 25 °C é 4,178 kJ/kg°C. Sabendo que a massa específica da água, a esta mesma temperatura, é 997,0479 kg/m<sup>3</sup>, podemos calcular a quantidade de massa de água, em kg:

$$m_{\text{água}} = \rho \times V = 997,0479 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 50\text{L} \times \frac{\text{m}^3}{1000\text{L}} = 49,85\text{kg}$$

Substituindo todos os valores conhecidos, obtemos:

$$Q = 49,85\text{kg} \times 4,178 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (100 - 25)^\circ\text{C} = 15.620,5\text{kJ}$$

Segundo Young e Freedman (2008), a quantidade de calor é igual ao trabalho em máquinas térmicas ( $Q=W$ ). Assim, escrevendo a potência como o trabalho realizado pelo intervalo de tempo, e substituindo  $W$  por  $Q$ , temos:

$$P = \frac{W}{\Delta T} = \frac{Q}{t}$$

Isolando  $t$ , calculamos o tempo necessário para aquecer a água de 25 °C a 100 °C:

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{15.620,5\text{kJ}}{32 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}} = 488,14\text{s} \times \frac{\text{min}}{60\text{s}} = 8,14\text{min}$$

Portanto, são necessários 8 minutos e 8 segundos para realizar o aquecimento da água até 100 °C. A quantidade de calor necessária para aquecer a mistura de 25 a 70 °C será calculada da mesma maneira, entretanto, faz-se necessário conhecer o calor específico ( $C_p$ ) da mistura.



#### 4.2.2 Cálculo do calor específico ( $C_p$ ) da mistura

O calor específico, ou capacidade térmica, representa a quantidade de energia (ou quantidade de calor) necessária para elevar ou abaixar a temperatura de uma unidade de massa em 1 °C sem que haja mudança de estado. Nos alimentos, o  $C_p$  é função da pressão, da temperatura e da composição dos alimentos (umidade, proteína, carboidrato, cinzas, fibras e gordura). Choi e Okos (1986) desenvolveram equações para calcular as propriedades térmicas de qualquer tipo de alimento com base em sua composição e temperatura. As equações sugeridas por eles, para o cálculo do  $C_p$ , estão apresentadas na Tabela 6 abaixo.

TABELA 6 – Equações de Choi e Okos (1986) para a determinação do  $C_p$  de alimentos

Componente	Equações para determinação do $C_p$
Carboidrato	$C_p = 1,5488 + (1,9625 \times 10^{-3}T) - (5,9399 \times 10^{-6}T^2)$
Cinzas	$C_p = 1,0926 + (1,8896 \times 10^{-3}T) - (3,6817 \times 10^{-6}T^2)$
Fibras	$C_p = 1,8459 + (1,8306 \times 10^{-3}T) - (4,6509 \times 10^{-6}T^2)$
Gordura	$C_p = 1,9842 + (1,4733 \times 10^{-3}T) - (4,8008 \times 10^{-6}T^2)$
Proteína	$C_p = 2,0082 + (1,2089 \times 10^{-3}T) - (5,3129 \times 10^{-6}T^2)$
Água (de 0 a 150 °C)	$C_p = 1,1762 + (9,0864 \times 10^{-5}T) - (5,4731 \times 10^{-6}T^2)$

Fonte: Adaptado de Choi e Okos (1986).

Como na mistura em questão temos leite integral reconstituído e sacarose, devemos então calcular o  $C_p$  para cada componente e para cada alimento (leite reconstituído e sacarose), sendo que, para calcular o  $C_p$  do alimento, fazemos o somatório do  $C_p$  de cada componente por sua fração mássica no alimento. Depois, o calor específico da mistura será calculado pelo somatório do  $C_p$  de cada ingrediente multiplicado por sua fração mássica na mistura ( $X_i^M$ ). A Tabela 7 mostra os resultados obtidos para o  $C_p$  por ingrediente.

TABELA 7 – Resultado do  $C_p$  \* calculado para cada ingrediente da mistura

Ingrediente	$C_p$ (kJ/kg.°C)
Leite reconstituído	3,9038
Açúcar	1,5965

Fonte: Autor (2018).

\*Nota: O  $C_p$  foi calculado considerando  $T=25$  °C, temperatura que a mistura entra na iogurteira.

Como calculado no balanço de massa, a quantidade de mistura (leite reconstituído+açúcar) é igual a 201,2 kg/batelada. Desses, 171 kg são leite reconstituído (85%) e 30,2 kg são açúcar (15%). O calor específico da mistura será dado, afinal, por:

$$C_p = \sum(Cp_i X_i^M)$$

Fazendo as devidas substituições, temos:

$$C_p = \left( 3,9038 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \times 0,85 \right) + \left( 1,5965 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \times 0,15 \right) = 3,5577 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

#### 4.2.3 Cálculo da quantidade de calor ( $Q$ ) na pasteurização

Sabendo a quantidade de massa da mistura (201,2 kg/batelada), o  $C_p$ , calculado a 25 °C (3,5577 kJ/kg.°C), e que a mistura deve ser aquecida de 25 a 70 °C (temperatura de pasteurização), podemos calcular a quantidade de energia necessária para realizar o aquecimento:

$$Q = 201,2kg \times 3,5577 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \times (70 - 25)^\circ C = 32.211,42kJ$$

O tempo necessário para aquecer a mistura até 70 °C é:

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{32.211,42kJ}{32 \frac{kJ}{s}} = 1.006,6s \times \frac{min}{60s} = 16,78min$$

Assim, o tempo necessário para aquecer a mistura até a temperatura de pasteurização é de 16 minutos e 47 segundos.

#### 4.2.3 Cálculo da quantidade de calor ( $Q$ ) no sistema de resfriamento

O processo de resfriamento ocorre em duas etapas: a primeira, logo após a pasteurização, para reduzir a temperatura de 70 a 42 °C, temperatura ideal para a inoculação da cultura e posterior incubação; a segunda etapa do resfriamento ocorre para reduzir a temperatura de 42 até 4°C, temperatura de maturação.

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. Assim, considera-se o equilíbrio térmico como uma relação transitiva e assume esta característica em duas situações:

- a) Se ambos os sistemas estão em equilíbrio (A, B e C); e
- b) Se mantém assim quando os sistemas são colocados em contato, possibilitando a troca de calor.

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 térmico (quando não há mais transferência). Assim, a quantidade de energia recebida por um corpo é igual à quantidade de energia cedida pelo outro. Matematicamente, a Lei é escrita da seguinte forma:

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$m_1 C p_1 \Delta T_1 = -m_2 C p_2 \Delta T_2$$

Considerando que a água entra no tanque a 10 °C e sai a 20 °C, após a troca térmica (LANG, 2016), então, a quantidade de água necessária para realizar esta primeira etapa do resfriamento é dada por:

$$201,2kg \times 3,5577 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \times (70 - 42)^\circ C = -m_{\text{água}} \times 4,182 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} (20 - 10)^\circ C$$

$$m_{\text{água}} = 479,3kg$$

Para a segunda etapa do resfriamento, de 42 até 4 °C, a água deve estar ainda mais fria ( $T < 4^\circ C$ ) para que haja transferência. Como a água sai da primeira etapa a 20 °C ( $C_p = 4,182 \text{ kJ/kg}^\circ C$ ), e admitindo que o volume do tanque isotérmico seja 2000 L (2000 kg, considerando  $\rho_{\text{água}, 20^\circ C} \approx 1 \text{ kg/L}$ ), é possível calcular a quantidade de energia que deverá ser retirada do tanque para que a temperatura caia para 3 °C:

$$Q = 2000kg \times 4,182 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} (20 - 3)^\circ C = 142.188kJ$$

Assim, a quantidade de calor que deve ser retirada do tanque é 142.188 kJ.

## 5 ANÁLISE ECONÔMICA

Alguns aspectos devem ser considerados antes de um novo produto ou serviço ser lançado no mercado. Dentre eles, pode-se citar análise de mercado, aceitabilidade e viabilidade econômica e financeira do projeto. Nos capítulos anteriores foram discutidos, brevemente, a demanda por alimentos saborosos e saudáveis, assim como a potencialidade do mercado de *frozen yogurt*. Neste capítulo o projeto será avaliado do ponto de vista de viabilidade, no sentido de determinar os retornos a serem obtidos a partir dos investimentos realizados.

De maneira específica, a análise de viabilidade econômica desenvolvida neste estudo leva em consideração os principais custos relacionados a equipamentos e utensílios, custo energético de produção, mão de obra e matéria-prima e embalagens, apresentados a seguir.

Foi estabelecido que a empresa funcionará em um único turno diário (8h/dia), durante 5 dias por semana (segunda-feira a sexta-feira), totalizando 20 dias de operação por mês. O processamento do *frozen yogurt* proposto neste estudo envolve etapas que demandam tempo relativamente alto para serem concluídas: a incubação, que tem duração de 4 h; a maturação, com duração de pelo menos 4 h, estabelecido por regulamento técnico específico; o envase; e o endurecimento, que pode durar algumas horas. Além dessas, as etapas de aquecimento e resfriamento também demandam tempo considerável.

Pensando nisso, a produção foi planejada de maneira que, no 1º dia de operação (segunda-feira), elabora-se o iogurte e, após adição do estabilizante e emulsificante, a calda devidamente homogeneizada é bombeada até o tanque de maturação, onde permanecerá por cerca de 16 h até o início do expediente seguinte. No 2º dia de operação (terça-feira), a primeira batelada do produto é finalizada ao mesmo tempo em que se inicia a batelada que deverá sair no dia seguinte, e assim sucessivamente, totalizando quatro (4) bateladas/semana, equivalentes a 16 bateladas/mês. Sabendo que a produção por batelada é de 1200 unidades, a produção mensal será 19200 unidades. Todas essas informações serão usadas para os cálculos dos custos a seguir.

### 5.1 CUSTOS COM EQUIPAMENTOS E UTENSÍLIOS

Os equipamentos e utensílios foram relacionados considerando o processo produtivo proposto neste estudo. Para estimar o custo total com maquinários, foi considerada a taxa de depreciação de 10% ao ano para instalações, equipamentos e veículos, conforme recomendação da Receita Federal (2017). A **depreciação** ou **desvalorização** é referente à perda de valor de um bem pelo seu uso (desgaste) ou pelo tempo, além da obsolescência (ÁVILA, 2017).

Os valores calculados para a depreciação anual são divididos por 12 (depreciação mensal) e compara-se o resultado final com a produção mensal da fábrica (19200 unidades), a partir da qual é possível estimar o custo total sobre cada unidade produzida (Tabela 8).

TABELA 8 – Custos com equipamentos e utensílios

Quantidade	Equipamento/Utensílio	Valor Unitário <sup>1</sup> (R\$)	Depreciação/ano <sup>2</sup> (R\$)	Depreciação/mês (R\$)
1	Balança digital	599,00	59,90	4,99
1	Bomba sanitária	4.500,00	450,00	37,50
1	Câmara fria	39.865,00	3.986,50	332,21
1	Caminhão refrigerado Incorporadora de recheio	130.900,00	13.090,00	1.090,83
1	líquido	18.900,00	1.890,00	157,50
1	Iogurteira	9.990,00	999,00	83,25
1	Mesa em aço inox	1.180,65	118,07	9,84
1	Produtora de Sorvete	85.900,00	8.590,00	715,83
1	Tanque de maturação	27.900,00	2.790,00	232,50
1	Torre de resfriamento	9.700,00	970,00	80,83
	Investimento inicial (R\$)	329.434,65	Custo Total (R\$)	2.745,29
			Produção mensal (un.)	19200
			Custo unitário (R\$)	0,14

<sup>1</sup> Valores fornecidos pelos fabricantes, referentes à outubro de 2018;

<sup>2</sup> Receita Federal.

Fonte: Autor (2018).

## 5.2 CUSTO ENERGÉTICO DE PRODUÇÃO

O consumo energético de um equipamento é calculado multiplicando-se sua potência (kW) pelo tempo de uso (h). O custo (R\$), por sua vez, é calculado multiplicando-se o consumo energético pela tarifa de energia elétrica cobrada pela empresa fornecedora de energia.

De acordo com a Tabela de Tarifas e Preços Finais de Energia Elétrica, fornecida pela Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN), a indústria está inserida no grupo B, subgrupo B3, referente às categorias Consumo Próprio/Industrial/P. Público, cujo preço final, incluindo encargos (ICMS, PIS e COFINS), é de R\$ 0,62678920/kWh.

As potências dos equipamentos estão disponíveis nos catálogos dos produtos ou são fornecidas pelos fabricantes mediante pedido de orçamento e especificações do equipamento. O tempo de uso é estimado considerando o(s) turno(s) de trabalho e o tempo de operação de cada equipamento.

Como mencionado anteriormente, a fábrica funcionará em um único turno diário (8 h/dia), de segunda à sexta-feira, totalizando 20 dias de produção/mês. A partir dessas informações, e conhecendo o tempo de duração de cada etapa produtiva, podemos estimar o tempo de utilização dos respectivos equipamentos. A câmara-fria, entretanto, permanece em uso 24h/dia, durante todos

os dias do mês (aqui considerados 28 dias/mês). A Tabela 9 apresenta o custo energético com os principais equipamentos em funcionamento na indústria.

TABELA 9 – Custo energético dos principais equipamentos em funcionamento na fábrica

Equipamentos/Utensílios	Potência <sup>1</sup> (kW)	Tempo de uso (h)	Consumo mensal <sup>2</sup> (kWh)	Custo mensal (R\$)
Câmara fria	3,04	672	2042,88	1.280,46
Incorporadora de recheio	1,5	64	96	60,17
Iogurteira	4,5	160	720	451,29
Produtora de Sorvete	17	64	1088	681,95
Tanque de maturação	8	280	2240	1.404,01
Torre de resfriamento	3,5	360	1260	789,75
			Custo total mensal (R\$)	4.667,62
			Produção mensal (un.)	19200
			Custo unitário (R\$)	0,24

<sup>1</sup> Fornecido pelos fabricantes;

<sup>2</sup> Considerando tarifa vigente entre 01 e 31 de outubro de 2018.

Fonte: Autor (2018).

### 5.3 CUSTOS COM MÃO DE OBRA

O quadro de funcionários da fábrica contará com 14 colaboradores, todos incluídos no regime CLT (Consolidação das Leis do Trabalho). O salário mínimo praticado atualmente é de R\$ 954,00, de acordo com o Decreto nº 9.255, de 29 de dezembro de 2017, que regulamenta a Lei nº 13.152, de 29 de julho de 2015, que dispõe sobre o valor do salário mínimo e a sua política de valorização de longo prazo. São somados ao valor do salário bruto dos colaboradores os seguintes atributos: 13º salário (8,33%); férias (11,11%); INSS (20%), Sistema S (3,3%), FGTS (8%) e vale transporte (6%), totalizando 56,74% de encargos. A Tabela 10 apresenta a distribuição dos colaboradores por cargo e seus respectivos salários (bruto e com encargos), bem como o custo unitário calculado sobre cada unidade de produto produzida.

TABELA 10 – Custos com mão de obra

Qtde	Cargo	Salário bruto unitário <sup>1</sup> (R\$)	Salário+Encargos (R\$)	Total (R\$)
1	Gerente Administrativo	1.713,64	2.685,96	2.685,96
1	Contador	2.831,93	4.438,77	4.438,77
1	Engenheiro de Alimentos	2.721,28	4.265,33	4.265,33
1	Sorveteiro	954,00	1.495,30	1.495,30
3	Auxiliar de produção	954,00	1.495,30	4.485,90
2	Auxiliar de limpeza	954,00	1.495,30	2.990,60
1	Técnico em Alimentos	1.235,93	1.937,20	1.937,20
1	Mecânico	1.044,74	1.637,53	1.637,53
1	Auxiliar de Mecânico	1.036,08	1.623,95	1.623,95
1	Motorista-Entregador	1.077,36	1.688,65	1.688,65

1	Almoxarife	963,33	1.509,92	1.509,92
1	Promotor de vendas	954,00	1.495,30	1.495,30
			Custo mensal (R\$)	30.254,41
			Produção mensal (un.)	19200
			Custo unitário (R\$)	1,58

<sup>1</sup> Tabela de Cargos e Salários 2018.  
Fonte: Autor (2018).

#### 5.4 CUSTOS COM MATÉRIA-PRIMA E EMBALAGENS

Para o cálculo dos custos com matéria-prima e embalagens foi considerada a quantidade de material necessária para produzir uma batelada do produto de 285 kg, equivalente a 1200 unidades. As Tabelas 11 e 12 apresentam os custos com matéria-prima e embalagens, respectivamente.

TABELA 11 – Custos com matéria-prima

Ingredientes	Quantidade/batelada (kg)	Valor Unitário <sup>1</sup> (R\$)	Custo/batelada (R\$)
Leite em pó integral	19	16,79	318,93
Açúcar	30,2	1,31	39,56
Estabilizante	2,1	11,02	23,14
Emulsificante	2,1	14,14	29,69
Geleia goiaba	28,5	6,80	193,80
Cultura <i>Bio Rich</i> <sup>®</sup>	0,069	11000	759,00
		Custo/batelada (R\$)	1.364,13
		Produção/batelada	1200
		Custo unitário (R\$)	1,14

<sup>1</sup> Valores fornecidos pelos fabricantes, referentes a outubro de 2018.  
Fonte: Autor (2018).

TABELA 12 – Custos com embalagens

Descrição	Qtde/batelada	Valor unitário <sup>1</sup> (R\$)	Valor/batelada (R\$)
Potes	1200	1,26	1512
Tampas	1200	0,35	420
		Custo/batelada (R\$)	1932
		Produção/batelada	1200
		Custo unitário (R\$)	1,61

<sup>1</sup> Valores fornecidos pelo fabricante, referentes a outubro de 2018.  
Fonte: Autor (2018).

## 5.5 CUSTO UNITÁRIO DO PRODUTO

A Tabela 12 abaixo apresenta o custo unitário do produto considerando todos os custos discutidos anteriormente.

TABELA 13 – Custo unitário do produto

Descrição do custo	Custo (R\$)
Custos com equipamentos e utensílios	0,14
Custo energético de produção	0,24
Custos com mão de obra	1,58
Custos com matéria-prima	1,14
Custo com embalagens	1,61
Custo unitário (R\$)	4,71

Fonte: Autor (2018).

Para obtermos a receita aproximada da empresa multiplicamos o preço de venda do produto, R\$ 9,42, considerando lucro de 100%, pela produção mensal (19200 unidades), assim:

$$Receita = R\$9,42 \times 19200 = R\$180.864,00$$

dos quais, R\$ 90.432,00 é lucro.

## 5.6 CÁLCULO DO PRAZO DE RETORNO DO INVESTIMENTO (PRI)

Ainda com relação ao investimento em equipamentos e utensílios, é possível calcular o Prazo de Retorno do Investimento (PRI). O PRI é um indicador que mensura a atratividade do negócio a partir do período necessário para que o investidor recupere todo o capital que investiu. Para encontrar o período de retorno de determinado investimento basta somar os valores dos rendimentos acumulados, período após período, até que o valor total se iguale a quantia do investimento inicial (BONA, 2016). A fórmula para calcular o PRI é dada por:

$$PRI = \frac{\text{Investimento Total (R\$)}}{\text{Lucro Líquido (R\%)}}$$

O cálculo do Prazo de Retorno do Investimento foi realizado com base em 1 (um) ano de atividade da empresa. Nesse caso, foram considerados o investimento inicial em equipamentos e utensílios (R\$ 329.434,65), acrescido da taxa de depreciação anual (R\$ 32.943,47), e o lucro líquido referente a um ano de atividade da empresa (R\$ 1.085.208,00). O resultado obtido foi:



$$PRI = \frac{R\$ 362.378,12}{R\$ 1.085.208,00} = 0,33 \text{ ano} = 4 \text{ meses}$$

Significa dizer que, a partir do 4º mês de operação da empresa, o investidor terá recuperado, sob a forma de retornos (lucro), todo o capital investido em maquinários. Os demais custos (consumo energético, mão de obra, e matéria-prima e embalagens) não foram considerados para o cálculo do PRI, pois tratam-se de despesas. As despesas são consideradas apenas para o cálculo do Lucro Líquido (Lucro Líquido = Ganho total – despesas).

## 5.7 COMPARATIVO DE PREÇO COM OUTROS PRODUTOS DO MERCADO

No mercado local existem pelo menos duas franquias de *frozen yogurt*. Em visita à loja da franquia *Yoggi*<sup>®</sup>, verificou-se que o preço cobrado por kg de *frozen yogurt* é R\$ 85,00.

Para fins de comparação, devemos calcular o custo para produzir 1 kg de *frozen yogurt*. Se o custo para produzir uma unidade de 0,5 L é R\$ 4,71, então o custo para produzir 1 L do produto é R\$ 9,42. Considerando que a densidade do produto é 475g/L, então para cada 475 g de produto (ou 0,475 kg) são investidos R\$ 9,42. Fazendo uma regra de três simples, temos o custo para produzir cada 1 kg de produto:

$$\text{Custo (R\$)} = \frac{R\$9,42 \times 1kg}{0,475kg} = R\$19,83$$

Considerando lucro de 100%, o preço de venda do kg de *frozen yogurt* seria R\$ 39,66, equivalente a menos da metade do preço do concorrente. É importante salientar que a franquia consultada está localizada em um *shopping*, o que aumenta o apelo mercadológico do produto. Além disso, o custo calculado neste estudo não é exato, pois diversas variáveis não foram consideradas, tais como: custo com a geração de energia pela caldeira a gás; custo com embalagem secundária; custo com equipamentos de escritório e laboratório; custo com combustível para distribuição dos produtos, custo com o aluguel do ponto de venda, impostos sobre a comercialização do produto, entre outros.

## 6 TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Considerando o processo produtivo proposto neste estudo, podemos classificar os resíduos gerados pela empresa em dois tipos: sólidos, que incluem embalagens plásticas, equipamentos de proteção individual e materiais de expediente; e líquidos, provenientes da água utilizada no processamento do produto e na limpeza dos equipamentos, utensílios e instalações.

Os resíduos sólidos serão selecionados por tipo de material (papel, plástico, etc.) e encaminhados à reciclagem, conforme estabelece a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Este mesmo regulamento prevê a redução da geração de resíduos sólidos por meio da adoção de práticas de produção mais sustentáveis.

Os resíduos líquidos serão destinados a Estação de Tratamento de Efluentes e receberão tratamento adequado ao tipo de poluição e/ ou contaminação que carregam, geralmente caracterizados pela presença de sólidos suspensos e elevada carga de matéria orgânica, além de baixo pH.

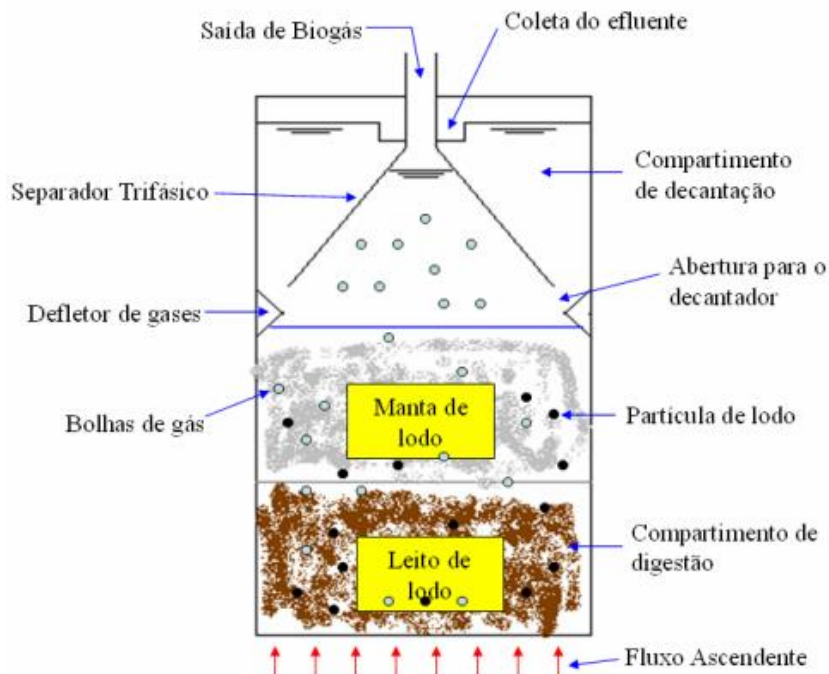
O processo de tratamento de efluentes engloba operações de pré-tratamento, para remoção de sólidos grosseiros; processos primários, que visam a remoção dos sólidos sedimentáveis; processos secundários (biológicos), que visam a remoção da matéria orgânica com redução dos níveis de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio); e processos terciários, para a remoção de nutrientes, patógenos e outros contaminantes, como os metais, por exemplo.

A Estação de Tratamento de Efluentes da empresa Águas Claras Engenharia, desenvolvida especialmente para o tratamento de efluentes da indústria de sorvetes, funciona da seguinte forma: os efluentes passam por sistema de retenção de sólidos grosseiros e são direcionados, por gravidade, até o equalizador, para homogeneização e estabilização. Em seguida, o efluente é bombeado até o flotador, onde recebe, na entrada da tubulação, um produto químico alcalinizante (para correção do pH) e outro coagulante. Nesta etapa, um saturador de ar injeta água saturada com ar abaixo da entrada no flotador, fazendo com que os flocos do efluente, já coagulado pelos produtos químicos, subam até a superfície, ao invés de decantarem no fundo do flotador. O efluente é, então, bombeado para o sistema de tratamento secundário, constituído por reator *UASB* (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) de manta de lodo.

Os reatores *UASB* empregam bactérias anaeróbias que promovem reações de oxi-redução dentro do reator. As reações promovidas pelas bactérias consomem o resíduo (matéria orgânica) transformando-os em gases. O processo consiste de um fluxo ascendente de efluentes através de um leito de lodo denso e de elevada atividade. O perfil de sólidos no reator varia de muito denso e com partículas granulares de elevada capacidade de sedimentação, próximas ao fundo (leito de lodo), até

um lodo mais disperso e leve, próximo ao topo do reator, (manta de lodo) (MOTA et al., 2007). A Figura 12 mostra o desenho esquemático do reator *UASB*.

Figura 12 – Desenho esquemático do reator *UASB*



Fonte: MOTA et al., (2007).

Neste reator, o efluente entra pela parte inferior, em fluxo ascendente, passando através de um leito de lodo denso e de elevada atividade. A estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas de reação (leito e manta de lodo), sendo a mistura do sistema promovida pelo fluxo ascensional do líquido e das bolhas de gás. O efluente deixa o reator pela parte sobrenadante de um decantador interno, localizado na parte superior do reator. Dentre as vantagens do uso de Reator *UASB* podemos destacar: alto grau de estabilização do efluente; baixa demanda por área e custos baixos na implantação; e baixo consumo de energia (MOTA et al., 2007).

Finalizado o processo anaeróbio, o efluente é conduzido por gravidade ao reator de lodo ativado seguido de um decantador secundário e tanque de contato. O sobrenadante do decantador secundário é dirigido para o tanque de contato para desinfecção com cloro e, então, para descarte. Todo o descarte de lodo gerado no sistema é direcionado para o adensador de lodo e, então, encaminhado ao filtro prensa. O lodo seco será encaminhado para um aterro industrial (ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA, 2017). A Figura 13 a seguir apresenta a estação de tratamento de efluentes desenvolvida pela Águas Claras Engenharia para indústria de sorvetes.

Figura 13 – Modelo de uma Estação de Tratamento de Efluentes especialmente desenvolvida para a Indústria de Sorvetes



Fonte: Águas Claras Engenharia (2017).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos neste estudo, considera-se que a elaboração de *frozen yogurt* potencialmente probiótico com geleia de goiaba apresenta potencial para produção em escala industrial. O produto é economicamente viável; está alinhado às diversas tendências do setor de lácteos, especialmente a demanda por alimentos probióticos; e apresenta tecnologia de obtenção relativamente simples. Todos esses fatores indicam perspectiva favorável para a sua produção e lucratividade.

O produto proposto neste estudo associa o prazer de saborear uma sobremesa aos benefícios do iogurte, além do uso de ingredientes probióticos, que potencializam o efeito benéfico à saúde do consumidor. A incorporação de geleia de goiaba contribui com o incremento do sabor e da qualidade nutricional do produto, além de incentivar a utilização da fruta na elaboração de produtos de maior valor agregado.

Do ponto de vista mercadológico, o produto apresenta apelo saudável, sustentável e preço competitivo, que parece ser a combinação perfeita para conquistar espaço no mercado. Apesar disso, faz-se necessário investimento inicial em *marketing*, para conscientizar a população local sobre os benefícios de seu consumo e para conferir popularidade ao produto.

Como o desenvolvimento desse estudo foi teórico, sugere-se que a formulação seja testada e que sejam analisadas sua composição centesimal e microbiológica, principalmente, se a quantidade de cultura fornecida garante as propriedades probióticas em conformidade com a legislação vigente. Além disso, é importante verificar a aceitabilidade do produto, por meio de análise sensorial e de intenção de compra, podendo só então comprovar a viabilidade do projeto.

## REFERÊNCIAS

ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA. **Estação de Tratamento de Efluentes para Indústria de Sorvetes**. 2017. Disponível em: <<http://aguasclarasengenharia.com.br/estacao-de-tratamento-de-efluentes-para-industria-de-sorvetes-2/>>. Acesso em: 26 out. 2018.

ANUÁRIO LEITE<sup>©</sup> 2018. **Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro**. Brasília, DF: Texto Comunicação Corporativa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/36560390/anuario-do-leite-2018-e-lancado-na-agroleite>>. Acesso em: 12 out. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS E DO SETOR DE SORVETES – ABIS. **Estatística: Produção e consumo de sorvetes no Brasil**. Disponível em: <[http://www.abis.com.br/estatistica\\_producaoconsumodesorvetesnobre.html](http://www.abis.com.br/estatistica_producaoconsumodesorvetesnobre.html)>. Acesso em: 15 out. 2018.

ÁVILA, Cleiton Sales de. **Taxa de depreciação de máquinas e equipamentos: você calcula?** 2017. Disponível em: <<https://muitomaisdigital.com.br/taxa-de-depreciacao-de-maquinas-e-equipamentos-voce-calcula-confira-dicas/>>. Acesso em: 24 out. 2018

BARBOSA, Flávia Rabelo; LIMA, Mirtes Freitas (Ed.). **A cultura da goiaba**. 2 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 180 p. (Coleção Plantar, 66; Série vermelha. Fruteiras).

BEZERRA, Maria de Fátima. **Polpa de jambolão (*Eugenia jambolana* Lam.) fresca e desidratada: características físico-químicas, bioativas e funcionais, efeitos biológicos em *Caenorhabditis elegans* e uso para produção de frozen yogurt caprino probiótico**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Natal, 2015. 195 f.

BH MUDAS. **Goiaba: *Psidium guajava* L. cv. Paluma**. Disponível em: <<https://www.bhmudas.com.br/frutiferas/94-mudas-de-goiaba-paluma.html>>. Acesso em: out. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 46, de 23 de outubro de 2007**. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. *Diário Oficial da União*, Brasília, 24 out. 2007.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução n° 241, de 26 de julho de 2018**. Dispõe sobre os requisitos para comprovação da segurança e dos benefícios à saúde dos probióticos para uso em alimentos. *Diário Oficial da União*, 27/07/2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 266, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico para Gelados Comestíveis e Preparados para Gelados Comestíveis. *Diário Oficial da União*, Brasília, 23 set. 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 267, de 25 de setembro de 2003**. Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis. *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 set. 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 275, de 21 de outubro de 2002**. Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 23 out. 2002.

BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997**. Aprova o Regulamento Técnico para condições higiênicas-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2 ago. 2010.

BIOCOPO. **Linha de produtos sustentáveis**. 2018. Disponível em: <<https://www.biocopo.com.br/home/>>. Acesso em: 27 out. 2018.

BONA, André. **Retorno Sobre Investimento (ROI): o que é e como calcular?** Blog de Valor, 2016. Disponível em: <<https://andrebona.com.br/retorno-sobre-investimento-roi-o-que-e-e-como-calcular/>>. Acesso em: 12 nov. 2018

CHOI, Y.; OKOS, M. R. Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods. **Food Engineering and Process Applications**. New York: Elsevier, 1986.

CHR. HANSEN. **Cultura Bio Rich®**. Disponível em: <<https://www.chr-hansen.com/pt>>. Acesso em: set. 2018.

COSERN (Companhia Energética do Rio Grande do Norte). **Tabela de Tarifas e Preços Finais de Energia Elétrica: grupo B**. 2018. Disponível em: <<http://servicos.cosern.com.br/residencial-rural/Pages/Baixa%20Tens%C3%A3o/tarifas-grupo-b.aspx>>. Acesso em: 24 out. 2018

CRUZ, A. G. et al. **Processamento de produtos lácteos: Queijos, Leites Fermentados, Bebidas Lácteas, Sorvete, Manteiga, Creme de Leite, Soro em Pó e Lácteos Funcionais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. (Coleção Lácteos, vol. 3)

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de Calor e Massa: uma abordagem prática**. 4. ed. Mcgraw-hill Interamericana, 2012.

DUARTE, D. Confira as tendências para o mercado de sorvetes. **Pequenas Empresas & Grandes Negócios**: Editora Globo, 2017. Disponível em: <<https://revistapegn.globo.com/Administracao-de-empresas/noticia/2017/06/confira-tendencias-para-o-mercado-de-sorvetes.html>>. Acesso em: 15 out. 2018.

DUAS RODAS. **Produtos Selecta®**. Disponível em: <<https://www.selectasorvetes.com/pt/produtos>>. Acesso em: out. 2018.

ELEGÊ. **Produtos: Leite em Pó Integral 25 kg**. Disponível em: <<http://elege.com.br/produtos/leite-em-po-integral-25kg/>>. Acesso em: out. 2018.

GONÇALVES, Alex Augusto; EBERLE, Ivana Rigotto. *Frozen Yogurt* com bactérias probióticas. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 19, n. 3, p. 291-297, jul./set., 2008. Disponível em: <

<http://200.145.71.150/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/633/531>>. Acesso em: 01 out. 2018.

GONZAGA NETO, Luiz. **Produção de goiaba**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2007. 64 p.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <[https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76300](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76300)>. Acesso em: 03 set. de 2018.

ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos). **Goiaba**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2 ed. rev. e ampl. Campinas: ITAL, 1991. 224 p. (Frutos Tropicais, 6)

LANG, Marco Henrique. **Dimensionamento de bancada para produção de iogurte**. 2016. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica). Faculdade Horizontina, Horizontina. 2016. Disponível em: <[http://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng\\_Mecanica/2016/Marco\\_Henrique\\_Lang.pdf](http://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2016/Marco_Henrique_Lang.pdf)>. Acesso em: 01 nov. 2018.

MEIRELES, M. A. A.; PEREIRA, C. G. **Fundamentos de Engenharia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2013. 815 p.

MOTA, V. R.; COSTA JÚNIOR, E. F. da; COSTA, A. O. S. da. Análise de modelos matemáticos aplicados a biorreatores *UASB*\*. **Principium Online**: Iniciação Científica no Unileste-MG, Coronel Fabriciano, v. 1, n. 3, p. 10-22, dez. 2007. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/319163514\\_ANALISE\\_DE\\_MODELOS\\_MATEMATICOS\\_APLICADOS\\_A\\_BIOREACTORES\\_UASB/download](https://www.researchgate.net/publication/319163514_ANALISE_DE_MODELOS_MATEMATICOS_APLICADOS_A_BIOREACTORES_UASB/download)>. Acesso em: 26 out. 2018.

OLIVEIRA, K. T. A. **Elaboração de produto fermentado tipo iogurte potencialmente probiótico à base de polpa de coco verde**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos). Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 51 p.

PEREDA, Juan A. Ordóñez (Org.). **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 279 p. (Alimentos de origem animal, v. 2)

POLO SUL MÁQUINAS PARA SORVETES: **Produtos**. 2018. Disponível em: <<https://polosulsc.com.br/>>. Acesso em: 04 out. 2018.

RECEITA FEDERAL. **Instrução Normativa RFB nº 1700, de 14 de março de 2017**. ANEXO III – Taxas de depreciação anual. *Diário Oficial da União*, 12/03/2017. Disponível em: <<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=compilado&idAto=81268#1706802>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

RENHE, I. R. T.; WEISBERG, E.; PEREIRA, D. B. C. **Indústria de gelados comestíveis no Brasil**. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 36, n. 284, p. 81-86, 2015. Disponível em: <<http://cozinhafitefat.com.br/wp-content/uploads/2017/01/aqui-3.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2018.

RICA NATA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **Iogurteira 500 L**. Disponível em: <<https://www.ricanata.com.br/iogurteira/iogurteira-inox>>. Acesso em: 04 out. 2018.

SAAD, S.M.I.; CRUZ, A.G.; FARIA, J.A.F (Org.). **Probióticos e prebióticos em alimentos**: fundamentos e aplicações tecnológicas. São Paulo: Livraria Varela, 2011. 669 p.



**TABELA DE CARGOS E SALÁRIOS 2018.** Disponível em: <<https://www.salario.com.br/tabela-salarial/>>. Acesso em out. 2018.

**SORVETES & CASQUINHAS. *Frozen yogurt*. Insumos.** 2012. Disponível em: <[http://insumos.com.br/sorvetes\\_e\\_casquinhas/materias/163.pdf](http://insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/163.pdf)>. Acesso em: 31 out. 2018.

**Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO).** 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p. Disponível em: <[http://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada.pdf](http://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2018.

**WEBCONTINENTAL. Câmara de Congelamento.** 2018. Disponível em: <<https://www.webcontinental.com.br/c%C3%A2mara-fria-gallant-07c-ecp-4x5-pain%C3%A9is-congelado-standard-com-piso-pain-com-cond-elgin-220v-3f/product/111011>>. Acesso em: 27 out. 2018.

**YOGGI®. Produtos.** Disponível em: <<https://www.yoggi.com.br/>>. Acesso em: out. 2018.

**YOGO BERRY. Menu.** Disponível em: <<http://www.yogoberry.com.br/>>. Acesso em: out. 2018.

**YOUNG, H.; FREEDMAN, R. Física I: Mecânica.** 12. ed. São Paulo: Editora Pearson, 2008. 403 p.

**ZACARCHENCO, P. B. et al. Brasil Dairy Trends 2020: Tendências do Mercado de Produtos Lácteos.** 1. ed. Campinas: ITAL, 2017. 343 p. Disponível em: <<http://brasildairyrends.com.br/>>. Acesso em: 01 nov. 2018.