



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**CAMILA DE ARAÚJO HOLANDA**

**APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA DE OLEOGÉIS COM ÓLEO DE GIRASSOL E**  
**CERA DE ABELHA NA PRODUÇÃO DE GELADO COMESTÍVEL A BASE DE**  
**LEITE**

**FORTALEZA**

**2022**

CAMILA DE ARAÚJO HOLANDA

APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA DE OLEOGÉIS COM ÓLEO DE GIRASSOL E CERA  
DE ABELHA NA PRODUÇÃO DE GELADO COMESTÍVEL A BASE DE LEITE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Juliane Döering  
Gasparin Carvalho  
Coorientador: Prof. Dr. Júlio César Barbosa  
Rocha

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- |H669a Holanda, Camila de Araújo.  
Aplicação de tecnologia de oleogéis com óleo de girassol e cera de abelha na produção de gelado comestível a base de leite / Camila de Araújo Holanda. – 2022.  
51 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Profa. Dra. Juliane Doering Gasparin Carvalho.  
Coorientação: Prof. Dr. Júlio César Barbosa Rocha.
1. Gorduras. 2. Sorvete. 3. Produto lácteo. 4. Óleogel. I. Título.

CDD 664

---

CAMILA DE ARAÚJO HOLANDA

APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA DE OLEOGÉIS COM ÓLEO DE GIRASSOL E CERA  
DE ABELHA NA PRODUÇÃO DE GELADO COMESTÍVEL A BASE DE LEITE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em 25 / 01 / 2023

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliane Döering Gasparin Carvalho (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andréa Cardoso de Aquino  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marjory Lima Holanda  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

Ainda me lembro como se fosse ontem da menina que folheava enciclopédias por diversão, por achar legal descobrir curiosidades sobre o mundo e conhecer mais sobre tudo, o que quer que fosse. Talvez este tenha sido meu maior problema, querer saber demais e, por consequência, pensar demais.

Aquela menina um dia encontrou, em um fascículo sobre o espaço e o sistema solar, uma nota de rodapé sobre um renomado cientista chamado Carl Sagan, que havia chefiado expedições de exploração pelo sistema solar e ainda apresentava um programa de divulgação científica chamado Cosmos. Aquele foi o momento de reviravolta que mudou a minha vida para sempre. Assisti ao programa, com seus efeitos toscos do fim dos anos 80, charmosa dublagem clássica e com resolução duvidosa, da pequena tela do meu computador que com tanto sacrifício meus pais haviam adquirido. O estrago estava feito. Eu queria ser cientista quando crescesse.

Inocentemente, na tenra idade de 15 anos, matriculei-me no curso de Biotecnologia da Universidade Federal do Ceará e por lá início meus agradecimentos. A todo o corpo docente do curso, especialmente ao Prof. Hermógenes David e a Prof. Marjory, que esteve na banca tanto da minha monografia quanto agora da minha dissertação, e ao prof. Dr. Amauri Jardim de Paula, meu primeiro orientador, um pesquisador de primeiríssima linha que me possibilitou experimentar o que há de mais avançado na ciência brasileira.

Durante minha graduação, experimentei o doce e o amargo da jornada de um cientista neste país. Ao mesmo tempo em que tive o privilégio de ser bolsista em todos os laboratórios dos quais participei, vi serem tirados os insumos, os programas de intercâmbio federais e o brilho nos olhos de muitos cientistas e aspirantes, inclusive o meu. Buscando uma área que tivesse maior contato com o desenvolvimento de produtos que ajudassem as pessoas diretamente, rumei para a área de Biotecnologia de Alimentos e realizei minha monografia dentro da indústria, tentando levar para o dia-a-dia das pessoas um pouco do trabalho desenvolvido na universidade, ambientes esses tão distantes, mas que deveríamos, em todos os nossos esforços, tentar unir.

Ao sair da graduação e me deparar com a dura realidade de uma sociedade que precisa de ciência e tecnologia, mas não entende nada de ciência e tecnologia, acabei diagnosticada com Transtorno Depressivo Maior, Transtorno de Ansiedade Generalizada e Transtorno de Personalidade Borderline. Passei meses sem sair de casa, me matriculei em um curso do SENAI no qual perdi diversas aulas por ter pânico de sair do carro, dirigido pelos meus pais, mas aos poucos, fui retomando minha vida e meu sonho e me matriculei em duas cadeiras

como aluna especial no Departamento de Engenharia de Alimentos. Eram Fundamentos de Análise de Alimentos e Produtos e Tecnologias do Leite, esta última ministrada por quem viria a ser minha orientadora, Prof. Dr.<sup>a</sup> Juliane Doering Gasparin Carvalho, a quem agradeço por todo o apoio não apenas como orientadora mas como amiga mesmo, por ter me ajudado a conseguir ajuda psicológica pela UFC, por aquele meu aniversário em que mandou um bolo pra mim, pela paciência com as minhas crises de ansiedade e de quando precisei começar a trabalhar quando a situação apertou.

Tomando gosto pela área de engenharia de alimentos, resolvi ingressar no curso de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, que havia excepcionalmente aberto seleção no meio do ano de 2018. Passei em terceiro lugar junto com Elvino Paes, meu colega de especialização que passou em primeiro lugar. A ele agradeço sua paciência, prestatividade, simpatia, bom-humor e todos os favores que me fez. Se há algo como céu e inferno, você certamente ascenderá!

Nestes quatro anos – prolongados - de mestrado, agradeço a todos que cruzaram o meu caminho, à Lívia, à Gisele, à Carol, ao meu co-orientador Júlio, e até ao béquer que quebrou com calda quente de sorvete devido ao choque térmico em cima de mim naquele dia em que eu estava sozinha no laboratório. Cada um me ajudou com um insight diferente sobre o que eu estava fazendo e me ensinou alguma coisa de algum jeito – até mesmo que vidros de béqueres não são termorresistentes.

Nesta etapa final, reitero meus agradecimentos aos meus orientadores Juliane e Júlio, ao Elvino, aos técnicos de laboratório, e exalto imensamente meus pais, que fizeram tudo o que podiam e não podiam por mim nestes tempos tão difíceis. A dissertação que você segura em suas mãos – ou lê em seu computador – neste exato momento é fruto de muito suor, sangue, noites em claro, crises de pânico e ansiedade, e também de amor, amizade e perseverança. Obrigada ao meu psicólogo Renan e psiquiatra Leonardo por me ajudarem com a frase anterior meio que indiretamente.

O maior mérito sem dúvida pertence aos meus pais, na casa dos quais escrevo estas palavras, e que esteja registrado que apesar do meu nome nas páginas título, esta dissertação pertence a eles, bem como meu futuro título de mestre. Se pude ter o privilégio de estudar e ter comida na mesa ao mesmo tempo, é tudo deles.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

"A ciência é muito mais que um corpo de conhecimentos. É uma maneira de pensar."

SAGAN, 1990, *The Skeptical Inquirer*. v. 14

## RESUMO

A substituição de gorduras saturadas por insaturadas é uma tendência na indústria de alimentos e pode também ser aplicada aos sorvetes, cuja base estrutural reside na interação e proporção gordura-proteína. A fim de substituir a gordura de palma, mais utilizada em sorvetes de baixo custo e composta em até 50% de ácidos graxos saturados, utilizou-se oleogel formado por óleo de girassol e cera de abelha. O óleo, que possui apenas 13% de gordura saturada e também baixo custo, teve seu ponto de derretimento elevado através da adição de cera de abelha, cuja estrutura possui saturação em ínfima ou nenhuma quantidade. Foram testadas concentrações de cera em óleo de 5-10% em um total de 10 experimentos através do Delineamento Completo Central Rotacional (DCCR) para avaliação da influência da substituição total ou parcial da gordura por oleogel na viscosidade. As formulações obtidas foram caracterizadas físico-quimicamente (pH, sólidos solúveis, teor de umidade, acidez titulável, cinzas, colorimetria, reologia, lipídeos, taxa de derretimento, açúcares redutores, atividade de água, *overrun* e viscosidade da calda). As formulações que apresentaram maior semelhança ao sorvete Controle foram analisadas também via microscopia eletrônica de varredura (MEV). Foi possível então concluir que sorvetes fabricados com substituição de até 97,8% da gordura de palma utilizando oleogel com 5,7% de cera de abelha foram capazes de assemelhar-se reológica, estrutural e físico-quimicamente ao padrão de mercado, não sendo averiguadas mudanças na coloração do produto. Entretanto, observou-se aumento no teor de Cinzas com o aumento na quantidade de cera de abelha, o que pode ser atribuído à composição mineral deste ingrediente.

**Palavras-chave:** gorduras; sorvete; produto lácteo; oleogel.



## ABSTRACT

The substitution of saturated fats for the unsaturated ones is trending in food industry and can also be applied to ice cream, product which structural base leans on the interaction and proportion between lipids and proteins. With the purpose of substituting Palm Fat, which is the most used fat in ice creams with a saturated fat portion up to 50%, an oleogel constituted by sunflower oil and beeswax was used. The oil, which has only 13% of saturated fat and is low cost as well, had its melting point elevated by the wax, which has little to no saturated lipids. Proportions of wax to oil varied from 5-10% in a total of 10 essays through Central Rotational Compound Design, evaluating the oleogel influence in viscosity for partial and total substitutions. The obtained ice cream formulae were physical-chemically analyzed (pH, soluble solids, humidity, titrable acidity, ashes, colorimetry, rheology, lipids, melting rate, water activity, reducing sugars, overrun and mix viscosity). The formulae that presented better similarity to control ice cream – with only palm fat – were also submitted to Scanning Electron Microscopy (SEM). It was concluded that it is possible to substitute up to 97,8% of palm fat in ice cream using oleogel with 5,7% of beeswax, creating a product rheological, structural and physical-chemically similar to what is available in the market, with no difference in product color. However, a raise in Ashes content was observed according to higher quantities of beeswax employed, which can be explained by the mineral composition of this component.

**Keywords:** fat, ice cream, milk product, oleogel.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de Pareto da variável dependente pH.....	35
Gráfico 2 - Gráfico de Pareto da variável dependente Acidez Titulável.....	36
Gráfico 3 - Gráfico de Pareto da variável dependente tempo de derretimento.....	36
Gráfico 4 - Gráfico de Pareto para a variável dependente umidade.....	37
Gráfico 5 - Gráfico de Pareto para a variável dependente Overrun.....	37
Gráfico 6 - Taxa de cisalhamento (Pa) das caldas de sorvete.....	40
Gráfico 7 - Variação da viscosidade (Pa*s) das caldas de sorvete.....	41
Gráfico 8 - Superfície de resposta 2D da viscosidade das amostras de sorvete.....	42
Gráfico 9 - Pareto de influência das variáveis independentes na viscosidade das caldas	43
Gráfico 10 - Pareto de influência das variáveis independentes sob a tensão de cisalhamento das caldas.....	43
Gráfico 11 - Superfície de resposta 2D da taxa de cisalhamento das amostras de sorvete	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas do óleo de girassol.....	27
Tabela 2 - Ingredientes utilizados para formulação da calda do sorvete.....	28
Tabela 3 - Níveis das variáveis independentes do Delineamento Completo Central Rotacional.....	30
Tabela 4 - Delineamento experimental dos testes com variáveis independentes reais.....	30
Tabela 5 - Resultados das análises físico-químicas dos sorvetes.....	34
Tabela 6 - Resultados dos testes de colorimetria dos sorvetes.....	38
Tabela 7 - Análise de Variância (ANOVA) do modelo de regressão reduzido.....	41
Tabela 8 - Composição dos grupos mais semelhantes ao Controle.....	47

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	Disposições acerca de gelados comestíveis.....	16
2.2	Ingredientes do sorvete .....	18
2.3	Processo produtivo do sorvete.....	20
2.4	Gordura de palma .....	21
2.5	Oleogéis.....	23
2.5.1	<i>Cera de abelha</i> .....	25
2.5.2	<i>Óleo de girassol</i> .....	26
3	METODOLOGIA.....	28
3.1	Preparação do óleogel .....	28
3.2	Preparação do sorvete.....	28
3.3	Delineamento experimental .....	29
3.4	Caracterização das caldas.....	31
3.4.1	<i>Análises Físico-Químicas</i> .....	31
3.4.2	<i>Análise de composição</i> .....	32
3.5	Microscopia Eletrônica de Varredura.....	32
3.6	Análise estatística.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
4.1	Caracterização físico-química .....	34
4.2	Colorimetria .....	38
4.3	Reologia .....	39
4.4	Microscopia eletrônica de varredura.....	44
4.5	Composição das caldas.....	46
5	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS .....	49

## 1 INTRODUÇÃO

Um novo padrão alimentar tem se desenvolvido ao redor do mundo com o evoluir da globalização, de forma que a demanda por alimentos convenientes e saudáveis está crescendo a cada ano. Neste contexto, faz-se necessário o desenvolvimento de alimentos adaptados a essa nova demanda, substituindo-se os ingredientes relacionados a problemas de saúde.

Um dos alimentos aptos a reformulação é o sorvete, sobremesa gelada à base de leite obtida através do aquecimento seguido de congelamento da emulsão de gordura, proteína e açúcar ou adoçantes, com ou sem a adição de outras substâncias, tendo sua textura desenvolvida por recristalização (KALEDA *et al.*, 2017).

Nos sorvetes de baixo custo, uma das gorduras vegetais mais utilizadas é a gordura de palma, a qual representa 38,7% da produção de óleo vegetal mundial, sendo a mais proeminente ao serem produzidas 66 toneladas anualmente. Seu plantio em massa vem causando preocupações com relação à sustentabilidade, pois ocupa 27 milhões de hectares no planeta, desflorestando áreas de biodiversidade e gerando os chamados “desertos verdes”, áreas de solo empobrecido em razão da monocultura (RAINFOREST RESCUE, 2019; LEVIN, 2012).

Além disso, em comparação com outros óleos vegetais disponíveis no mercado, é rico em gorduras saturadas (ROSILLO-CALLE; PELKMANS; WALTER, 2009), as quais estão relacionadas com o aumento do teor total de colesterol LDL (*Low Density Lipid*) no sangue e maior probabilidade de doenças cardíacas (MARANGONI *et al.*, 2017), dentre outras doenças metabólicas. Em 2010, 230 milhões de pessoas ao redor do mundo foram acometidas por problemas metabólicos ligados à dieta, como a diabetes *mellitus* do tipo 2, doenças cardiovasculares e morte prematura (ROGERS, 2009).

Tal demanda urge uma vez que os governos estipulam prazos para a substituição ou extinção de gorduras saturadas e trans e a indústria deve se adaptar o mais rápido o possível (SINGH; AUZANNEAU; ROGERS, 2017; ROGERS, 2009). Países como os Estados Unidos já estão providenciando medidas para a proibição completa de gorduras trans em todos os alimentos (FDA, 2018).

Com a finalidade de gerar uma porção gordurosa de baixo custo que se assemelhe ao papel desempenhado pela gordura de palma, pode-se explorar a possibilidade de formular oleogéis. A formulação de oleogéis tem recebido atenção devido a demanda de alternativas que estruturam óleos em estado sólido, como a gordura faz, sem a necessidade de induzir saturações como a interesterificação faz. Apresenta como vantagens manter as propriedades tecnológicas do ingrediente original, ser necessárias baixas concentrações do composto para formar o gel e propriedades de transição de estado reversíveis (XU *et al.*, 2012), além de mostrar-se mais saudável que a gordura interesterificada.

Os oleogéis consistem em sistemas semi-sólidos compostos por um solvente orgânico na fase líquida e um agente estruturante imobilizador, que forma uma rede tridimensional por fibras ou ligações cruzadas (ESPOSITO; KIRILOV; ROULLIN, 2018). Para fins alimentícios, uma fase líquida ideal é o óleo de girassol, que é de baixo custo e possui baixo teor de gordura saturada (menos de 10%, em sua maioria ácidos graxos palmítico e esteárico, enquanto que nos outros 90% de gordura insaturada encontramos ácidos graxos oleico e linoleico) (ZHELJAZKOV *et al.*, 2011).

Para agir como agente estruturante, propôs-se a utilização da cera de abelha, a qual é secretada por abelhas operárias, utilizada na montagem das colmeias, com aroma doce e sabor tendendo levemente ao bálsamo (ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, 2010). Pode ser utilizada como aditivo alimentar, sendo reconhecido como GRAS (*Generally Recognized As Safe*, ou Geralmente Reconhecida como Segura, em tradução livre) pelo FDA (*Food and Drugs Administration*, Administração de Alimentos e Drogas, em tradução livre), órgão de regulamentação e vigilância de compostos químicos e alimentos dos Estados Unidos. Já é utilizada como estabilizante, texturizador ou mesmo como base para gomas, de forma que não é relatado sabores residuais de ceras (YILMAS; ÖĞÜTCÜ, 2014). É uma matéria-prima natural, de médio custo – tendo sido utilizada em baixas proporções – e que é capaz de trazer benefícios à saúde, uma vez que em sua composição há álcoois altamente alifáticos relatados como gastroprotetores e antioxidantes (MOLINA; MAS; CARBAJAL, 2015).

Diante do exposto, objetivou-se reformular o sorvete a fim de mantê-lo no mercado como uma sobremesa de baixo custo, aliando suas características de sabor e textura aos benefícios à saúde, desenvolvendo-se um gelado comestível a base de leite com substituição parcial da gordura de palma pelo oleogel de óleo de girassol e cera de abelha, reduzido em gorduras saturadas, porém de potencial alta aceitação pelo mercado.

Para tal, objetivamos especificamente a obtenção das formulações com substituição total ou parcial da gordura de palma e caracterização físico-químicas (pH, taxa de derretimento, umidade, overrun, sólidos solúveis, cinzas, açúcares redutores e atividade de água), colorimétricas, reológicas e de estrutura das mesmas – através de microscopia eletrônica de varredura – a fim de verificar a possibilidade de sucesso na substituição da fonte lipídica convencional.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Disposições acerca de gelados comestíveis

O Regulamento Técnico para gelados comestíveis no Brasil, disposto em Resolução Nº 266, de 22 de setembro de 2005, define essa classe de alimentos como produtos congelados obtidos a partir da concentração de gorduras e proteínas ou a partir da mistura de água e açúcares, podendo ser acrescidos ou não de outros ingredientes (BRASIL, 2005). Os tipos de gelados comestíveis descritos na legislação brasileira, conforme o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (BRASIL, 1999) em relação à composição, são:

- Sorvetes de creme: Elaborados a partir de leite e/ou outros derivados lácteos com gorduras comestíveis;
- Sorvetes de leite: Elaborados a partir de leite e outros derivados lácteos;
- Sorvetes: Têm a base fabricada a partir de leite e/ou derivados lácteos, bem como outros ingredientes de forma que a gordura e a proteína podem advir de fontes não lácteas;
- Sherbets: Elaborados a partir de leite e ou derivados lácteos de forma que possuam pequena proporção de gordura e proteínas, podendo ser total ou parcialmente de fontes não lácteas;
- Gelados de Frutas/Sorbets: Elaborados a partir de polpas, sucos e/ou pedaços de frutas;



- Gelados: Produtos elaborados com açúcares, podendo ou não conter outros ingredientes alimentares.

Com relação ao processo, classificam-se em:

- Sorvetes de massa ou cremosos: misturas homogêneas ou não de ingredientes, que foram batidos e resfriados ao congelamento obtendo-se massa aerada;
- Picolés: Porções de gelados comestíveis de diversas composições, que podem ou não ser batidas, normalmente sustentados por uma haste;
- Produtos especiais gelados: Caracteriza-se por alimentos gelados de qualquer tipo misturados com os gelados comestíveis previamente descritos em legislação, bem como variações.

Quimicamente, o sorvete é um tipo de gelado comestível que tipicamente é composto pelo mínimo de 5 % de gordura e 2,5 % de proteínas do leite, cuja fórmula consiste em uma emulsão de gordura, sólidos do leite e açúcares (ou edulcorantes), que passa por tratamento térmico adequado, homogeneização e subsequente maturação, batimento e congelamento. Pode ser encontrado no mercado sob três categorias principais mediante classificação mercadológica (CLARKE, 2012):

- Premium: Feito com ingredientes de melhor qualidade com maior proporção de gordura láctea e baixa incorporação de ar, o que o torna mais caro;
- Econômico: produzido a partir de matérias-primas mais baratas, possuindo por exemplo gorduras vegetais, além de possuir uma maior incorporação de ar;
- Padrão: Sorvetes fabricados em composição e condições intermediária as anteriores.

Além de uma sobremesa popular, o sorvete é também um complexo sistema cujas propriedades advêm de sua microestrutura, a qual é diretamente dependente da composição. Neste sistema, a concentração de cristais de gelo, bolhas de ar, glóbulos de gordura e agregados proteicos afeta a textura, cor e outras propriedades do produto final. No sorvete, as proteínas são responsáveis principalmente pela viscosidade e qualidade da textura (ALOĞLU *et al.*, 2018), enquanto a gordura, sob a forma de agregados, provê a estrutura e a cremosidade do gelado, de forma que é a responsável pela manutenção das bolhas de ar incorporadas durante o batimento. Os cristais de gorduras promovem a coalescência de glóbulos gordurosos, estabilizando a matriz formada (CROPPER *et al.*, 2013).

## 2.2 Ingredientes do sorvete

Os principais ingredientes utilizados na fabricação do sorvete são as gorduras, as proteínas, água, adoçantes, estabilizantes, anticoagulantes e emulsificantes, descritos conforme GOFF e HARTEL, 2013:

Os ingredientes gordurosos podem advir do próprio leite, como o creme de leite, ou de outras fontes não lácteas, como gorduras vegetais. Na fabricação de sorvetes de baixo teor de lipídeos, substituintes devem ser utilizados, como carboidratos, proteínas ou ácidos graxos de menor valor calórico, de forma que emulem os glóbulos de gordura. Contribuem para o sabor do sorvete ao serem bons carreadores para flavorizantes e por proporcionar uma textura suave, dar corpo à calda e melhorar o ponto de derretimento do sorvete – o qual proporciona a sensação de derretimento na temperatura da boca do consumidor.

Os ingredientes proteicos compõem a maior parte dos sólidos no sorvete. Proporcionam textura ainda mais suave ao produto final ao agir como emulsificantes da gordura, o que melhora a viscosidade da porção não congelada; são formadoras da espuma e aprisionam de forma estável as microbolhas de ar. Podem provir do leite, do soro de leite, leite concentrado ou em pó, ou de outras fontes como proteínas vegetais, sendo a melhor e mais comum dessas a proteína de girassol.

A água potável é o solvente que padroniza os teores de gordura e sólidos não gordurosos. Em sorvetes do tipo *premium*, é comum que se utilize leite fluído como fonte de água principal.

Os Adoçantes abrangem todo tipo de adoçante disponível desde açúcares de cana, sacarose, xarope e até a própria lactose. Sua principal função é tornar o produto mais atrativo e saboroso, realçando os flavorizantes. Sua ausência ocasiona sabor forte, enquanto que seu excesso impede a percepção das outras notas. Além disso, possui a capacidade de baixar o ponto de congelamento e é utilizado como inibidor da cristalização, contribuindo para a obtenção de texturas características do sorvete, garantindo a suavidade da sobremesa. A baixa viscosidade do açúcar também confere plasticidade aos sorvetes (DI MONACO *et al.*, 2018).

Estabilizantes são utilizados para melhorar a viscosidade da mistura, prevenir a separação da porção proteica, melhorar a suspensão dos compostos flavorizantes, estabilizar a espuma mas com fácil corte e boa maciez durante o armazenamento, retardar ou reduzir a formação de gelo e cristais de açúcar, impedir a migração de compostos do produto para a embalagem ou ar, prevenir a diminuição de volume durante o armazenamento pelo escape de ar, prover uniformidade e resistência ao derretimento e melhorar a maciez e textura durante o consumo. Os estabilizantes mais comumente utilizados são as gomas guar e goma de celulose.

O estabilizante ideal deve apresentar sabor neutro, não se ligar aos flavorizantes e contribuir para o ponto de derretimento ideal. Seu excesso torna a calda extremamente viscosa e prejudica o derretimento.

Anticongelantes são, em sua maioria, proteínas que diminuem o ponto de congelamento, promovem a nucleação do gelo e reduzem a taxa de recristalização da água. Agem através da ligação à superfície do cristal de gelo, impedindo a adsorção de novas moléculas e sua expansão.

Os Emulsificantes estão, normalmente, integrados com os estabilizantes, mas suas funções se integram, de forma que:

- Promovem a nucleação da gordura durante o armazenamento, o que aumenta o tempo de prateleira.
- Melhoram a cremosidade do sorvete ao prover menores bolhas de ar e homogeneizar sua distribuição por toda a massa.
- Facilitam a extrusão e moldagem ao colaborar na desestabilização dos glóbulos de gordura, da mesma forma que melhoram a textura ao agir na estruturação dos mesmos.
- Aumentam a resistência ao desenvolvimento de texturas cristalinas ao criar finas lamelas entre as bolhas de ar.

### 2.3 Processo produtivo do sorvete

Quantidades pré-determinadas dos ingredientes líquidos e sólidos são misturadas em uma tina, na qual aquecimento e agitação ocorrem juntos para integrar a formulação. Se todos os ingredientes estiverem na forma líquida, mais rápida e eficiente será essa etapa, portanto, frequentemente será necessário dissolver previamente os compostos sólidos. No caso de adicionar ingredientes em pó, deve-se adicioná-los lentamente sob agitação em aquecimento de cerca de 50 °C (GOFF; HARTEL, 2013; OMER *et al.*, 2013). Em seguida, a calda é encaminhada para homogeneização.

A homogeneização é realizada com o propósito de tornar a calda estável e uniforme, impedindo que a gordura se separe e flutue sobre a solução ou que o sorvete apresente textura gordurosa ao paladar ou na aparência. Sua função é reduzir os glóbulos de gordura ao tamanho de dois micrômetros sob pressão a depender do maquinário. Consiste no processo de desestabilizar os glóbulos de gordura lentamente e requer o apoio do uso de emulsificantes, de forma que em conjunto promovem aspecto menos úmido e derretimento lento ao produto final. Isto acontece porque na superfície dos aglomerados de gordura, encontram-se fosfolípidios nos quais aderem proteínas e outras substâncias. Quando se reduz os glóbulos a metade de seu volume original, a área de superfície é duplicada; portanto, uma vez que a homogeneização é capaz de aumentar a área superficial em cem vezes, estendendo a zona de contato na mesma proporção, aumenta-se a aderência de proteínas e partículas de água que poderiam gerar cristais durante a refrigeração. (TOSAKI *et al.*, 2009; GOFF; HARTEL, 2013)

A calda deve então ser pasteurizada a fim de destruir todos os possíveis microrganismos patogênicos, além de enzimas hidrolíticas nativas do leite que podem causar prejuízos ao sabor e textura durante o armazenamento. A pasteurização a ser realizada pode ser contínua – 80 °C por 25 segundos – ou em batelada – 70 °C por 30 minutos (BRASIL, 2003), a qual embora acrescente nos custos, traz outros benefícios como ajudar na dissolução dos sólidos na calda, dissolve a gordura e diminuir a viscosidade, melhorando a fluidez da mistura pelos equipamentos posteriores, favorece o sabor, o prazo de validade e ainda melhora a uniformidade do produto (GOFF; HARTEL, 2013).

Por seguinte a calda deve passar por uma etapa de maturação sob temperatura menor que 4 °C durante período entre 4 e 24 horas. Esta etapa é necessária pois durante a homogeneização e a pasteurização, os glóbulos de gordura são reduzidos e liquefeitos, de forma

que pela posterior refrigeração, novas estruturas se formam, demorando em torno de quatro horas para uma nova recristalização, a qual é necessária para que se promova a desestabilização completa da gordura durante o congelamento (GOFF; HARTEL, 2013). Além disso, nesta etapa há a mudança completa de organização das moléculas pois os emulsificantes agora tem a oportunidade de impedir que as proteínas se liguem à superfície dos glóbulos, gerando hidrocolóides e promovendo a ação de espessantes, que poderão novamente se hidratarem e, portanto, aumentar a viscosidade da calda. A refrigeração até 2°C durante a maturação colabora com a segurança microbiológica (BAZMI *et al.*, 2008).

Por fim, ocorre o batimento seguido do envase. O batimento é realizado através de máquinas que incorporam ar à calda, sendo capazes de até dobrar o seu volume, através de batimento a alta velocidade. Esta propriedade é denominada *Overrun* e é definida pela porcentagem de aumento de volume da calda após a aeração, podendo variar conforme o tipo de gelado comestível e maquinário utilizado (WARREN; HARTEL, 2018). O produto pronto é envasado em embalagens de polipropileno, papelão envolto em plástico ou em potes de plástico flexível, contendo rótulos ou envoltos plásticos ou cartonados (GOFF; HARTEL, 2013).

## 2.4 Gordura de palma

A palma (*Elaeis guineenses*) consiste em uma planta típica da floresta tropical chuvosa do oeste da África. Seu óleo vem sendo extraído através de milhares de anos, sendo parte importante da culinária local e possuindo sabor e cor vivos. Isto se deve a presença de carotenoides, que lhe conferem cor avermelhada, sendo composto também em sua maior parte por ácido palmítico saturado, adotando o estado semi-sólido a sólido mesmo sob temperaturas tropicais (POKU, 2002). De forma geral, é obtido através da trituração das frutas da palma, esmagando de forma a liberar o óleo, que para comércio é refinado posteriormente para retirada das cores e sabores através de hidrólise e oxidação (PRADO; BLOCK, 2012).

É de grande uso na indústria alimentícia devido às vantagens de sua utilização, como alta estabilidade térmica e oxidativa e plasticidade a temperatura ambiente, o que confere ao produto a potencialidade de resistência ao derretimento a temperatura da boca. Além disso, por cristalizar de forma relativamente lenta em uma estrutura frágil, é capaz de impedir a

formação de cristais em etapas de maturação sob baixas temperaturas (NOOR LIDA *et al.*, 2002).

Sua composição apresenta grande teor de gordura saturada, chegando a 50% em palmas cultivadas em solo da Malásia, de onde provém aproximadamente 86 % da gordura de palma mundial. À alimentação destina-se 85-90 % da sua produção, o que proporciona o crescimento da preocupação acerca da saúde dos consumidores uma vez que gorduras saturadas estão fortemente relacionadas a ocorrência de doenças metabólicas como ataques cardíacos, aumento do colesterol ruim e sobrepeso (MAY; NESARETNAM, 2014).

Segundo NOOR LIDA e colaboradores (2002), a gordura de palma é composta majoritariamente por ácidos graxos saturados na segunda posição do triacilglicerol (TAG), os quais podem ser tri, di ou monossaturados, variando entre ácido palmítico ou oleico nos pontos de saturação. Sendo saturados 50% do teor total de ácidos graxos, a gordura de palma compõe-se por 44% de ácido palmítico, 5% de esteárico e o resto como traços de ácido mirístico. Nos outros 50% não saturados, há 40% de ácido oleico e 10% de ácido linoleico polinsaturado e ácido linoleico (MONTROYA *et al.*, 2014).

O Ácido Palmítico, principal ácido graxo presente na gordura de palma, é um composto saturado muito presente nos triacilgliceróis, os quais são a principal forma de armazenamento de lipídios no organismo através do armazenamento no tecido adiposo branco, que em excesso é o causador da obesidade como doença metabólica. A obesidade, por sua vez, favorece o surgimento de doenças cardíacas, hipertensão e diabete melitus tipo 2, dentre outras. Além disso, o tecido adiposo produz adipocinas responsáveis por processos inflamatórios crônicos, que por sua vez são estimulados diretamente pelos ácidos graxos saturados através de trocas de espécies reativas de oxigênio (MANCINI *et al.*, 2015).

A fim de compensar a saturação e evitar seus efeitos maléficos à saúde, uma das técnicas mais empregadas é a interesterificação química, que consiste na randomização de ácidos graxos dentro da cadeia até que o equilíbrio termodinâmico seja atingido, causando assim alterações no perfil de TAGs (NOOR LIDA *et al.*, 2002). Especificamente tratando-se de gordura de palma, essa estratégia não é muito efetiva pois ambos os perfis lipídicos aqui presentes não são bem metabolizáveis pelo corpo.

O ácido palmítico e o esteárico aqui presentes esterificam-se na posição 1 e 3, posições rapidamente hidrolisadas pelo organismo e, então livres, solidificam-se a temperatura corporal e não são absorvidas e metabolizadas propriamente, sendo excretadas com as fezes.

Por sua vez, os ácidos oleico e linoleico, insaturados, normalmente esterificam-se na posição 2 do TAG, onde não conseguem ser reconhecidos e clivados e, após a clivagem das posições 1 e 3, seguem como monoglicéridios e são reciclados como triacilgliceróis pelo organismo (MARANGONI, *et al.*, 2017).

## 2.5 Oleogéis

Oleogéis são dispersões coloidais estruturadas em líquido oleoso como meio e um agente gelante, normalmente polímeros ou moléculas orgânicas de baixo peso molecular, formando uma rede tridimensional que envolve a matriz oleosa e confere as propriedades de oleogel, como alta viscosidade sob baixas concentrações (ALFONSO; VALENCIA, 2015). Para que desempenhe sua função eficientemente, o óleogel deve ter as propriedades de lipofilicidade, ser capaz de desenvolver atividades na superfície dos colóides e de auto-organização do complexo; organizar-se através de interações supramoleculares; cristalizar como termorreversíveis (PATEL *et al.*, 2013).

Segundo Martins e colaboradores (2018) há quatro principais mecanismos bem estudados de óleogelação, todos via interações não-covalentes:

- A cristalização de ácidos graxos é formada por longas cadeias de hidrocarbonetos que após uma certa concentração desenvolvem estruturas cristalinas capazes de reter óleo e promover estruturação sólida após refrigeração.
- Redes Fibrilares Auto-Montáveis (*Self-Assembled Fibrillar Networks, S.A.F.I.N.*) são geradas pelo crescimento cristalino unidirecional que parte de unidades de nucleação, resultando em uma rede que se monta em três dimensões.
- As Redes Poliméricas, por sua vez são constituídas por ligações cruzadas ou enovelamento entre polímeros de forma que o óleo acaba preso entre esses espaços. Essas ligações podem ser catalisadas de forma direta – dispersão direta do agente gelante no óleo - ou indireta – após a dispersão é necessário um processo adicional, como por exemplo, aquecimento.
- As micelas esféricas reversas são moléculas que se dissolvem em meio não polar formando uma rede tridimensional com estrutura gelatinosa.

A possibilidade de formar um gel com compostos orgânicos possui alta demanda na área alimentícia, onde espessantes e aditivos artificiais têm sido banidos pelos governos de diversos países. Conforme cresce a demanda por alimentos saudáveis e com menor teor de gordura, os oleogéis também tem ganhado espaço devido a sua capacidade de substituição dessa porção, o que diminui ao consumidor o risco de doenças metabólicas como diabetes tipo 2 ou doenças coronárias cardíacas (MARTINS *et al.*, 2018).

As gorduras que necessitam de substituição são, principalmente, os triacilgliceróis que formam uma rede de cristais lipídicos, que por sua vez se comprimem em lamelas cristalinas que se empilham em nano-plateletas, as quais formam flocos que englobam o óleo líquido em gorduras sólidas (GRAVELLE *et al.*, 2016). Este comportamento é o responsável pela natureza extensível das gorduras e suas propriedades atraentes para uso na alimentação. Para exercer papel semelhante no alimento, oleogéis altamente eficientes chegam a funcionar em concentrações tão baixas quanto 0,5 % (m/m), com a maioria trabalhando em concentrações até 2 % (m/m) (HUGHES *et al.*, 2009).

O uso de oleogéis na alimentação já é uma tendência na ciência de alimentos, pois apresenta outras vantagens além das supracitadas. Estudos têm mostrado que a propriedade altamente lipofílica dos géis orgânicos de baixa massa molecular é capaz de impedir a migração de ingredientes lipofílicos entre as fases do produto, bem como sua aglomeração, o que diminui o uso de emulsificantes (ZIEGLER; SHETTY; ANANTHESWARAN, 2004; HUGHES *et al.*, 2009). Vale ressaltar que no mercado brasileiro quase não há produtos se utilizando desta tecnologia, o que confere inovação ao presente trabalho.

As propriedades reológicas e o comportamento de um óleogel variam conforme a concentração, tipo de seus componentes e processo de fabricação. Os principais materiais que têm sido utilizados como agente gelante são as ceras, as quais consistem em diversas frações comprimidas de n-alcanos, álcoois graxos e ácidos graxos, cuja proporção e tipo variam conforme a fonte da cera. Dentro do óleogel, as ceras formam cristais em formato de plateleta ou agulha em baixíssimas concentrações, em comparação com os triacilgliceróis, mas não possuem efeitos danosos à saúde relatados (TORO-VASQUEZ *et al.*, 2007; SINGH *et al.*, 2017).



### 2.5.1 Cera de abelha

É um produto natural baseado em lipídeos, produzido por abelhas operárias da espécie *Apis mellifera L.* que serve de armazenamento de nutrientes, néctar e pólen para o desenvolvimento da ninhada (SVEČNJAK *et al.*, 2019). É obtido através da centrifugação das colmeias após a retirada do mel, resultando em mistura de hidrocarbonetos parafínicos, ácidos graxos livres, ésteres e álcoois de ácidos graxos e diésteres segundo TULLOCH, 1980 (apud BONVEHI; BERMEJO, 2012). Podem-se classificar estes compostos em cinco grupos majoritariamente (BONVEHI; BERMEJO, 2012):

- Hidrocarbonetos de cadeia longa vertical (12 – 16 %) com 27 a 33 carbonos em quantidade ímpar. Quanto maior o tamanho de cadeia, maior será a porcentagem de compostos insaturados, pois hidrocarbonetos com mais de 33 carbonos são apenas insaturados;
- Ácidos graxos livres (12 – 14 %), dos quais cerca de 85 % são saturados e tem tamanho de cadeia entre 24 e 32 carbonos;
- Álcoois graxos livres (1 %) de comprimento entre 28 e 35 carbonos;
- Monoésteres e dihidroximonoésteres lineares típicos de ceras (35 - 45 %) com comprimento entre 40 e 48 carbonos, os quais derivam dos ácidos palmíticos, 15-hidroxipalmíticos e oleicos.
- Ésteres complexos típicos de ceras (15 - 27 %) como por exemplo o ácido 15-hidroxipalmítico e ácidos dióicos, os quais interligam-se a um ácido graxo através de seus grupos hidroxila.

A composição, entretanto, varia conforme a subespécie de abelha, a idade da cera e as condições climáticas de sua produção. Seu ponto de derretimento, dessa forma, não é constante, podendo variar entre 61 a 66°C de acordo com a composição. Sua cor quando recém produzido é branco translúcido, de maior valor de mercado, porém após a manipulação na colmeia torna-se amarelo, amarelo escuro ou mesmo marrom, devido à própolis e a pigmentos

advindos do pólen. Seu aroma é frágil e é facilmente extinto pelo aquecimento e determinadas reações químicas (BOGDANOV, 2016).

As ceras de abelha podem ser classificadas como europeia, africana ou asiáticas, conforme a abelha que a produz, sendo que esta última é a mais simples e possui menor número de compostos em diferentes proporções em relação às outras, principalmente com maior porcentagem de monoésteres (até 60%). As ceras africanas consistem em hidrocarbonetos, monoésteres, ácidos graxos livres e álcoois graxos livres (BONVEHI; BERMEJO, 2012). A Comissão Internacional do Mel (*International Honey Commission – IHC*) propôs testes de rotina para averiguar a qualidade da cera, avaliando os parâmetros de ponto de derretimento, número de saponificação e hidrocarbonetos totais (BOGDANOV, 2016).

A cera de abelha já é amplamente utilizada para a fabricação de filmes utilizados na preservação de alimentos, sendo considerada segura para consumo pelo *Food and Drug Administration* (FDA), órgão de vigilância sanitária e de saúde americano (ARREDONDO-OCHOA *et al.*, 2017; PINTO; PANKOWSKI; NANO, 2021). Estão sendo desenvolvidos oleogéis utilizando a cera de abelha como agente gelante com finalidade alimentícia, aproveitando-se das vantagens de que é uma cera com baixas calorias e não digestível, formando oleogéis termorreversíveis, a fim de que sirva de substituinte para o óleo de palma, muito utilizado em sorveteria e confeitaria, dentre outras áreas (DOAN *et al.*, 2016; HONG *et al.*, 2018).

### 2.5.2 Óleo de girassol

É o óleo obtido diretamente pela trituração das sementes do girassol, obtidas por cruzamentos selecionados, seguida de extração sem purificação seguinte (WARNER *et al.*, 2003). Contém diversos fosfolipídios, tocoferóis e esteróis que são reconhecidos como antioxidantes, de forma que pode ser utilizado em alimentos a fim de estender sua vida útil, ao impedir a oxidação de outros lipídeos, além de ser de baixo custo por não requerer refinamento (SÉVERAC *et al.*, 2011)

As propriedades físico-químicas do óleo de girassol segundo O'Brien, 2004, estão expressas na tabela 1:

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas do óleo de girassol.

<b>Propriedade</b>	<b>Faixa</b>
Índice de refração (25 °C)	1.468
Valor de iodo	78 – 88
Índice de Saponificação (mg KOH/g)	188 – 194
Ponto de derretimento (°C)	4,4 – 7,2
$\alpha$ -tocoferol (ppm)	94-430
$\beta$ -tocoferol (ppm)	2
$\gamma$ -tocoferol (ppm)	1

Fonte: O'Brien, 2004

Devido às ótimas propriedades de preservação de alimentos e benefícios à saúde em comparação a outros óleos (apenas 10 % em média de gordura saturada, além de ser fonte de antioxidantes), diversos estudos têm examinado a possibilidade de utilizá-lo na formulação de sorvetes com teor reduzido de gorduras saturadas (SUNG; GOFF, 2010; ZULIM-BOTEGA *et al.*, 2013<sup>1</sup>; ZULIM-BOTEGA *et al.*, 2013<sup>2</sup>; MUNK *et al.*, 2018).

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Preparação do óleogel**

A cera de abelha (CA) foi obtida de apiário local e purificada mecanicamente duas vezes antes de ser acrescida ao óleo de girassol (OG) comercial. Para tal, foi derretida em banho maria a cerca de 80 °C e filtrada duas vezes em peneira inox de 2 mm de abertura, seguida de adição de água gelada para ressolidificação. Após resultados satisfatórios serem obtidos, a cera resultante foi submetida a secagem em estufa por 2 horas a 60 °C.

Seguindo metodologia adaptada de Zulim-Botega (2012), a cera de abelha, foi acrescida ao óleo de girassol e a mistura aquecida a 80 °C a fim de que a porção sólida derretesse e se misturasse ao meio. Após vigorosa agitação para garantir a homogeneização do sistema, o mesmo foi resfriado a temperatura ambiente, pronto para incorporação no sorvete.

#### **3.2 Preparação do sorvete**

O sorvete foi preparado com os ingredientes citados nas quantidades expressas na Tabela 2 a fim de que fossem fabricados aproximadamente dois quilos de calda, conforme fórmula cedida por indústria local. Após o aquecimento da água a 60 °C, todos os ingredientes, menos o aroma e pó flavorizante de chocolate, foram acrescidos e batidos manualmente até a formação da calda. Uma vez resfriada, o aromatizante e flavorizante foram adicionados e calda foi homogeneizada por meio de liquidificador industrial por 10 minutos (adaptado de BELTRAN, 2018). A fonte lipídica variou entre a gordura vegetal de palma hidrogenada (GP) e o óleogel de óleo de girassol-cera de abelha (OG-CA).

Tabela 2 - Ingredientes utilizados para formulação da calda do sorvete.

<b>Ingrediente</b>	<b>Massa (g) para aproximadamente 2 Kg de calda</b>
Água	1330
Leite em pó desnatado	100
Açúcar cristal	300
Estabilizante Multimix EXT 7912	10
Xarope de glicose	40
Fonte lipídica	140
Aroma artificial de creme	4
Soro de leite em pó desmineralizado	60

Fonte: Autora, 2023.

Após homogeneização, as caldas foram submetidas a pasteurização lenta (62 a 65 °C por 30 minutos) para garantia da segurança microbiológica, sendo então maturadas a 4 °C por 12 horas. Ao fim deste período, foram batidas em batedeira planetária por 15 minutos para incorporação de ar sendo submetidas posteriormente a congelamento a – 15 °C.

### 3.3 Delineamento experimental

Delineamento Completo Central Rotacional foi escolhido para otimização da formulação dos sorvetes produzidos com oleogéis. A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para verificar o efeito das concentrações de cera e de óleo (variáveis independentes) e suas interações sobre a viscosidade, taxa de incorporação de ar e de derretimento (variáveis resposta). Foi empregado planejamento fatorial completo ( $2^2$ ), incluindo 4 ensaios axiais e 3 repetições no ponto central, perfazendo o total de onze ensaios. Foi mantida a quantidade total de fonte lipídica (140 g, isto é, 7 % m/m), variando-se a razão entre a gordura vegetal de palma e do óleo e a proporção de cera aplicada no óleo (Tabelas 3 e 4) a fim de avaliar os efeitos de substituição parcial e total.

Tabela 3: Níveis das variáveis independentes do Delineamento Completo Central Rotacional de elaboração de calda base.

Variável	Níveis				
	-	-1,41	-1	0	1
Teor de cera no óleogel (%)	5,0	5,7	7,5	9,3	10,0
Teor de gordura de palma na fração lipídica (%)	0,0	2,2	7,5	12,8	15,0

Fonte: Autora, 2023.

O teor entre 5 e 10% de cera no óleogel foi escolhido pois, conforme os trabalhos de Zulim-Botega, estas são as melhores concentrações para obtenção de um óleogel de textura semelhante à gordura, nem muito rígido nem muito líquido. Os valores da gordura de palma na fração lipídica foram determinados para avaliar os efeitos de uma substituição predominante da gordura vegetal. Os resultados foram submetidos à análise de variância de efeitos (ANOVA) e ao teste de Tukey de comparação de médias com nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ).

Tabela 4: Delineamento experimental dos testes com variáveis independentes reais.

Teste	Teor de cera no óleogel (%)	Teor de gordura de palma na fonte lipídica (%)
A1	5,7	2,2
A2	9,3	2,2
A3	5,7	12,8
A4	9,3	12,8
A5	7,5	7,5
A6	7,5	7,5
A7	7,5	7,5
A8	5	7,5
A9	10	7,5
A10	7,5	0
A11	7,5	15

Fonte: Autor, 2021

Além das formulações descritas na tabela 4, também foi-se feito e estudado um grupo controle que fez uso apenas de gordura de palma em sua porção lipídica, para comparação dos resultados.

### 3.4 Caracterização das caldas

Todos os testes foram realizados em conformidade com a metodologia oficial do Instituto Adolf-Lutz (2008) e da AOAC (2019).

#### 3.4.1 Análises Físico-Químicas

##### 3.4.1.1 pH e acidez titulável

As caldas tiveram seu pH aferido através de pHmetro de bancada Ohaus Starter 300 previamente calibrado a 25 °C, enquanto a acidez titulável foi determinada através da titulação com solução hidróxido de sódio 0,1 N, com seu resultado expresso em graus Dornic, conforme Barcelos *et al.*, 2019.

##### 3.4.1.2 Umidade

Obtida através do analisador de umidade Marte Marconi 1050 a 105 °C até estabilização da massa do sorvete, conforme recomendação do fabricante.

##### 3.4.1.3 Reologia

As análises reológicas correspondentes a viscosidade e taxa de cisalhamento foram realizadas utilizando o Reômetro R/S Plus Soft Solid Test (SST) da Brookfield. O método utilizado foi de eixo 40/20 a temperatura ambiente (25 °C) com taxa de cisalhamento de 0 a 500 s<sup>-1</sup> por 60 segundos.

##### 3.4.1.4 Tempo de derretimento.

Foi empregada metodologia adaptada de Wrobel e Teixeira (2017), segundo a qual 100 g de sorvete serão posicionadas sobre uma tela no topo de um bécker de vidro tarado em balança analítica. A massa será mensurada a cada 10 minutos até a transferência completa da calda para o fundo do recipiente.

#### 3.4.1.5 *Overrun*

O *Overrun* por sua vez foi obtido pela verificação do volume de sorvete produzido após o batimento da calda, o qual será inserido na Equação 1:

Equação 1: Obtenção da taxa de *overrun*.

$$\%Overrun = \frac{Volumedosorvete - Volumedacalda}{Volumedacalda} \times 100$$

#### 3.4.2 *Análise de composição*

Foram obtidas análises de composição das formulações de maior semelhança reológica ao grupo controle: sólidos solúveis totais, cinzas, açúcares não redutores, teor de gordura, proteínas e atividade de água, em conformidade com os procedimentos indicados pelo Instituto Adolf Lutz (2008).

### 3.5 Microscopia Eletrônica de Varredura

Os três grupos de sorvetes com substituição total ou parcial da porção lipídica pelo óleogel que apresentaram maior semelhança ao grupo controle, que possui apenas gordura de palma, passaram por microscopia eletrônica de varredura (MEV) para avaliação morfológica de sua microestrutura. Para tal, dado que o sorvete é um alimento rico em água e este procedimento ocorre em condição de vácuo, passou por prévia liofilização antes de seguir para microtomia, metalização com cobre e fixação. As imagens foram obtidas através do Microscópio de Varredura Quanta FEG 450 com ampliação de 500 e 1000 vezes.

### 3.6 *Análise estatística*

Os resultados das análises em triplicata dos experimentos descritos anteriormente foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas entre si pelo teste



de Tukey com o auxílio do software Statistica 10.0 (STATSOFT, 2017) a nível de significância de 5%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização físico-química

De acordo com os resultados das análises físico-químicas, presentes na tabela 5, as médias obtidas não apresentaram diferença estatisticamente relevante ( $p > 0,05$ ) nos parâmetros físico-químicos avaliados.

Tabela 5. Resultados das análises físico-químicas para os grupos de sorvete com diferentes proporções de óleo de girassol e cera de abelha e gordura de palma. (Continua)

Grupo	pH	Acidez titulável (Graus Dornic)	Tempo de derretimento (min)	Umidade (%)	Overrun (%)
A1	6,36 ± 0,053 <sup>a</sup>	2,2 ± 0,265 <sup>a</sup>	19,99 ± 0,02 <sup>a</sup>	50,13 ± 0,153 <sup>a</sup>	27,62 ± 5,62 <sup>a</sup>
A2	6,59 ± 0,017 <sup>a</sup>	1,67 ± 0,208 <sup>a</sup>	18,27 ± 0,54 <sup>a</sup>	45,15 ± 0,243 <sup>a</sup>	37,76 ± 0,15 <sup>a</sup>
A3	6,63 ± 0,032 <sup>a</sup>	2,17 ± 0,115 <sup>a</sup>	18,72 ± 0,26 <sup>a</sup>	54,73 ± 0,466 <sup>a</sup>	21,61 ± 4,81 <sup>a</sup>
A4	6,46 ± 0,045 <sup>a</sup>	1,63 ± 0,208 <sup>a</sup>	14,94 ± 0,10 <sup>a</sup>	44,18 ± 0,545 <sup>a</sup>	39,37 ± 3,53 <sup>a</sup>
A5	6,6 ± 0,035 <sup>a</sup>	1,67 ± 0,058 <sup>a</sup>	18,99 ± 0,01 <sup>a</sup>	47,73 ± 0,170 <sup>a</sup>	32,04 ± 2,12 <sup>a</sup>
A6	6,55 ± 0,025 <sup>a</sup>	1,8 ± 0,608 <sup>a</sup>	19,38 ± 0,15 <sup>a</sup>	55,30 ± 0,491 <sup>a</sup>	25,95 ± 3,28 <sup>a</sup>
A7	6,70 ± 0,045 <sup>a</sup>	1,73 ± 0,115 <sup>a</sup>	20,11 ± 0,2 <sup>a</sup>	53,99 ± 0,086 <sup>a</sup>	31,60 ± 5,42 <sup>a</sup>
A8	6,74 ± 0,057 <sup>a</sup>	1,83 ± 0,115 <sup>a</sup>	18,93 ± 0,12 <sup>a</sup>	55,66 ± 0,225 <sup>a</sup>	32,30 ± 1,60 <sup>a</sup>
A9	6,58 ± 0,006 <sup>a</sup>	1,63 ± 0,058 <sup>a</sup>	17,88 ± 0,18 <sup>a</sup>	53,99 ± 0,386 <sup>a</sup>	36,10 ± 5,42 <sup>a</sup>
A10	6,55 ± 0,030 <sup>a</sup>	1,33 ± 0,058 <sup>a</sup>	19,22 ± 1,35 <sup>a</sup>	54,10 ± 0,127 <sup>a</sup>	37,94 ± 1,39 <sup>a</sup>
A11	6,55 ± 0,015 <sup>a</sup>	1,43 ± 0,115 <sup>a</sup>	19,88 ± 0,11 <sup>a</sup>	53,91 ± 0,110 <sup>a</sup>	35,36 ± 5,28 <sup>a</sup>
Controle	6,7 ± 0,025 <sup>a</sup>	1,9 ± 0,265 <sup>a</sup>	17,88 ± 0,21 <sup>a</sup>	50,12 ± 0,129 <sup>a</sup>	41,86 ± 6,73 <sup>a</sup>

Legenda: A1 (5,7-CA;2,2-GP); A2 (5,7-CA;12,8-GP); A3 (9,3-CA;2,2-GP); A4 (9,3-CA;12,8-GP); A5 (5-CA;7,5-GP); A6 (10-CA; 7,5-GP); A7 (7,5-CA; 0-GP); A8 (7,5-CA; 15-GP); PC – Ponto Central - A9, A10, A11 - (7,5-CA; 7,5-GP). CA = Cera de Abelha, GP = Gordura de Palma.

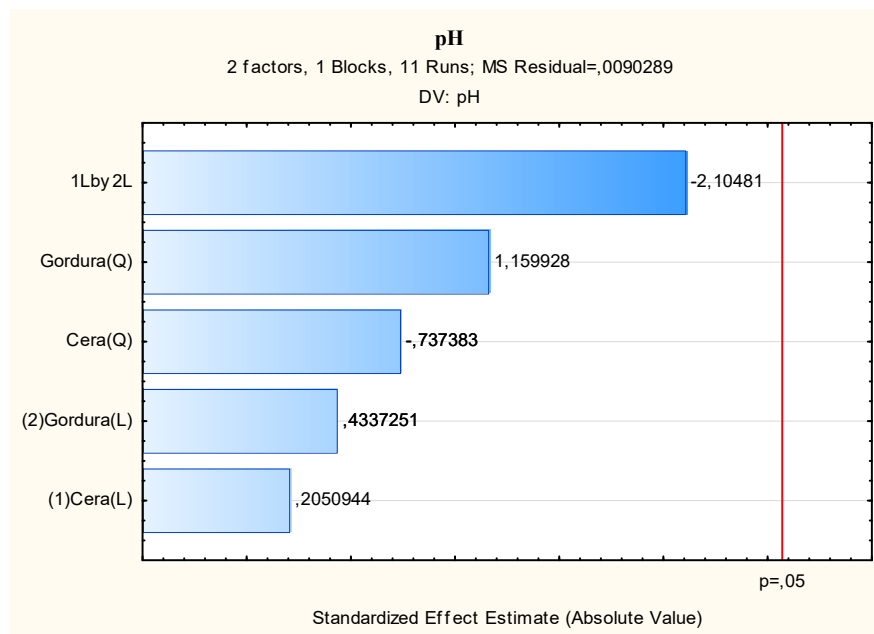
Fonte: Autora, 2023.

Outros estudos que utilizaram tecnologia de organogéis como agente substituinte de gorduras tradicionais também não apontaram diferenças perceptíveis, como por exemplo, no trabalho de Tarté e colaboradores (2020), onde utilizou-se oleogéis de óleo de soja com cera de arroz como substituto para gordura de porco em mortadela de frango. Embora sejam organogéis bem diferentes em aplicações distintas, tais resultados validam a hipótese de possibilidade de substituição de fontes de gordura convencionais pela tecnologia de organogéis.

O *overrun* e a taxa de derretimento do sorvete não diferiram estatisticamente do Controle. Os resultados obtidos por Mariano e Alamprese (2017), que adicionaram  $\gamma$ -oryzanol e fitosteróis em óleogel de óleo de girassol como substituto para gordura em sorvete, indicaram que ambas a quantidade e o tipo de gordura significativamente afetaram o *overrun* e a taxa de derretimento, aumentando ambos, o que não foi observado aqui.

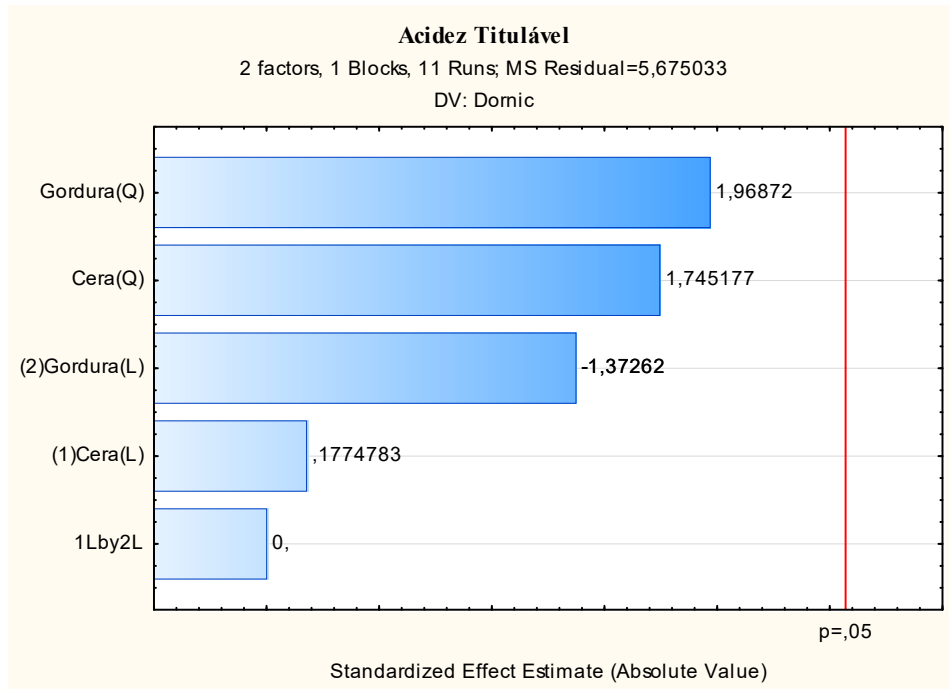
Nos gráficos de Pareto (Gráficos 1 a 5) é possível verificar se variáveis independentes interferiram nos parâmetros físico-químicos, concluindo-se que nenhum dos aspectos observados foi influenciado de forma significativa pelas variáveis ou suas interações, uma vez que nenhum parâmetro ultrapassou p mínimo para significância.

**Gráfico 1.** Gráfico de Pareto da variável dependente pH.



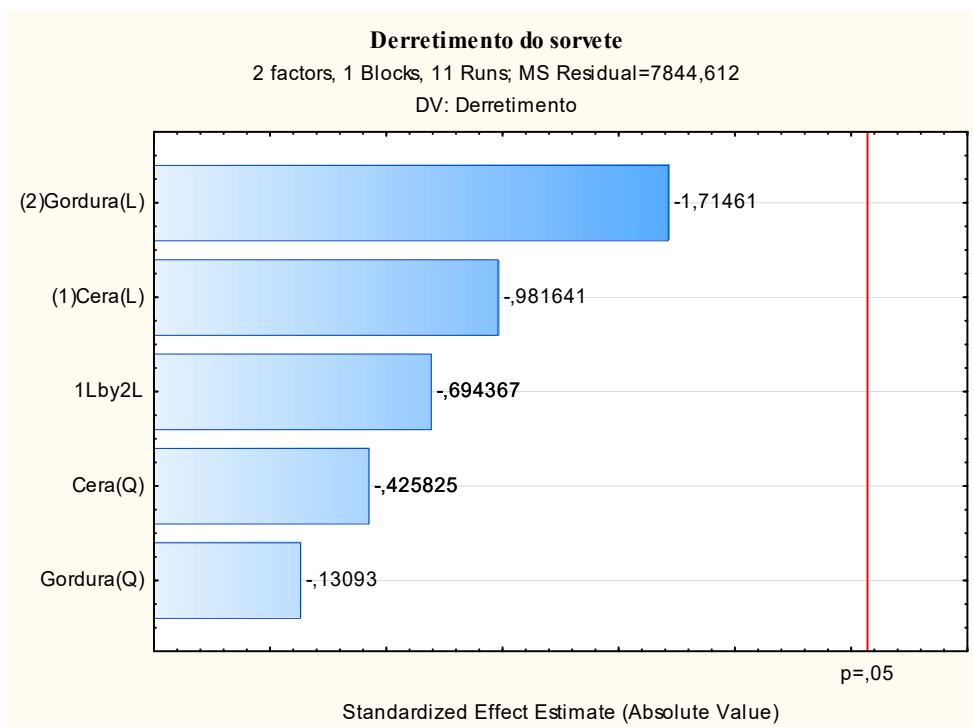
Fonte: Autora, 2023.

**Gráfico 2.** Gráfico de Pareto da variável dependente Acidez Titulável.



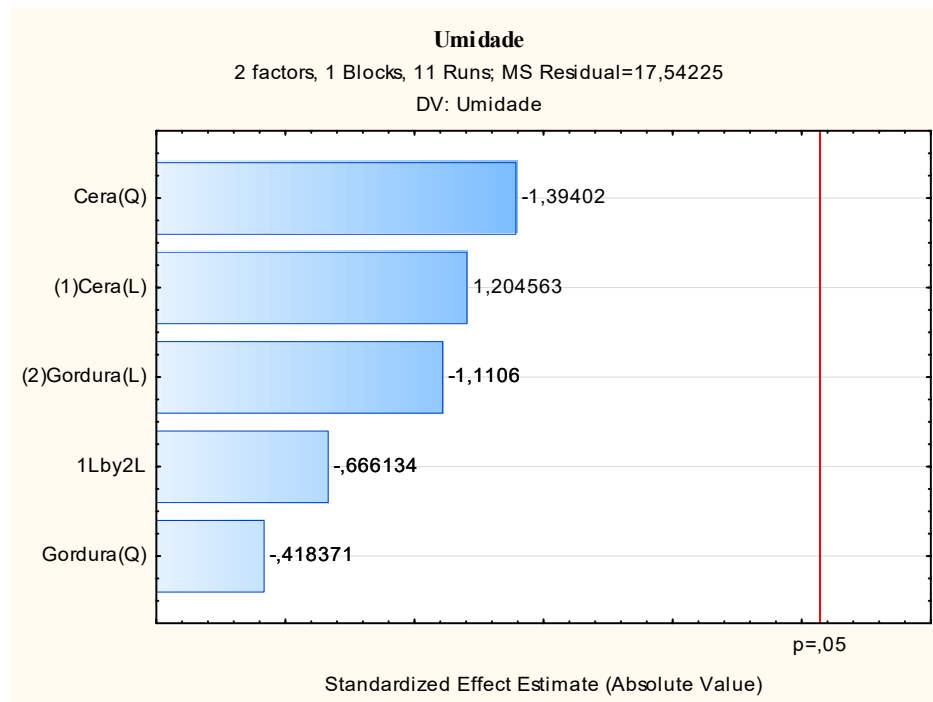
Fonte: Autora, 2023.

**Gráfico 3.** Gráfico de Pareto da variável dependente tempo de derretimento.



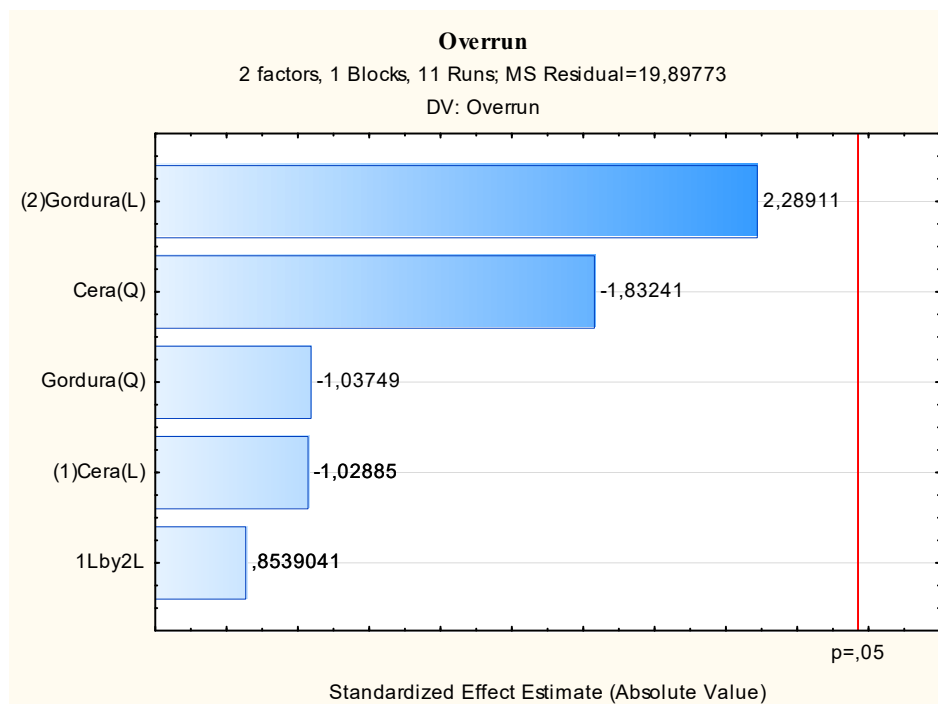
Fonte: Autora, 2023.

**Gráfico 4.** Gráfico de Pareto para a variável dependente *umidade*.



Fonte: Autora, 2023.

**Gráfico 5.** Gráfico de Pareto para a variável dependente *Overrun*.



Fonte: Autora, 2023.

## 4.2 Colorimetria

A cor das amostras de sorvete foi avaliada com o fim de verificar possíveis efeitos na aparência do mesmo com a variação dos tipos e proporções de gordura utilizados. As médias dos testes de Colorimetria dos grupos (TABELA 6) não diferiram entre si estatisticamente, o que é positivo por demonstrar que não há diferença visual entre as formulações, o que facilita a futura aceitação por parte dos consumidores.

Tabela 6. Resultados dos testes de colorimetria para os sorvetes produzidos com diferentes proporções de óleogel CA-OG e GP.

Grupo	L*	b*	a*	C*	h
A1	43,1 ± 0,233	16,57 ± 0,286	10,70 ± 0,144	19,73 ± 0,315	57,15 ± 0,153
A2	41,49 ± 0,461	16,46 ± 0,41	10,59 ± 0,169	19,57 ± 0,434	57,23 ± 0,266
A3	39,43 ± 0,214	16,57 ± 0,06	11,10 ± 0,047	19,94 ± 0,075	56,20 ± 0,04
A4	40,28 ± 0,308	16,81 ± 0,121	11,06 ± 0,04	20,12 ± 0,121	56,67 ± 0,091
A5	40,23 ± 0,341	15,33 ± 0,171	10,72 ± 0,071	18,70 ± 0,185	55,04 ± 0,133
A6	36,25 ± 0,195	14,21 ± 0,116	10,81 ± 0,047	17,86 ± 0,114	52,75 ± 0,15
A7	38,67 ± 0,412	16,04 ± 0,124	11,18 ± 0,118	19,55 ± 0,165	55,11 ± 0,067
A8	40,65 ± 0,412	15,93 ± 0,072	10,95 ± 0,057	19,33 ± 0,087	55,50 ± 0,078
A9	41,90 ± 0,146	16,00 ± 0,025	10,92 ± 0,012	19,37 ± 0,015	55,67 ± 0,066
A10	41,65 ± 0,445	15,44 ± 0,081	10,78 ± 0,139	18,83 ± 0,13	55,08 ± 0,29
A11	41,57 ± 0,297	16,82 ± 0,060	11,09 ± 0,026	20,15 ± 0,06	56,61 ± 0,044
Controle	44,40 ± 0,228	17,18 ± 0,125	10,84 ± 0,064	20,32 ± 0,141	57,73 ± 0,062

Legenda: CA = Cera de Abelha, OG = Óleo de girassol, GP = Gordura de palma. A1 (5,7-CA;2,2-GP); A2 (5,7-CA;12,8-GP); A3 (9,3-CA;2,2-GP); A4 (9,3-CA;12,8-GP); A5 (5-CA;7,5-GP); A6 (10-CA; 7,5-GP); A7 (7,5-CA; 0-GP); A8 (7,5-CA; 15-PF); A9, A10, A11 - (7,5-CA; 7,5-GP).

Fonte: Autora, 2023.

Os resultados demonstram que a alteração na porção lipídica não afetou a coloração do produto, o que já se esperava uma vez que sequer a aparência entre a gordura de palma e o óleogel em si diferiam por sua vez. Tais resultados mais uma vez reforçam as conclusões de Moriano e Alamprese (2017), onde mesmo havendo diferença visual entre a gordura utilizada e os organogéis estudados, os valores de L\* não diferiram estatisticamente entre as amostras analisadas, mantendo a aparência de um sorvete convencional. Vale ressaltar que tal resultado

pode ter sido obtido pela escolha do Chocolate como sabor principal, pois sua cor escura marcante é capaz de mascarar defeitos visuais no produto final.

Entretanto, Oh e colaboradores (2017), ao avaliar bolos preparados com oleogéis de óleo de girassol e ceras (abelha, arroz e candelila) para substituição de gordura, observaram valores de  $L^*$  levemente mais altos ( $p < 0,05$ ) e valores de  $b^*$  levemente mais baixos, indicando que o uso dos oleogéis resultou em cores mais brandas que em comparação ao controle, o que foi comprovado pela aparência dos bolos.

### 4.3 Reologia

A reologia de alimentos é essencial para compreender o comportamento de alimentos durante a produção, armazenamento e transporte. Tais estudos são essenciais para compreender a influência dos parâmetros do processo à textura final do alimento, no caso do sorvete, com relação à qualidade da espuma, tamanho dos micro-cristais de gelo, overrun, dentre outros parâmetros (EISNER; WILDMOSER; WINDHAB, 2005).

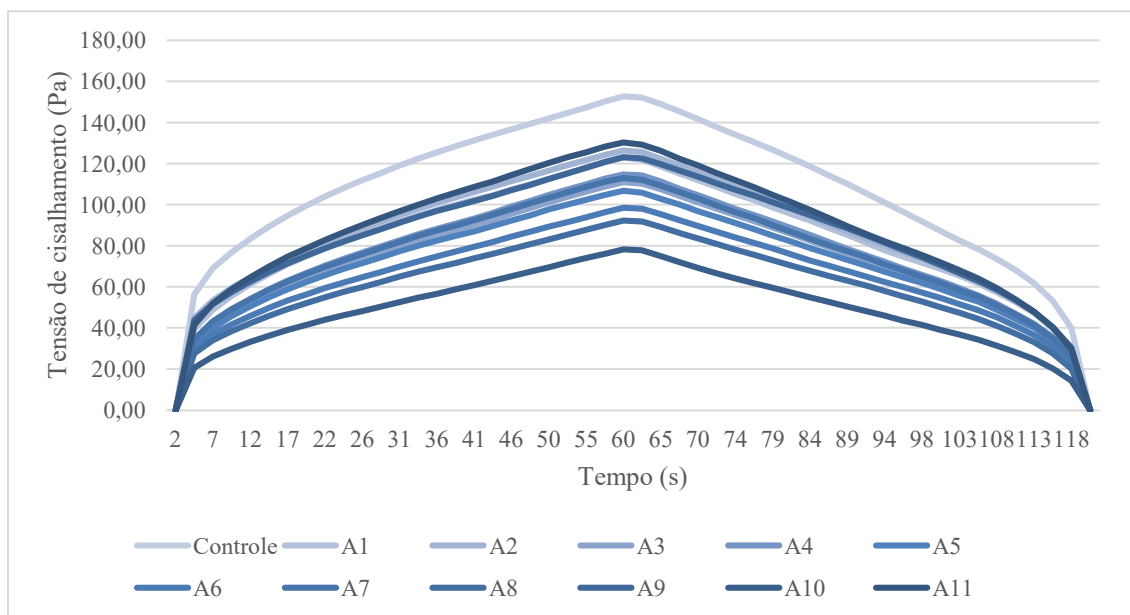
A taxa de cisalhamento (Pa) e a viscosidade (Pa.s) foram observados a fim de caracterizar a reologia das amostras de sorvete (GRÁFICO 6 e 7). As amostras controle apresentaram maior taxa de cisalhamento e viscosidade do que as amostras com oleogéis, sendo a diferença mais perceptível com relação à primeira característica. Isto se deve possivelmente ao fato de que as amostras controle, ao conterem somente gordura de palma, possuem mais insaturações, o que dificulta a cristalização da gordura e conseqüentemente aumenta a viscosidade do fluido pela própria natureza das ligações químicas.

Tal hipótese é corroborada pelo trabalho de Han et al. (2022), onde observou-se aumento na cristalinidade e conseqüente baixa na viscosidade em oleogéis após a adição de cera de abelha em diferentes óleos líquidos (linhaça, milho, girassol e camélia). Resultados similares também foram encontrados por Jang et al. (2015), que ao avaliar oleogéis de óleo de canola com cera de candelila como alternativa à gordura vegetal em produtos de panificação, notaram que massas de biscoito preparadas com gordura insaturada apresentaram textura mais firme em comparação com grupos com oleogel.

Vale observar que todas as caldas apresentaram comportamento não-newtoniano, isto é, o aumento da força de cisalhamento resultou em redução da viscosidade. Tal redução da

viscosidade é dependente diretamente da agregação dos glóbulos de gordura, anteriormente dispersados pelo processo de homogeneização (ABOULFAZLI; BABA; MISRAN, 2014). Dada as diferenças observadas, os oleogéis não tiveram a mesma capacidade de dispersão e agregação que os glóbulos de gordura de palma, embora apresentem o mesmo comportamento reológico.

Gráfico 6. Taxa de cisalhamento (Pa) das caldas de sorvete ao longo do tempo.



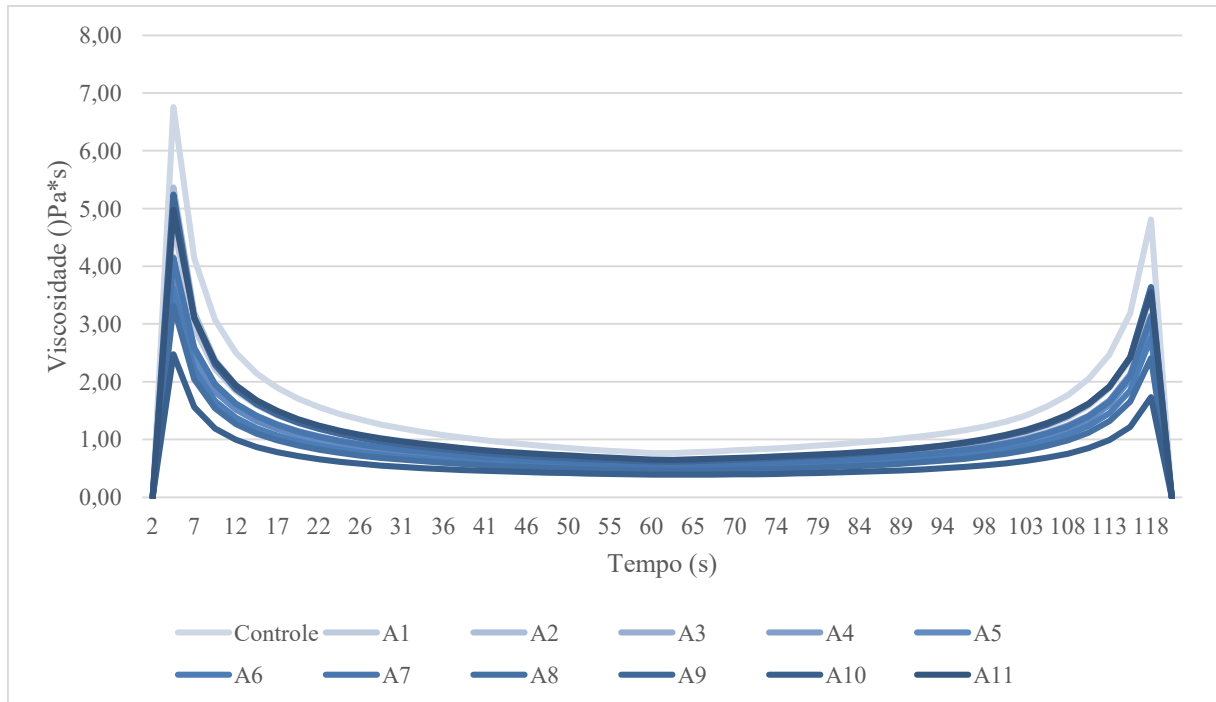
Legenda: A1 (5,7-CA;2,2-GP); A2 (5,7-CA;12,8-GP); A3 (9,3-CA;2,2-GP); A4 (9,3-CA;12,8-GP); A5 (5-CA;7,5-GP); A6 (10-CA; 7,5-GP); A7 (7,5-CA; 0-GP); A8 (7,5-CA; 15-PF); A9, A10, A11 - (7,5-CA; 7,5-GP). CA = Cera de Abelha, GP = Gordura de Palma.

Fonte: Autora, 2023.

O comportamento observado no gráfico 7, abaixo, corresponde a um modelo Não-Newtoniano, dado que, quando maior a tensão de cisalhamento, menor foi o valor de viscosidade do fluido, o que pode ser verificado ao observar a taxa e a viscosidade nos mesmos instantes em ambos os gráficos 6 e 7.

Gráfico 7. Variação da viscosidade (Pa\*s) das caldas de sorvete no decorrer do tempo de ensaio.





Fonte: Autor. A1 (5,7-CA;2,2-GP); A2 (5,7-CA;12,8-GP); A3 (9,3-CA;2,2-GP); A4 (9,3-CA;12,8-GP); A5 (5-CA;7,5-GP); A6 (10-CA; 7,5-GP); A7 (7,5-CA; 0-GP); A8 (7,5-CA; 15-PF); A9, A10, A11 - (7,5-CA; 7,5-GP). CA = Cera de Abelha, GP = Gordura de Palma.

Os valores na viscosidade da calda decresceram com a utilização do óleogel, como é possível verificar na superfície de resposta (GRÁFICO 8), ao mesmo tempo em que maiores concentrações de gordura de palma exerceram influência positiva no aumento desta propriedade ( $p < 0,05$ ), como verificado pelo Pareto (GRÁFICO 9), onde vemos que o efeito linear da gordura foi o único fator a afetar diretamente a viscosidade. A Análise de Variância (ANOVA) do modelo de regressão reduzido encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7. Análise de Variância (ANOVA) do modelo de regressão reduzido para o parâmetro de viscosidade em relação ao efeito da concentração de gordura de palma.

Fonte de variação	Soma quadrática	GL	Média Quadrática	F cal	F tab
<b>Regressão</b>	3,308836	1	3,308836	6,88673681	5,117
<b>Resíduos</b>	4,324185	9	0,480047	-	-
<b>Falta de ajuste</b>	4,232062	7	0,604580	13,12535280	19,353
<b>Erro puro</b>	0,092123	2	0,046062	-	-

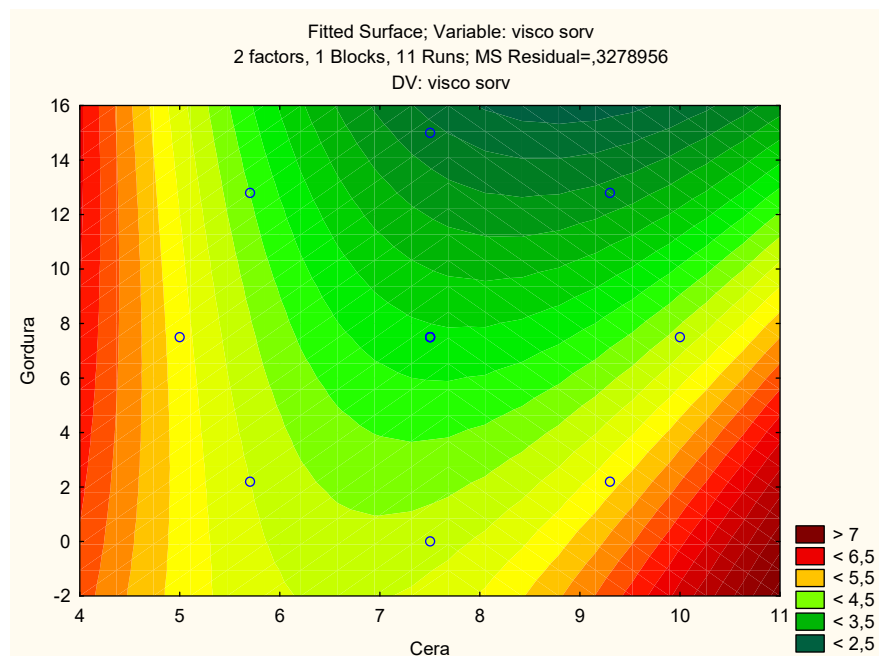
<b>Total</b>	7,633022	19	-	-	-
--------------	----------	----	---	---	---

Varição explicada: ( $R^2$ ) = 43,35%

Fonte: Autora, 2023.

As regiões do gráfico com resultados mais similares ao grupo controle estão localizadas em zonas com maior concentração de gordura de palma ou uso de cera no óleogel. Isso demonstra que há a possibilidade de substituir parcialmente a gordura vegetal na fração lipídica, embora não completamente, uma vez que o sorvete começaria a perder suas características reológicas. Isso influenciaria a taxa de derretimento, o *overrun* e outras características desejáveis do produto final. Dado que a viscosidade volta a subir em maiores concentrações de cera de abelha, uma maior proporção de CA no oleogel poderia evitar a perda das propriedades.

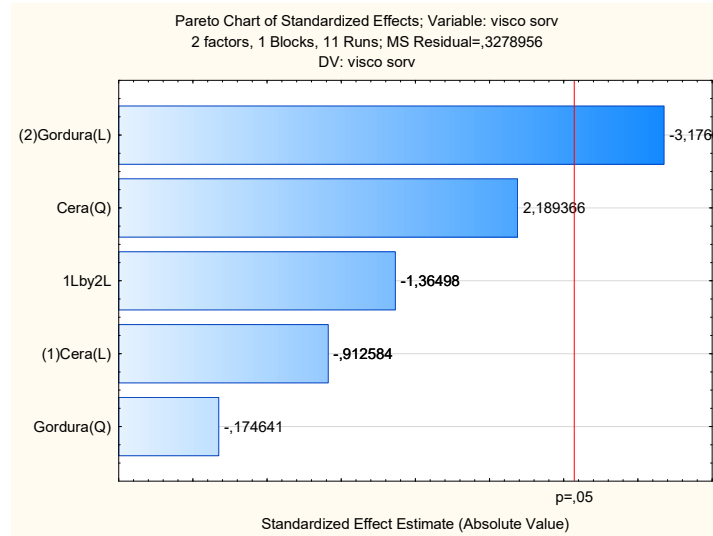
Gráfico 8: Superfície de resposta 2D da viscosidade das amostras de sorvete produzidas com diferentes proporções de óleogel CA-OG e GP.



Legenda: CA = Cera de abelha, OG = óleo de girassol, GP = Gordura de Palma. R-sqr = 0,78521; Adj = 0 ,57042; MS Residual = 0,3278956

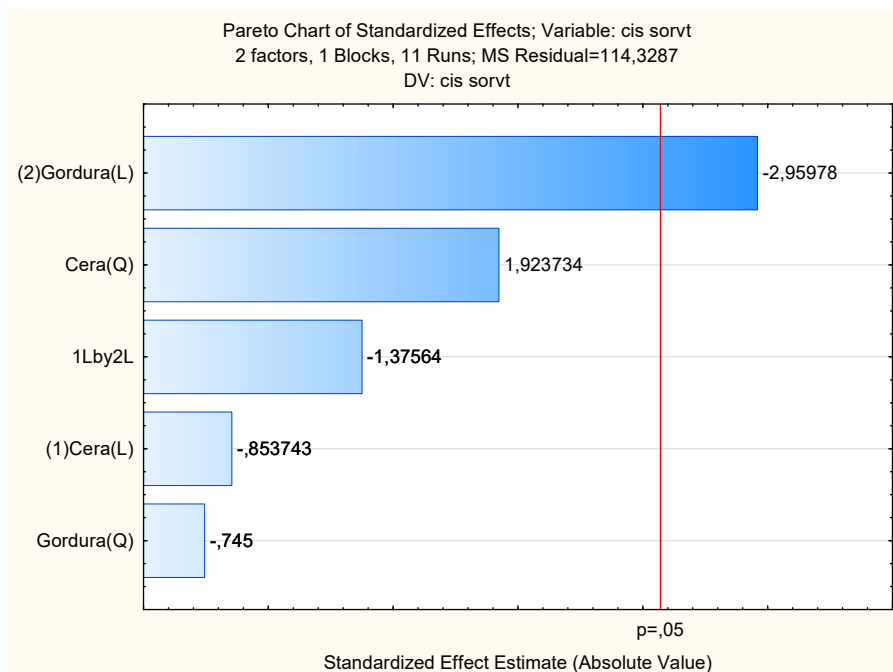
Fonte: Autora, 2023.

Gráfico 9: Pareto de influência das variáveis independentes na viscosidade de sorvete



Fonte: Autora, 2023.

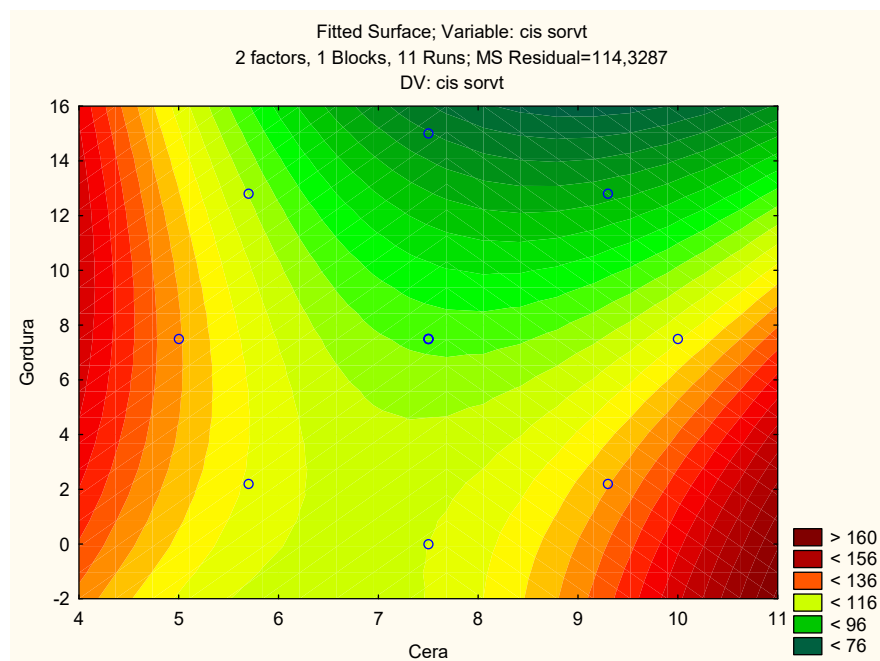
Gráfico 10: Pareto para avaliação da influência das variáveis independentes sob a tensão de cisalhamento das caldas. O efeito da gordura linear foi o único a influenciar significativamente o parâmetro.



Fonte: Autora, 2023.

O efeito linear da gordura também foi o único fator a afetar a taxa de cisalhamento, conforme pode ser observado (GRÁFICO 10). Isso demonstra que a substituição da fonte lipídica alterou significativamente o comportamento reológico das caldas de sorvete. No gráfico 11 podemos verificar que a superfície de resposta para o cisalhamento foi semelhante à viscosidade.

Gráfico 11. Superfície de resposta 2D da taxa de cisalhamento das amostras de sorvete produzidas com diferentes proporções de óleogel CA-OG e GP.



Legenda: R-sqr = 0,77179; Adj = 0 ,54357; MS Residual = 114,3287.

Fonte: Autora, 2023.

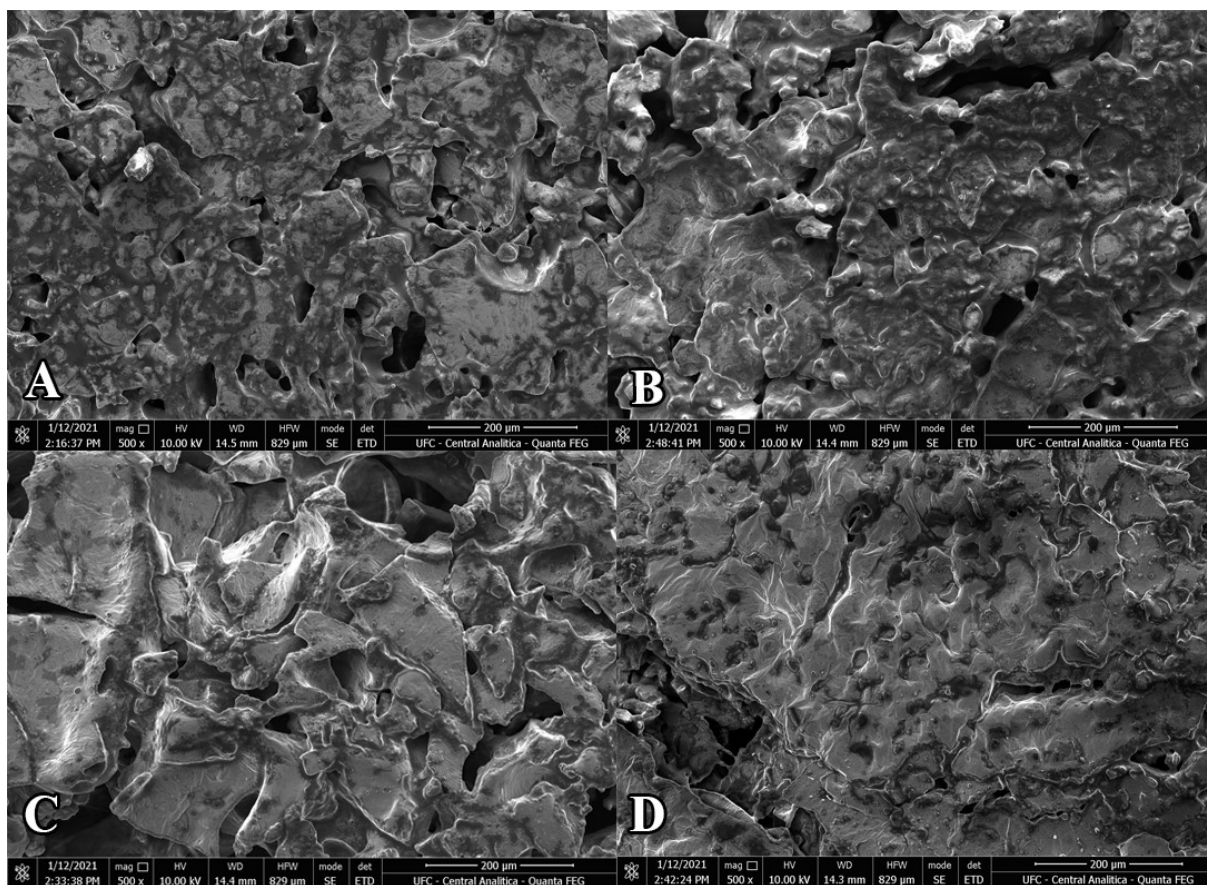
Portanto, baseando-se nos resultados reológicos anteriores, escolheram-se os grupos A1 (CA 5,7% GP 2,2%), A3 (CA 9,3% e GP 2,2%) e A6 (CA 10% e GP 7,5%) para estudos morfológicos via Microscopia Eletrônica de Varredura, uma vez que foram os grupos que tiveram valores mais semelhantes ao controle em questão de viscosidade e taxa de cisalhamento, passando também por análises de composição.

#### 4.4 Microscopia eletrônica de varredura

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada a fim de verificar se

houve distinção visual a nível de microestrutura entre os grupos. Foi possível discernir algumas diferenças. A imagem A mostra o grupo controle, que possui uma matriz heterogênea com numerosas bolhas de ar disformes, as quais também podem ser observadas na imagem B (pertencente ao grupo CA 5,7% GP 2,2%), mas nos grupos em que a concentração de cera aumenta, mais planas e homogêneas se tornam as superfícies, como é possível observar nas imagens C e D (CA 9,3% GP 2,2% e CA 10% GP 7,5%, respectivamente).

Figura 1. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) das amostras de sorvete produzidas com diferentes proporções de óleogel CA-OG e GP.



Legenda: CA = Cera de abelha, OG = Óleo de girassol, GP = Gordura de Palma; Fotos com 500x de ampliação, sendo A = grupo controle; B = A1 (CA 5,7% GP 2,2%); C = A3 (CA 9,3% GP 2,2%) e D – A6 (CA 10% GP 7,5%).

Fonte: Autora, 2023.

A desestabilização das bolhas de ar pode ter a ver com o processo de liofilização, que retirou a água da estrutura dos sorvetes. Luo e colaboradores (2019) observou em seus trabalhos que cristais de água desempenham um importante papel na estabilização de estruturas com gotículas de gordura, uma vez que formam multicamadas que impedem a coalescência dos

lipídios entre si, além de impedir danos causados por grandes cristais à integridade do sistema. O mesmo fenômeno é citado por Meng e colaboradores (2018). No entanto, dado que o mesmo fenômeno não é observado nos grupos A e B, podemos inferir que a estabilização do grupo controle e A1 advém de outro mecanismo que não depende da água para evitar coalescência, indicando similaridades reológicas entre os dois grupos. Portanto, dado que o grupo A1 possui apenas 2,2% de gordura de palma em sua porção lipídica, é possível afirmar que a substituição de até 97,8% da mesma preserva não apenas aspectos físico-químicos e reológicos como também morfológicos.

Pela coloração também foi possível verificar que todos os grupos apresentaram heterogeneidade de cor, possivelmente devido à homogeneização dos ingredientes, mas o grupo da imagem C (o grupo A3, CA 9,3% GP 2,2%), que substituiu em maior parte a gordura de palma por um óleogel com nível relativamente alto de cera, para os níveis estudados, apresentou melhor homogeneidade de coloração, até mesmo que o grupo controle. Isto é um bom indicador de uniformidade na emulsão.

#### 4.5 Composição das caldas

Os resultados das análises de composição das amostras A1, A3, A6 e Controle estão exibidas na Tabela 8. Os parâmetros observados – atividade de água, cinzas, sólidos solúveis, açúcares não redutores, proteína e gordura – não diferiram entre si com exceção das cinzas, o que pode se dever à adição de cera de abelha, que pode conter em si minerais advindos do ambiente no qual as abelhas produtoras habitam (BERNAL *et al.*, 2005). Embora isto não seja um problema em um primeiro momento, encoraja-se futuros estudos de caracterização destes metais antes do consumo humano.

Tabela 8: Composição dos grupos mais semelhantes ao Controle, A1, A3 e A6.

<b>Amostra</b>	<b>Atividade de água</b>	<b>Sólidos Solúveis (°Brix)</b>	<b>Cinzas (%)</b>	<b>Açúcares não redutores (%)</b>	<b>Proteínas (%)</b>	<b>Gorduras (%)</b>
----------------	--------------------------	---------------------------------	-------------------	-----------------------------------	----------------------	---------------------

<b>Controle</b>	0,9608 <sup>a</sup> ± 9*10 <sup>-4</sup>	39,27 <sup>a</sup> ± 1,65	0,87 <sup>a</sup> ± 16*10 <sup>-3</sup>	6,57 <sup>a</sup> ± 0,11	4,18 <sup>a</sup> ± 0,11	13,08 <sup>a</sup> ± 1,13
<b>A1</b>	0,9609 <sup>a</sup> ± 15*10 <sup>-4</sup>	40,50 <sup>a</sup> ± 1,18	1,24 <sup>b</sup> ± 66*10 <sup>-3</sup>	7,96 <sup>a</sup> ± 0,42	4,11 <sup>a</sup> ± 0,26	12,08 <sup>a</sup> ± 0,88
<b>A3</b>	0,9606 <sup>a</sup> ± 2*10 <sup>-3</sup>	37,20 <sup>a</sup> ± 2,03	1,25 <sup>b</sup> ± 67*10 <sup>-3</sup>	6,12 <sup>a</sup> ± 0,48	4,09 <sup>a</sup> ± 0,06	13,39 <sup>a</sup> ± 0,98
<b>A6</b>	0,9628 <sup>a</sup> ± 19*10 <sup>-4</sup>	39,37 <sup>a</sup> ± 0,75	1,83 <sup>c</sup> ± 2,51*10 <sup>-1</sup>	6,67 <sup>a</sup> ± 0,39	4,08 <sup>a</sup> ± 0,12	12,55 <sup>a</sup> ± 0,61

CA = Cera de abelha, OG = óleo de girassol, GP = Gordura de Palma. A1 (CA 5,7% GP 2,2%); A3 (CA 9,3% GP 2,2%); A6 (CA 10% GP 7,5%).

Fonte: Autora, 2023.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que é possível a substituição parcial da gordura de palma em sorvetes sabor chocolate, levando em consideração que dois dos três grupos mais semelhantes à amostra controle substituíram 97,8% da fonte convencional de gordura vegetal por óleogel, composto por óleo de girassol e cera de abelha, e ainda assim exibiram comportamento reológico, físico-químico e estrutura semelhantes ao controle. Isto abre margem para o desenvolvimento de produtos disponíveis no mercado que permitam ao consumidor acesso à sorvetes com menor teor de gordura hidrogenada, diminuindo os malefícios à saúde.

Pode-se dizer dentre os grupos estudados, o mais similar foi o A3, que conta com óleogel composto por 9,3% de cera de abelha contra apenas 2,2% de presença de gordura vegetal, uma vez que este foi o grupo que manteve a microestrutura mais semelhante ao sorvete que teve apenas gordura de palma em sua composição, além de, por ter maior porcentagem de cera, estar em uma zona de semelhança reológica ao controle conforme o modelo na superfície de resposta.

Portanto, foi-se possível demonstrar não apenas a possibilidade dessa substituição como também que o sorvete resultante é uma alternativa mais saudável à sobremesa convencional. A gordura de palma é uma fonte de gordura de baixo custo que têm sido vista como problemática mundialmente devido a problemas econômicos, ecológicos e de saúde da população.

Estudos posteriores ainda devem ser realizados para verificar questões sensoriais, microbiológicas e para a obtenção da composição centesimal dos sorvetes.



## REFERÊNCIAS

- ABOULFAZLI, F.; BABA, A. S.; MISRAN, M. Effect of Vegetable Milks on the Physical and Rheological Properties of Ice Cream. **Food Science and Technology Research**, [s.l.], v. 20, n. 5, p. 987-996, 2014.
- ALFONSO, J.E.M.; VALENCIA, C. Linear and nonlinear viscoelasticity of oleogels based on vegetable oil and ethylene vinyl acetate copolymer/isotactic polypropylene blends. **Journal of Applied Polymer Science**, [s.l.], v. 132, n. 34, 2015.
- ALOĞLU, H. S.; ÖZCAN, Y.; KARASU, S.; ÇETIN, B.; SAĞDIÇ, O. Influence of transglutaminase treatment on the physicochemical, rheological, and melting properties of ice cream prepared from goat milk. **Mljekarstvo**, [s.l.], v. 68, n. 2, p. 126-138, 2018.
- AOAC INTERNATIONAL. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 21 ed. **AOAC International**. Gaithersburg, Maryland, Estados Unidos. 2019.
- ARREDONDO-OCHOA, T.; GARCÍA-ALMENDÁREZ, B. E.; ESCAMILLA-GARCÍA, M.; MARTÍN-BELLOSO, O.; ROSSI-MÁRQUEZ, G.; MEDINA-TORRES, L.; REGALADO-GONZÁLEZ, C. Physicochemical and Antimicrobial Characterization of Beeswax-Starch Food-Grade Nanoemulsions Incorporating Natural Antimicrobials. **International Journal of Molecular Sciences**, [s.l.], v. 18, n.12, p.2712. 2017.
- BAZMI, A.; LAUNAY, B.; CUVELIER, G.; RELKIN, P. Impact Of Crystalline Milk Fat On Rheological Properties Of Ice Cream Mix Emulsions During Aging Time At 4 °C. **Journal of Texture Studies**, [s.l.], v. 39, n. 4, p. 309-325, 2008.
- BELTRAN, L. B. **Desenvolvimento E Caracterização De Sorvete Vegano De Chocolate**. 2018, 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Tecnologia de alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.
- BOGDANOV, S. **Beeswax**: Production, properties, composition and control. Muehlethurnen: Bee Product Science, 2016.
- BONVEHI, J.S.; BERMEJO, F.J.O. Detection of adulterated comercial Spanish beeswax. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 132, p.642-648, 2012.
- BRASIL, ANVISA. Resolução nº 266 de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico Para Gelados Comestíveis E Preparados Para Gelados Comestíveis. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.
- BRASIL, ANVISA. Resolução RDC nº 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, DF, 26 de setembro de 2003.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 379 de 26 de abril de 1999 - Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Gelados Comestíveis, Preparados, Pós para o Preparo e Bases para Gelados Comestíveis. Brasília, DF.

CLARKE, C. *The Science of Ice Cream – Second Edition*. **Royal Society of Chemistry**. Chapter 1 – The Story of Ice Cream. 2012

CROPPER, S. L.; KOCAOGLU-VURMA, N. A.; THARP, B. W.; HARPER, W. J. Food Chemistry Effects of Locust Bean Gum and Mono- and Diglyceride Concentrations on Particle Size and Melting Rates of Ice Cream. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 78, n. 6, p. 811-916, 2013.

DI MONACO, R.; MIELE, N. A.; CABISIDAN, E. K.; CAVELLA, S. Strategies to reduce sugars in food. **Current Opinion in Food Science**, [s.l.], v. 19, 92–97, 2018.

DOAN, C. D.; PATEL, A. R.; TAVERNIER, I.; CLERCQ, N.; VAN RAEMDONCK, K.; VAN DE WALLE, D.; DEWETTINCK, K. The feasibility of wax-based oleogel as a potential co-structurant with palm oil in low-saturated fat confectionery fillings. **European Journal of Lipid Science and Technology**, [s.l.], v.118, n. 12, p.1903-1914, 2016.

EISNER, M. D.; WILDMOSER, H.; WINDHAB, E. J. Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, [s.l.], v. 263, n. 1-3, p. 390–399, 2005.

ESPOSITO, C.L.; KIRILOV, P.; ROULLIN, V.G. Óleogels, promising drug delivery systems: an update of state-of-the-art and recent applications. **Journal of Controlled Release**, [s.l.], v. 271, n.10, p. 1-20, 2018.

GOFF, H.D.; HARTEL, R.W. **Ice Cream**. 7. ed. Nova York: Springer, 2013.

GRAVELLE, A. J.; DAVIDOVICH-PINHAS, M.; ZETZL, A. K. ; BARBUT, S.; MARANGONI, A. G. Influence of solvent quality on the mechanical strength of ethylcellulose oleogels. **Carbohydrate polymers**, [s.l.], v. 135, p.169-179, 2016.

HONG, S.; KIM, M. J.; PARK, S.; LEE, S.; LEE, J.; LEE, J. Effects of Hydrogen-Donating or Metal-Chelating Antioxidants on the Oxidative Stability of Óleogels Made of Beeswax and Grapeseed Oil Exposed to Light Irradiation. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 83, n. 4, p. 885-891, 2018.

HUGHES, N. E.; MARANGONI, A. G.; WRIGHT, A. J.; ROGERS, M. A.; RUSH, J. W. Potential food applications of edible oil organogels. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v. 20, n. 10, p.470-480, 2009.

INSTITUO ADOLFO LUTZ. Métodos Físico-químicos para análises de alimentos. 4. ed. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**. p.1020. 2008

KALEDA, A.; TSANEV, R.; KLESMENT, T.; VILU, R.; LAOS, K. Ice Cream Structure Modification by Ice-Binding Proteins. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 246, p. 164-171, 2018.

LEVIN, J. Profitability and Sustainability in Palm Oil Production, **WWF report**. Março de 2012. Disponível em [http://awsassets.panda.org/downloads/profitability\\_and\\_sustainability\\_in\\_palm\\_oil\\_production\\_update.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/profitability_and_sustainability_in_palm_oil_production_update.pdf). Acesso em 12 mai. de 2019.

LUO, S. Z.; HU, X. F.; JIA, Y. J.; PAN, L. H.; ZHENG, Z.; ZHAO, Y. Y.; MU, D. D.; ZHONG, X. Y.; JIANG, S.T. Camellia oil-based oleogels structuring with tea polyphenol-palmitate particles and citrus pectin by emulsion-templated method: Preparation, characterization and potential application. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 95, p. 76–87, 2019.

MANCINI, A.; IMPERLINI, E.; NIGRO, E.; MONTAGNESE, C.; DANIELE, A.; ORRÙ, S.; BUONO, P. Biological and Nutritional Properties of Palm Oil and Palmitic Acid: Effects on Health. **Molecules**, [s.l.], v. 20, n. 9, p. 17339-17261, 2015.

MARANGONI, F.; GALLI, C.; GHISELLI, A.; LERCKER, G.; LA VECCHIA, C.; MAFFEIS, C.; POLI, A. Palm oil and human health. Meeting Report of NFI: Nutrition Foundation of Italy. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, [s.l.], v. 68, n. 6, p.643-655, 2017.

MARTINS, A. J.; VICENTE, A. A.; CUNHA, R. L.; CERQUEIRA, M. A. Edible oleogels: an opportunity for fat replacement in foods. **Food & Function**, [s.l.], v. 9, n. 2, p. 758-773, 2018.

MAY, C. Y.; NESARETNAM, K. Research Advancements in Palm Oil Nutrition. **European Journal of Lipid Science Technol.**, [s.l.], v. 116, n. 10, p. 1301–1315, 2014.

MENG, Z.; QI, K.; GUO, Y.; WANG, Y.; LIU, Y. Macro-micro structure characterization and molecular properties of emulsion-templated polysaccharide oleogels. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 77, 17–29, 2018.

MOLINA, V., MAS, R., CARBAJAL, D. (Beeswax Alcohols): Concurrent Joint Health Benefits and Gastroprotection. **Indian Journal of Pharmaceutical Sciences**, [s.l.], v. 77, n. 2, p. 127-134, 2015.

MORIANO, M.E.; ALAMPRESE, C. Óleogels as novel ingredients for low saturated fat ice creams. **Food Science and Technology**, [s.l.], v. 86, p. 371-376, 2017.

MUNK, M. B.; MUNK, D. M.; GUSTAVSSON, F.; RISBO, J. Using Ethylcellulose to Structure Oil Droplets in Ice Cream Made with High Oleic Sunflower Oil. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 83, n. 10, p. 2520-2526, 2018.

NOOR LIDA, H. M. D.; SUNDRAM, K.; SIEW, W. L.; AMINAH, A.; MAMOT, S. TAG Composition and solid fat content of palm oil, sunflower oil and palm kernel olein blends before and after chemical interesterification. **Journal of The American Oil Chemists' Society**, [s.l.], v. 79, n. 11, p. 1137-1144. 2002.

O'BRIEN, R.D. **Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2004

PATEL, A. R.; SCHATTEMAN, D.; DE VOS, W. H.; LESAFFER, A.; DEWETTINCK, K. Preparation and rheological characterization of shellac oleogels and oleogel-based emulsions. **Journal of Colloid and Interface Science**, [s.l.], v. 411, p. 114-12, 2013.

PINTO, C. T.; PANKOWSKI, J. A.; NANO, F. E. The anti-microbial effect of food wrap containing beeswax products. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, [s.l.], v. 2021, 145-148, 2021.

POKU, K. Small-Scale Palm Oil Processing in Africa. **FAO Agricultural Services Bulletin**, [s.l.], v. 148. Roma, 2002.

PRADO, A. C. P., BLOCK, J. M. Palm and Palm Kernel Oil Production and Processing in Brazil. In: **Palm Oil**. AOCS Press, 2012. p. 251-274.

RAINFOREST RESCUE. Palm Oil – Deforestation for Everyday Products. **Rainforest Rescue**. Disponível em: <https://www.rainforest-rescue.org/topics/palm-oil>. Acessado em: 6 de jul. de 2019.

ROGERS, M.A. Novel structuring strategies for unsaturated fats – Meeting the zero-trans, zero-saturated fat challenge: A review. **Food Research International**, [s.l.], v. 42, p. 747-753, 2009.

ROSILLO-CALLE, F.; PELKMANS L.; WALTER A. A global overview of vegetable oils, with reference to biodiesel. **a report for the IEA Bioenergy Task**, [s.l.], v. 40, 2009.

SÉVERAC, E.; GALY, O.; TURON, F.; MONSAN, P.; MARTY, A. Continuous lipase-catalyzed production of esters from crude high-oleic sunflower oil. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 102, p. 4954-4961, 2011.

SINGH, A.; AUZANNEAU, F.I.; ROGERS, M.A. Advances in edible oleogel Technologies – a decade in review. **Food Research International**, [s.l.], v. 97, p. 307-317, 2017.

SUNG, K.K.; GOFF, H.D. Effect of Solid Fat Content on Structure in Ice Creams Containing Palm Kernel Oil and High-Oleic Sunflower Oil. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 75, n. 3 p. 274-279, 2010.

SVEČNJAK, L. et al., Influence of beeswax adulteration with paraffin on the composition and quality of honey determined by physico-chemical analyses, <sup>1</sup>H NMR, FTIR-ATR and HS-SPME/GC-MS. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 291, p.187-198, 2019.

TORO-VAZQUEZ, J. F., MORALES-RUEDA, J. A., DIBILDOX-ALVARADO, E., CHARÓ-ALONSO, M., ALONZO-MACIAS, M., & GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M. M. Thermal and textural properties of organogels developed by candelilla wax in safflower oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, [s.l.], v. 84, n. 11, p. 989-1000, 2007.

TOSAKI, M.; KITAMURA, Y.; SATAKE, T.; TSURUTANI, T. Effects of homogenisation conditions on the physical properties of high-fat ice cream. **International Journal of Dairy Technology**, [s.l.], v. 62, n. 4, 2009.

TULLOCH, A.P. Beeswax composition and analysis. **Bee World**, [s.l.], v. 61, p. 47-62, 1980.

WARNER, K.; VICK, B.; KLEINGARTNER, L.; ISAAK, R.; DOROFF, K. Compositions of sunflower, Nusun (mid-oleic sunflower) and high-oleic sunflower oils. In: **Proc. sunflower res. workshop, fargo, nd**. National Sunflower Assoc. Mandan, ND, 2003.

WARREN, M. M.; HARTEL, R.W. Effects of Emulsifier, Overrun and Dasher Speed on Ice Cream Microstructure and Melting Properties. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 83, n. 3, p. 639-647, 2018.

WROBEL, A.L.; TEIXEIRA, E.C.O. Elaboração E Avaliação Sensorial De Um Sorvete De Chocolate Com Adição De Biomassa De Banana Verde (Musa Spp). Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. 59 p. 2017.

XU, H.; SONG, J.; TIAN, T.; FENG, R. Estimation of organogel formation and influence of solvent viscosity and molecular size on gel properties and aggregate structures. **Soft Matter**, [s.l.], v.8, p. 3478-3486, 2012.

YILMAS, E.; ÖĞÜTCÜ, M. Comparative Analysis of Olive Oil Óleogels Containing Beeswax and Sunflower Wax with Breakfast Margarine. **Food Engineering & Physical Properties**, [s.l.], v. 79, n. 9, p. E1732-E1738, 2014.

ZHELJAZKOV, V. D.; VICK, B. A.; BALDWIN, B. S.; BUEHRING, N.; COKER, C.; ASTATKIE, T.; JOHNSON, B. Oil productivity and composition of sunflower as a function of hybrid and planting date. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v.33 n.2 p.537-543, 2011.

ZIEGLER, G.R.; SHETTY, A.; ANATHESWARAN, R.C. Nut oil migration through chocolate. **The Manufacturing Confectioner**, [s.l.], v. 84, p. 118-126, 2004.

ZULIM-BOTEGA, D.C. **Application Of Rice Bran Wax Organogel To Substitute Solid Fat And Enhance Unsaturated Fat Content In Ice Cream**. 2012. 183 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de alimentos) Universidade de Guelph, Guelph, 2012.

ZULIM-BOTEGA, D. C.; MARANGONI, A. G.; SMITH, A. K.; GOFF, H. D<sup>2</sup>. The Potential Application of Rice Bran Wax Oleogel to Replace Solid Fat and Enhance Unsaturated Fat Content in Ice Cream. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 78, n. 9, p. 1334-1339, 2013.

ZULIM-BOTEGA, D. C.; MARANGONI, A. G.; SMITH, A. K.; GOFF, H. D<sup>1</sup>. Development of Formulations and Processes to Incorporate Wax Oleogels in Ice Cream. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 78, n. 12, p. 1845-1851, 2013.