

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS

Larissa da Silva Faresin

Desenvolvimento de sorvete funcional com redução de açúcar e gordura

Passo Fundo
2019

Larissa da Silva Faresin
Engenheira de Alimentos

Desenvolvimento de sorvete funcional com redução de açúcar e gordura

Dissertação de Mestrado apresentada para
obtenção do título de Mestre em Ciência e
Tecnologia de Alimentos
Orientadora: Profa. Dra. Luciane Maria Colla
Linha de pesquisa: Qualidade e propriedades
funcionais de alimentos

Passo Fundo
2019

CIP – Catalogação na Publicação

- F222d Faresin, Larissa da Silva
Desenvolvimento de sorvete funcional com redução de açúcar e
gordura / Larissa da Silva. – 2019.
186 f. : il. color. ; 30 cm.
- Orientadora: Profa. Dra. Luciane Maria Colla.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) –
Universidade de Passo Fundo, 2019.
1. Sorvetes, gelados, etc. 2. Alimentos funcionais. 3. Spirulina.
4. Gordura. 5. Açúcar. 6. Inulina. I. Colla, Luciane Maria,
orientadora. II. Título.
- CDU: 664

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

Larissa da Silva Faresin
Engenheira de Alimentos

Desenvolvimento de sorvete funcional com redução de açúcar e gordura

Dissertação de Mestrado apresentada para
obtenção do título de Mestre em Ciência e
Tecnologia de Alimentos
Orientadora: Profa. Dra. Luciane Maria Colla
Linha de pesquisa: Qualidade e propriedades
funcionais de alimentos

Passo Fundo, 26 de março de 2019

Banca Examinadora

Prof. Dr. Luciane Maria Colla – UPF – Orientador

Prof. Dr. Cristian Oliveira Reinehr – UPF

Prof. Dr. Eunice Valduga – URI

*Dedico este trabalho aos meus pais Valdemar e Mirian, aos meus irmãos Leticia e João Batista e ao meu namorado Jonatan meu parceiro em todos os momentos.
A toda minha família que me apoiaram e torceram por essa conquista.*

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora que permitiu tudo isso acontecer em minha vida e concluir mais essa etapa, sempre me guiando pelo melhor caminho, me iluminando e fazendo com que eu faça as melhores escolhas com amor e sabedoria.

A Universidade de Passo Fundo, em especial o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação de caráter, afetividade e educação no processo de formação profissional, pela dedicação para comigo. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Agradeço aos meus pais e minha família por tudo que sacrificaram por mim, meus heróis, minha fortaleza, por todo o apoio e incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Aqueles que me fortalecem e são extremamente importantes, sempre incentivando e jamais permitindo que desistisse.

Agradeço aos meus irmãos, Leticia Pereira da Silva e João Batista da Silva Faresin que sempre estiveram presentes na minha caminhada de vida seja incentivando ou ajudando e contribuindo com seus conhecimentos e experiências.

A minha orientadora Prof.^a Dr.^a Luciane Maria Colla, pelo suporte, pela atenção, pelo carinho e disponibilidade, pelas suas correções e incentivos, por cada vez que ela insistiu em mim e me fez buscar o certo, pelos puxões de orelha me fazendo ser uma pessoa e profissional melhor.

A minha família de Passo Fundo, as meninas que moram comigo, me abraçaram, me acolheram me fazendo sentir-se em casa, sempre juntas nas horas boas e ruins. Vocês com certeza tornaram os meus dias leves.

Agradeço aos amigos e ao pessoal do Laboratório de Bioquímica e Bioprocesso, Análise sensorial, Laboratório de Aulas Práticas pelo convívio, pelo suporte, pela ajuda, parceria e convívio.

Aos amigos que o PPGCTA e Laboratório de Bioquímica e Bioprocesso me deram, pela convivência, pelo apoio em todos os momentos, bons e ruins, pelo acolhimento e parceria, por não medirem esforços para a realização dos experimentos.

Agradeço ao homem e companheiro que está junto comigo em todos os momentos sejam bons ou ruins, você me dá suporte, esperança, carinho, amor e broncas. Jonatan Rafael de Mello sem você essa conquista não teria o mesmo sabor doce e alegre, sem você amor da minha vida tudo que venho conquistando não seria igual.

Agradeço em especial as meninas do PPGCTA sem citar nomes, por cada abraço, cada risada, cada comemoração seja por coisas boas ou não tão boas assim, desde o primeiro momento a companhia e amizade de vocês contribuiu para meu crescimento, me trazendo tantas alegrias e o desejo de levar vocês junto comigo por onde eu for.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado permitindo a realização de um sonho e o crescimento profissional.

A todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Sou eternamente grata a vocês.

Muito obrigada!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. (Marthin Luther King)

RESUMO

O sorvete é um alimento muito consumido por pessoas de todas as faixas etárias e vários lugares do mundo. Contudo, os sorvetes também estão associados à ingestão de alta quantidade de gorduras e açúcar, que podem causar doenças como obesidade e excesso de peso. Devido sua formulação altamente energética, é conveniente o uso de alternativas que promovam redução e/ou substituição dos teores de gordura e açúcar. Objetivou-se desenvolver formulações de sorvete funcional reduzido de gordura e açúcar, adicionado de *Spirulina platensis*, extrato de ficocianina e inulina, que tem como potencial a atividade emulsificante, agente de textura e substituto de açúcar e gordura, e se a adição destes compostos influencia a aceitabilidade dos sorvetes. Os resultados de caracterização da *Spirulina* e do extrato de ficocianina demonstraram que podem ser aplicados em sorvete, pois apresentam atividade emulsificante acima de 45 UE e estabilidade de emulsão superior a 95%. As formulações de sorvete tiveram 50% de redução de gordura, 25% de redução de açúcar e adição de 1% de *Spirulina* e 2% de inulina. As formulações de sorvete foram caracterizadas físico-quimicamente e submetido à avaliação sensorial de aceitabilidade e atributos sensoriais através da metodologia CATA (Check All That Apply). A análise sensorial mostrou que as formulações de sorvete tiveram boa aceitabilidade, apresentando notas entre 6 (gostei muito) e 9 (gostei muitíssimo). Os atributos mais citados pelos julgadores na aplicação da metodologia CATA, foi a textura macia, cremoso/suave e aparência cremosa. A adição de *Spirulina* e inulina mostrou-se uma alternativa aplicável e tornando o sorvete um produto funcional e tecnológico.

Palavras-chave: Sorvete, gordura e açúcar, *Spirulina*, inulina.

ABSTRACT

Ice cream is a food very consumed by people of all age groups and various places in the world. However, ice creams are also associated with the intake of large amounts of fats and sugar, which can cause diseases like obesity and overweight. Due to its highly energetic formulation, it is convenient to use alternatives that promote reduction and / or substitution of fat and sugar content. The objective of this work was to develop functional ice cream formulations with reduction of fat and sugar content, added with *Spirulina platensis*, phycocyanin and inulin, which has the potential of emulsifying activity, texture and sugar substitute and fat, and the addition of these compounds influences the acceptability of ice creams. The characterization results of *Spirulina* and phycocyanin extract have demonstrated that they can be applied in ice cream because they have emulsifying activity above 45 EU and emulsion stability greater than 95%. The ice cream formulations had 50% fat reduction, 25% sugar reduction and addition of 1% *Spirulina* and 2% inulin. The ice cream formulations were physico-chemically characterized and submitted to the sensory evaluation of acceptability and sensory attributes through the CATA (Check All That Apply) methodology. The sensorial analysis showed that the ice cream formulations had good acceptability, presenting grades between 6 (I liked it very much) and 9 (I liked it very much). The attributes most cited by the judges in the application of the CATA methodology was the soft, creamy / soft texture and creamy appearance. The addition of *Spirulina* and inulin proved to be an applicable alternative and making ice cream a functional and technological product.

Key-words: Ice cream, fat and sugar, *Spirulina*, inulin.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	9
RESUMO	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 SORVETE: ORIGEM E DEFINIÇÕES	23
2.1.1 O papel da gordura no sorvete	24
<i>2.1.1.1 Compostos substitutos de gordura</i>	<i>26</i>
2.1.2 Legislação dos compostos substitutos de gordura	27
2.1.3 Classificação dos substitutos de gordura	28
<i>2.1.3.1 Substitutos de gordura baseados em proteínas</i>	<i>31</i>
<i>2.1.3.2 Substitutos de gordura baseados em compostos sintéticos</i>	<i>32</i>
<i>2.1.3.3 Substitutos de gordura baseados em carboidratos</i>	<i>33</i>
2.1.4 Ação e aplicação do açúcar em sorvete	34
<i>2.1.4.1 Substitutos de açúcar.....</i>	<i>35</i>
2.2 INULINA	37
2.3 ALIMENTOS FUNCIONAIS.....	39
2.3.1 Legislação	40
2.4 SPIRULINA	41
2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO	
SORVETE	42
2.5.1 Textura.....	42
2.5.2 Reologia.....	44
2.5.3 OverRun.....	44
2.5.4 Teste de derretimento	45
2.5.5 Cor	46
2.6 AVALIAÇÃO SENSORIAL.....	47
2.6.1 Metodologias sensoriais.....	48
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	51
3.1 MATÉRIAS-PRIMAS.....	51
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	51

3.2.1 Etapa 1: Caracterização química e avaliação das propriedades tecnológicas da Spirulina	52
3.2.1.1 Avaliação das propriedades tecnológicas do extrato de Spirulina	53
3.2.2 Etapa 2: Desenvolvimento das formulações de sorvete e caracterização do sorvete	54
3.2.3 Caracterização das formulações de sorvete.....	57
3.2.3.1 Determinação de pH.....	57
3.2.3.2 Determinação de sólidos solúveis totais (SST).....	57
3.2.3.3 Determinação de umidade e sólidos totais	58
3.2.3.4 Determinação de cinzas	58
3.2.3.5 Determinação do teor de gordura	58
3.2.3.6 Determinação do teor de proteína bruta	58
3.2.3.7 Carboidratos.....	58
3.2.3.8 Comportamento reológico	59
3.2.3.9 Overrun.....	59
3.2.3.10 Teste de derretimento (melting test)	59
3.2.3.11 Análise de textura	60
3.2.3.12 Avaliação de cor	60
3.2.4 Análise microbiológicas dos sorvetes	60
3.2.5 Etapa 3: Análise sensorial do sorvete.....	61
3.2.5.1 Teste de aceitabilidade	61
3.2.5.2 Análise descritiva Check-all-that-apply (CATA).....	62
3.2.5.3 Análise estatística dos dados	62

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 63

4.1 ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA SECA DE SPIRULINA PLATENSIS E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS DO EXTRATO DE SPIRULINA 63

4.1.1 Caracterização da biomassa seca de <i>Spirulina platensis</i>	63
4.1.1.1 Avaliação das propriedades tecnológicas do extrato de Spirulina	64

4.2 ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS FORMULAÇÕES DE SORVETE..... 69

4.2.1 Caracterização físico-química dos sorvetes	70
4.2.1.1. Características físicas das formulações de sorvete	77

4.2.1.1 <i>Análise de textura</i>	77
4.2.1.2 <i>Reologia</i>	78
4.2.1.3 <i>OverRun</i>	80
4.2.1.4 <i>Teste de derretimento</i>	82
4.2.1.5 <i>Análise de cor</i>	87
4.2.2 Estrutura dos sorvetes	89
4.2.3 Características microbiológicas das formulações de sorvete.....	91
4.2.4 Características sensoriais dos sorvetes.....	93
4.2.4.1 <i>Teste de aceitabilidade</i>	93
4.2.4.2 <i>CATA – Check-all-that-apply</i>	97
5 CONCLUSÕES	107
REFERÊNCIAS	109
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....	165
APÊNDICE B – ALEATORIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	167
APÊNDICE C – NOTAS DE FREQUENCIA TESTE DE ACEITABILIDADE	173
APÊNDICE D – FICHA DO TESTE DE ACEITABILIDADE	187

1 INTRODUÇÃO

A falta de equilíbrio na dieta alimentar da população mundial colabora muitas vezes com o surgimento e/ou agravamento de patologias crônicas (CARVALHO et al., 2013). A demanda dos consumidores por produtos alimentares que melhoram a saúde, como os produtos modificados pela nutrição (por exemplo, produtos com baixo teor de gordura ou com fibras adicionadas) e alimentos funcionais cresceu rapidamente nas duas últimas décadas. A indústria de alimentos e de bebidas muda regularmente ou reformula a composição de seus produtos, por exemplo, para melhorar o sabor ou diminuir os custos. As empresas de alimentos, atraídas pelo constante crescimento do mercado, têm vindo a investir no desenvolvimento de novos produtos modificados, que sejam funcionais e nutricionais (KHAN et al., 2014).

Os alimentos funcionais atendem essa demanda social, através do conceito de nutrição otimizada. Alguns ingredientes funcionais, como os prebióticos (inulina) e proteínas antioxidantes (ficocianina) podem apresentar também funções tecnológicas, como agentes de redução de gordura e emulsificantes, contribuindo para o desenvolvimento e alterações de formulação, como a redução de açúcar e gordura.

Alimentos com melhor palatabilidade são normalmente os que compreendem maiores teores de gorduras e, por consequência são calóricos. Muitos desses alimentos são derivados lácteos ou tem em sua formulação produtos lácteos, como os sorvetes, rico em gordura e açúcares, além de corantes e aromatizantes artificiais. Uma mistura com alto teor de gordura de leite ou creme, frutose e/ou adoçantes à base de glicose e aromatizantes é obtida por agitação e refrigeração, tornando assim o sorvete rico, cremoso e saboroso, devido estas características é muito apreciado em todas as faixas etárias. Devido a sua formulação ser extremamente energética é um excelente produto para empregar o uso de alterações de formulação, como por exemplo, redução de gordura e açúcar, aumento do teor proteico, uso de compostos bioativos, melhorando assim suas propriedades funcionais.

A adição de ingredientes bioativos é uma alternativa estudada para a melhoria dos perfis nutricionais e funcionais dos alimentos, a exemplo disso, a adição da microalga *Spirulina platensis*, cuja biomassa apresenta elevado teor proteico (60 a 70 %, dependendo das condições de cultivo) e potencial antioxidante (PINERO ESTRADA et al., 2001). A inulina é um polissacarídeo solúvel, prebiótico, encontrado em larga escala na natureza, em tubérculos, cebola, alho e raiz de chicória, promove melhoramento de textura, forma géis e se assemelha a gordura quanto a textura (SHOAIB et al., 2016).

O presente estudo se enquadra na linha de pesquisa “Qualidade e propriedades funcionais de alimentos”, dentro do projeto de pesquisa “Avaliação de propriedades funcionais e nutracêuticas de bioprodutos e compostos”, pois a proposta deste estudo foi utilizar um alimento muito consumido, o sorvete, um alimento rico em gordura e açúcar. Foram utilizados a inulina e a microalga *Spirulina platensis* que são ingredientes obtidos a partir de bioprocessos, sendo esses os ingredientes diferenciados no sorvete. Assim, a proposta deste estudo foi avaliar estes biocompostos conforme sua capacidade de atuarem como ingredientes funcionais e tecnológicos em produtos alimentícios como o sorvete, contribuindo para o desenvolvimento de alimentos funcionais.

O objetivo geral é contribuir para o desenvolvimento de formulações de sorvete funcional com redução de gordura e açúcar adicionados de compostos bioativos, sendo os objetivos específicos: a) avaliar as propriedades tecnológicas da *Spirulina* e do extrato de ficocianina; b) analisar a influência da adição de *Spirulina* e inulina em sorvete; c) avaliar os efeitos da redução de açúcar e gordura na aceitabilidade sensorial de consumidores e atributos sensoriais de sorvete.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SORVETE: ORIGEM E DEFINIÇÕES

O primeiro relato sobre o sorvete data de mais de 3 mil anos atrás, e tem sua origem no Oriente. Os chineses costumavam preparar uma pasta de leite de arroz misturado à neve, algo parecido com a atual raspadinha. Alexandre, o Grande (356-323 a.C.), é considerado o introdutor do sorvete na Europa. A primeira sorveteria brasileira nasceu em 1835, quando um navio americano aportou no Rio de Janeiro com 270 toneladas de gelo. Dois comerciantes compraram o carregamento e passaram a vender sorvetes de frutas. Na época, não havia como conservar o sorvete gelado, por isso ele tinha que ser consumido logo após o preparo. As sorveterias anunciavam a hora certa de tomá-lo (FINAMAC, 2012).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária pela RDC nº 266 define-se gelado comestível como “um produto alimentício obtido a partir de uma emulsão de gordura e proteínas, com ou sem adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma mistura de água, açúcares e outros ingredientes e substâncias que tenham sido submetidas ao congelamento, em condições tais que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante a armazenagem, o transporte e a entrega ao consumo” (BRASIL, 2005).

A composição do sorvete é bastante variada e sua estrutura complexa, sendo possível produzir diversos tipos de sorvetes a partir da combinação dos ingredientes em diferentes proporções (ARBUCKLE, 1986). O principal ingrediente do sorvete é o leite em todas as formas, representando 60 % da mistura. Seguem-se em ordem de importância quantitativa, os açúcares (12 a 17 %), as gorduras (10 a 17 %), os estabilizantes e emulsificantes (0,2 a 0,5 %), além de outros ingredientes (ORDÓÑEZ, 2004).

As características físico-química devem obedecer aos parâmetros da legislação; condições de conservação: temperatura máxima no produto de -18 °C, temperatura no produto de -12 °C e caso não possua uma unidade de refrigeração própria a temperatura no produto deve ser de -5 °C” (BRASIL, 2005).

Do ponto de vista físico-químico, sorvetes são fluidos complexos criados a partir do congelamento e aeração de uma emulsão na qual coexistem cristais de gelo, bolhas de ar e glóbulos de gordura parcialmente coalescidos suportados em matriz aquosa crio-concentrada. Os tensoativos, hidrocolóides, aromas e corantes completam a formulação. O processamento se inicia pelo delineamento da formulação da mistura para sorvetes, comumente chamada de calda.

A seguir, o sistema é submetido a diferentes operações unitárias onde são geradas as propriedades físicas, mecânicas e sensoriais deste coloide alimentício: mistura e pré-aquecimento, pasteurização, homogeneização, resfriamento, maturação, aeração, congelamento, embalagem, endurecimento e armazenamento (GOFF; VERESPEJ; SMITH, 1999; SEGAL; GOFF, 2002; EISNER; WILDMOSER; WINDHAB, 2005; GRANGER et al., 2005).

A mistura e pré-aquecimento são as etapas em que os ingredientes, após pesagem, iniciam o processo de fabricação. Agregam-se sólidos aos líquidos e a matéria graxa funde. Na pasteurização, as temperaturas alcançadas pelo sistema garantem a solubilização de proteínas e estabilizantes, assegurando sanidade microbiológica ao produto. A homogeneização visa à redução do tamanho dos glóbulos de gordura e responde pela emulsificação da mistura. Tem início a formação da gordura, já que após o pré-aquecimento e a pasteurização a temperatura da mistura é suficiente para que este ingrediente esteja completamente fundido e ao atravessar o homogeneizador, os glóbulos graxos são reduzidos a tamanhos que vão de 0,5 e 2,0 μm . Estes glóbulos recém-formados são praticamente desprovidos de moléculas aderidas, devido ao grande aumento na área superficial (GOFF, 1997). Na maturação refrigerada, os tensoativos aderem à superfície dos glóbulos gordurosos deslocando as proteínas (THANASUKARN; PONGSAWATMANIT; MCCLEMENTS, 2004). Esta etapa requer tempos mínimo e máximo de 4 e 24 horas, respectivamente.

Aeração e congelamento envolvem inúmeras mudanças físicas: ação das proteínas e emulsificantes na formação e estabilização da espuma; coalescência parcial da gordura seguida de adsorção na interface gordura/ar estabilizando as lamelas entre as bolhas de ar; crioconcentração da mistura pela remoção da água, sob forma de gelo (GOFF, 2002). Após o congelamento em trocador de calor de superfície raspada o produto é embalado, endurecido e armazenado em temperaturas em torno de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. A estrutura física final é composta de ar, gelo, gordura e uma fase não-congelada contendo proteínas, emulsificantes, estabilizantes, sais lácteos, lactose e adoçantes, além de água em estado líquido (THAKUR; VIAL, 2005; DREWETT; HARTEL, 2007).

2.1.1 O papel da gordura no sorvete

A gordura é um dos principais componentes do sorvete, sendo responsável por características de sabor e textura. É o mais importante veículo de aroma, influenciando decisivamente no sabor. A rede de cristais de gordura que envolve a película das bolhas de ar

modifica as propriedades reológicas do produto. Quanto maior o teor de gordura da mescla, maior a viscosidade e melhor a capacidade de aeração; também mais suave e cremosa a consistência e maior a resistência à fusão. Pode ter origem láctea ou vegetal.

Na produção de sorvetes, as gorduras possuem funções específicas e, por isso, devem apresentar certas propriedades fundamentais favorecendo a lubrificação, estruturação e transmissão de sabores. A gordura atua como lubrificante. Quando se degusta um sorvete, ele deve derreter agradável e adequadamente na boca. Por isso, a proporção entre gorduras líquidas e sólidas é de importância crucial para a sensação na boca e gosto do produto. A textura de um sorvete depende da sua estrutura. A reação da matéria graxa ou comportamento da gordura durante as fases de estabilização por maturação, de congelamento e de aeração é muito importante.

A gordura está presente na mistura como uma fina emulsão que coalesce parcialmente durante o congelamento. No sorvete, a coalescência ocorre quando duas partículas de gordura dispersas na matriz se unem formando uma única partícula. No caso da coalescência parcial, as gotículas não chegam a se unir totalmente, formando o que aparenta serem duas gotículas fundidas uma a outra. Características sensoriais do sorvete como a cremosidade, derretimento, liberação de sabor, sensação de revestimento bucal (*mouth coating*), sensação do frio, percepção dos cristais de gelo e perfil de derretimento, são fortemente influenciados pela quantidade e natureza da gordura presente no alimento. Além disso, ela estabiliza a espuma e é necessária para solubilizar as moléculas lipofílicas que proporcionam sabor (SU, 2012; CLARKE, 2004; GUINARD et al, 2006; KOEFERLI et al, 1999).

Os cristais de gordura, quando bem homogeneizados, facilitam a incorporação de células de ar, durante o batimento (*overrun*), possibilitando a obtenção da resistência desejada, enquanto mantêm uma textura suave e macia. Dada essa exposição dos glóbulos de gordura, com as células de ar, a mesma fica sujeita à oxidação e a alterações de paladar. Para tanto, algumas gorduras são adicionadas de antioxidantes para dificultar ao máximo esse processo. Não somente a gordura utilizada deve ser da melhor qualidade possível como também deve ter um gosto neutro para não mascarar os aromas adicionados.

A mistura ao ser congelada e batida ao mesmo tempo, para que bolhas de ar sejam incorporadas ao sorvete, formando a espuma. Durante o batimento ocorre a coalescência parcial dos glóbulos de gordura, que irão se chocar e se unir devido à perfuração da membrana pelos cristais de gordura, e pela mistura de emulsificantes e proteínas, e pela desestabilização durante a agitação. Mas como parte da gordura está na fase sólida, os glóbulos não irão se unir completamente (ROSSEAU, 2000).

A camada de emulsão formada pelos glóbulos de gordura unidos pela coalescência parcial irá participar da estabilização da fase gasosa. Alguns destes glóbulos entram em contato com a interface ar-matriz durante o congelamento. Juntamente com proteínas do leite, eles dão estabilidade às bolhas de ar contra coalescência. Quanto menores forem os glóbulos de gordura, melhor será a estabilização das bolhas de ar, diminuindo a velocidade de derretimento do sorvete e menor será a percepção do sabor de gordura no produto final (SU, 2012; CLARKE, 2004; GRANGER et al, 2004).

2.1.1.1 Compostos substitutos de gordura

Os óleos e gorduras são amplamente usados no processamento de muitos produtos alimentícios; apresentam uma variedade de propriedades tecnológicas, dentre as quais as principais são: gosto, textura, sensação na boca ou palatabilidade, transformação, aparência, aeração e transferência de calor (PINHEIRO; PENNA, 2004). Alimentos hiperpalatáveis estão cada vez mais disponíveis no ambiente alimentar atual. Estes alimentos são aqueles que parecem produzir prazer melhorado quando consumidos, resultando em uma capacidade aprimorada para estimular o consumo (GEARHARDT et al., 2011b). São tipicamente elevados em açúcar, gordura ou a combinação dos dois. Combinações de alto teor de gordura e alto teor de açúcar podem intensificar especificamente o consumo excessivo (TENK; FELFELI, 2017).

Diferentes estratégias de redução, como a modificação do processo industrial, alteram as propriedades físico-químicas e reológicas das matrizes, o uso de emulsões, o uso de substituintes ou a adição de aromas, foram aplicadas. Essas tecnologias constituem soluções valiosas para ajudar os profissionais que desejam reduzir o teor de sal, açúcar e gordura. É necessário avaliar se a reformulação mantém a qualidade sensorial dos produtos e a aceitabilidade do consumidor considerando o agrado e a vontade de pagar pelo produto e também avaliar se os produtos reformulados mantêm sua competitividade de acordo com outros produtos no mercado (ROMAGNY et al., 2016).

De acordo com Pinheiro e Penna (2004), nenhum ingrediente sozinho pode substituir a gordura em todas as aplicações, uma vez que há uma grande variedade de atributos para imitar, sendo difícil decidir qual é o melhor substituto para uma situação particular. A formulação de alimentos com baixos teores de gordura ou sem gordura necessitam de reformulações do produto tradicional, algumas vezes com diferentes ingredientes. A potencialidade dos efeitos dos substitutos pode ser alcançada pela utilização de misturas, proporcionando maior

funcionalidade para aplicações específicas. A escolha é determinada pelo custo, qualidade, inocuidade e pelo desempenho dos substitutos de gordura.

O principal objetivo de reduzir e/ou substituir a gordura dos alimentos é reduzir a incidência de obesidade e excesso de peso. Outro propósito é a redução do consumo total de energia para melhorar a saúde e conseqüentemente melhorar a aparência física.

Quando a gordura é removida e substituída por água e outros ingredientes, a formulação resultante deve reconstruir completamente as propriedades desejadas no alimento, conferindo características sensoriais de cremosidade e maciez. O corpo, interação e firmeza são desenvolvidos com a adição de maltodextrinas, xaropes de milho ou gomas. Os emulsificantes são incorporados para interagir com os carboidratos e proteínas e para modificar a maciez, reduzir a contração e promover lubrificação. Os aromas são adicionados para substituir o perfil de aromas fornecido pelos óleos e gorduras, que podem ou não ser solúveis em óleo. A cobertura de óleo na língua tende a diminuir ou reduzir a percepção de aromas em alguns casos e aumentar em outros. O aumento da umidade em um alimento irá acelerar a percepção dos gostos salgado, ácido, doce e amargo (YACKEL et al, 1992).

A escolha do substituto de gordura é determinada pelo custo, qualidade, inocuidade e pelo desempenho dos substitutos de gordura (CANDIDO; CAMPOS, 1996).

Para a substituição de gordura, os fabricantes levam em conta uma série de fatores que vão das diferenças de temperatura às quais os alimentos serão submetidos às condições de estocagem (PINHEIRO; PENNA, 2004).

2.1.2 Legislação dos compostos substitutos de gordura

Segundo a Administração de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos (Food Drugs and Administration - FDA), os substitutos de gordura são divididos em duas categorias: aditivos alimentares ou substâncias com a afirmação GRAS (“Generally Recognized as Safe”). De acordo com Lima e Nassu (1996), o FDA não reconhece os substitutos de gordura como uma classe distinta, para propósito de avaliação. Apesar de os substitutos de gordura não serem alimentos, não são diferentes de qualquer outro componente alimentício que se enquadre na seção de Atos de Alimentos, Drogas e Cosméticos. A princípio, todos os substitutos de gordura devem ter a afirmação *Generally Recognized As Safe* – GRAS, da Food and Drug Administration – FDA.

Os substitutos elaborados com a combinação de ingredientes já existentes, como amidos, fibras, gomas ou proteínas que são amplamente utilizados na indústria alimentícia não

necessitam de aprovação especial. Muitos destes produtos são resultados de técnicas comerciais de aquecimento, acidificação e mistura de ingredientes comuns encontrados em alimentos, como carboidratos, proteínas de ovo e leite e/ou água, para imitar as propriedades organolépticas da gordura. (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION REPORTS, 2005).

Conforme Lima e Nassu (1996), uma substância recebe a denominação GRAS se foi usada e investigada por longo tempo e mostrou ser segura à saúde humana. Exemplos de substâncias GRAS usadas como substitutos de gordura são dextrinas, goma guar, goma arábica e proteínas microparticuladas, Simplese, Slendid, polidextrose, Caprenin, N-Oil, Avicel, Stellar, Oatrin.

Segundo a FDA (Food and Drug Administration, 2003) a *Spirulina* é classificada como GRAS, o que garante seu uso como alimento sem riscos à saúde. Esta classificação é devido a diversas pesquisas que avaliaram as propriedades nutricionais da microalga, assim como a sua inocuidade.

A segurança dos aditivos é primordial, isto supõe que antes de ser autorizado o uso de um aditivo em alimentos, este deve ser submetido a uma adequada avaliação toxicológica, em que se deve levar em conta, entre outros aspectos, qualquer efeito acumulativo, sinérgico e de proteção, decorrente do seu uso (BRASIL, 2017).

2.1.3 Classificação dos substitutos de gordura

Ainda segundo Pinheiro e Penna (2004), durante anos, diferentes termos têm sido usados para os ingredientes desenvolvidos especificamente para substituir a gordura em produtos alimentícios, criando confusão com a terminologia empregada para os substitutos de gordura. Além disso, na Legislação Brasileira, não existe, até o presente momento, uma terminologia adequada para a tradução das palavras normalmente usadas em inglês.

Inicialmente o termo substituto de gordura (*“fat substitute”*) era usado para todos os ingredientes desconsiderando-se o quanto eles eram adequados para substituir a gordura. Posteriormente, o interesse foi direcionado na descoberta de um ingrediente adequado, capaz de substituir a gordura completamente, em todos os sistemas alimentícios. Para ser um ingrediente substituto, necessitaria ter estrutura química e propriedades físicas similares à gordura, além de ser resistente à hidrólise pelas enzimas digestivas, tendo preferivelmente valor calórico zero ou muito baixo. Na segunda metade dos anos 80, os únicos ingredientes capazes de preencher estas necessidades foram os sintéticos. A principal diferença entre estes compostos sintéticos e outros ingredientes lançados com o propósito de substituir a gordura é que somente

o primeiro foi capaz, por definição, de substituir a gordura em base peso por peso. Por outro lado, todos os outros ingredientes, necessitam de água para alcançar a imitação das propriedades físicas e sensoriais associadas à gordura no alimento.

Então, o termo imitador de gordura (“*fat mimetic*”) tem sido usado para distinguir este grupo de ingredientes. Existem termos para ingredientes designados para substituir gordura em alimentos, existem cinco termos principais que são definidos como repositor ou substituto de gordura (“*fat replacer*”) – termo coletivo que descreve qualquer ingrediente para ser usado no lugar de gordura; substitutos de gordura (“*fat substitute*”) – composto sintético desenvolvido para repor a gordura na base peso por peso, tendo, usualmente, uma estrutura química similar à da gordura, mas resistente à hidrólise pelas enzimas digestivas; imitadores de gordura (“*fat mimetic*”) – composto utilizado para imitar as características da gordura que necessita de alto conteúdo de água, mas resiste à hidrólise por enzimas digestivas; gorduras de baixas calorias (“*low-calorie fat*”) – triglicerídeos sintéticos combinando ácidos graxos não convencionais na cadeia de glicerol, resultando em reduzido valor calórico e extensores de gordura (“*fat extender*”) – sistema de gorduras contendo uma proporção de gorduras padrões ou óleos combinados com outros ingredientes (ROLLER; JONES, 1996).

Os substitutos de gordura podem ser classificados em três categorias principais: baseados em proteínas, baseados em carboidratos e compostos sintéticos (Quadro 1). É possível encontrar substitutos de gorduras a partir da combinação das três bases, o que melhora atributos funcionais dos produtos como, textura, sabor e sensação ao paladar (MONTEIRO et al., 2006).

Quadro 1 – Principais categorias de substitutos de gordura disponíveis no mercado.

Categorias	Tipos e exemplos	Propriedades funcionais
Baseados em proteínas	Proteínas microparticuladas (Simplese, Lita); Proteínas do soro (Dairy-Lo); Proteínas da soja (Sopro, Proplus)	Geleificante, simula textura e sensação na boca, reduz sinérese, amaciante
Baseados em carboidratos	Celulose (Avicel, Just Fiber); Dextrinas e amidos modificados (Stellar, N-Lite); Fibras derivadas de grãos (Beatrim, Z-Trim); Hidrocoloides (Kelgum, Keltrol, Kelcogel); Inulina (Raftiline, Fruitafit,	Realça sabor, reduz sinérese, texturizante, espessante, agente de volume, geleificante, estabilizante, emulsificante

	Fibruline); Maltodextrinas (Paselli, Maltrin); Pectina (Splendid, Grindsted) Polidextrose (Litesse, Sta-Lite)	
Baseados em compostos sintéticos	Poliésteres de sacarose (Olestra); Lipídeos estruturados (Caprenin, Salatrim); Dialqui di-hexadecil malonato	Emulsificante, simula textura e sensação na boca
Combinações	Carboidrato + proteína (Mimix); Carboidrato + lipídeo (OptaMax, Fantesk)	Simula textura e sensação na boca, retenção de água, realçador de sabor

Fonte: Adaptado de ADA Reports (2005).

Segundo Casarotti e Jorge (2010) pesquisas relacionadas aos substitutos de gordura estão sendo desenvolvidas visando melhorar as características tecnológicas destes ingredientes. Com isso, o número e a variedade destes continuam crescendo, ampliando as opções no momento da escolha do substituto a ser utilizado em determinado alimento.

2.1.3.1 Substitutos de gordura baseados em proteínas

Os substitutos de gordura à base de proteínas atualmente comercializados são, em sua maioria, produtos convencionalmente utilizados e de segurança estabelecida, esses substitutos são geralmente derivados de proteínas encontradas em ovos, leite e soja. São utilizados em produtos lácteos, doces, sobremesas geladas, manteigas espalháveis, bolos e cobertura para bolos e molhos para salada. Estes substitutos fornecem em média de 1 kcal/g (CÂNDIDO; CAMPOS, 1996).

Esses substitutos são produtos com aplicação limitada, pois não podem ser aplicados em diversos produtos que são utilizadas tratamento térmico elevado em seus processos. O aquecimento causa coagulação e desnaturação das proteínas, resultando em perda de cremosidade e textura. A vantagem de se utilizar ingredientes à base de proteínas como substitutos de gordura é que as proteínas se ligam aos componentes aromáticos (LIMA; NASSU, 1996).

A importância maior das proteínas como substitutos de gordura reside em sua habilidade de originar micropartículas. Misturas de clara de ovo e leite com outros produtos, como açúcares, pectina e ácidos são utilizadas comercialmente para produção de substitutos de gordura mais completos e complexos, por meio da microparticulação. O tamanho das micropartículas, o volume da hidratação e as propriedades de superfície afetam a habilidade das proteínas de simular gorduras (GOMES et al., 2008).

De acordo com Garcia (2014) a microparticulação é processo em que um concentrado de proteína é submetido a um tratamento térmico sob condições de tensão mecânica, de modo que as forças de cisalhamento evitam a formação de uma matriz gelificada e resulta na formação de pequenos agregados de proteínas séricas. A microparticulação permite a obtenção de agregados de proteínas com um tamanho de partícula entre 0,5 e 10 μm , semelhante ao tamanho dos glóbulos de gordura (1-10 μm), o que facilita a sua inclusão em matrizes de proteínas, comportando-se, portanto, como um potencial substituto dos glóbulos gordurosos.

A microparticulação de proteínas oferece muitas vantagens e amplia o campo das aplicações; fornece novas propriedades tecnológicas e organolépticas, conservando seu valor nutricional e propriedades funcionais (capacidade de formação de espuma, emulsificação e gelificação). Devido isso, pode ser um ingrediente útil na formulação de produtos lácteos. Permite fazer tratamentos adequados em produtos líquidos com micropartículas para prolongar a vida útil do mesmo, o uso de proteínas microparticuladas pode aumentar o rendimento da produção. São caracterizadas pela boa capacidade de retenção de água. A aplicação de

microparticulação de proteínas, além do aumento do desempenho da produção, traz melhorias sensoriais, maior elasticidade, maior textura de gordura, melhoria na percepção do sabor e melhoria da cremosidade (GARCIA, 2014).

As proteínas do soro de leite são altamente digeríveis e rapidamente absorvidas pelo organismo. Além das propriedades nutricionais das proteínas do soro, estas apresentam propriedades funcionais altamente significativas. Conferem aos produtos formulados melhores propriedades sensoriais, destacando-se: solubilidade, dispersibilidade, opacidade, ligação e retenção de gordura, retenção de água, emulsificação, viscosidade, formação de espuma e aeração e geleificação (FOOD INGREDIENTS, 2017; TERRA et al., 2009).

São encontradas na forma de partículas uniformes e esféricas, permitindo o deslizamento de uma sobre as outras e oferece, durante a degustação, a sensação de cremosidade semelhante à da gordura. Quando hidratadas, fornecem apenas 1 a 2 calorias por grama, permitindo grande redução no consumo de gordura (BRANDÃO et al, 1995).

Um possível substituinte de gordura é a *Spirulina*, devido seu alto teor de proteínas, suas propriedades emulsificantes e sua parede celular ser constituída por polissacarídeos, pode formar um sistema completo e assim, substituir gordura ou reduzir o teor de gordura em produtos cujo valor desses elementos é elevado.

2.1.3.2 *Substitutos de gordura baseados em compostos sintéticos*

Os substitutos de gordura sintéticos são substâncias que apresentam propriedades sensoriais e funcionais similares às gorduras, porém não são hidrolisadas diretamente no intestino pelas enzimas digestivas. São empregados, principalmente, como emulsificantes em alimentos como produtos lácteos, cereais, biscoitos, produtos de panificação, sobremesas geladas, doces, sopas, salsichas e molhos (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION REPORTS, 2005; BUTLES, 1997).

Segundo Lima e Nassu (1996) alguns exemplos de substitutos de gordura sintéticos são poliésteres de sacarose ou SPE (Sucrose PolyEster), poliésteres de rafinose, estearato de polioxietileno, ésteres de poliglicerol e glicerol propoxilado esterificado ou EPG (Esterified Propoxylated Glycerol), Triacoxicitrato (TAC), Triacoxitricarbilatos (TATCA) e Dialquihexadecilmalonato (DDM).

Outra maneira de desenvolver substitutos de gordura sintéticos se baseia na tentativa de reproduzir as propriedades de óleos e gorduras comestíveis utilizando-se polímeros ou óleos

naturais, cujas propriedades químicas não estejam relacionadas com a estrutura triacilglicérica (CÂNDIDO; CAMPOS, 1996).

2.1.3.3 Substitutos de gordura baseados em carboidratos

A maioria dos substitutos de gordura pertence a esta categoria. Os substitutos de gordura derivados de carboidratos são os amidos modificados, dextrinas, maltodextrinas, gomas, pectina, celulose, inulina e polidextrose. Em média, esses substitutos fornecem 4 kcal/g, porém, como são usualmente misturados com água, fornecem de 1 a 2 kcal/g somente, e alguns, como a celulose, fornecem zero calorias. Podem ser empregadas misturas de vários carboidratos para conferir a textura adequada. São usados principalmente como agentes espessantes e estabilizantes e empregados em uma grande variedade de alimentos, como produtos lácteos, sobremesas congeladas, salsichas, molhos para saladas, carnes processadas, assados, margarinas e doces (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION REPORTS, 2005).

Os carboidratos são termoestáveis e podem ser usados em produtos de panificação. Porém, os carboidratos não fundem, portanto, não podem ser utilizados em frituras. A adição de substitutos à base de carboidratos promove redução da atividade de água, dada a higroscopicidade das moléculas e conseqüente aumento da vida de prateleira do produto (LIMA; NASSU, 1996).

Os substitutos derivados de carboidratos mais comuns são os amidos, extraídos das partes comestíveis dos vegetais, devido à ampla faixa de propriedades que eles podem promover em suas formas natural e modificada. Os amidos possuem algumas vantagens como baixo custo, disponibilidade e facilidade de armazenamento, porém, assim como outros produtos também tem desvantagens, e a principal é a baixa estabilidade a ácidos e ao calor. Para atuar como substituto de gordura, o amido deve sofrer modificações, visando apresentar comportamento mais próximo dos lipídeos. Na indústria de alimentos, as modificações comumente aplicadas ao amido são hidrólise, oxidação, ligações cruzadas ou substituição. O amido modificado absorve água e forma géis proporcionando, assim, textura, viscosidade e palatabilidade similares a da gordura (LUCCA; TEPPER, 1994; SOBCZYNSKA; SETZER, 1991).

Segundo Maran et al (2013), a pectina é usada na indústria alimentar como espessante, emulsionante, agente gelificante, estabilizador e também como substituto de gordura. A pectina pode ser extraída de casca de frutas como laranja, pitáia, pistache, maracujá, maçã e polpa de beterraba, entre outras. De acordo com Hosseini et al (2016b) a pectina é uma mistura complexa de polissacarídeos que existe na parede celular primária e na lamela média do tecido vegetal.

A povidextrose consiste em aproximadamente 89% de D-glucose, 10% de sorbitol e 1% de ácido cítrico (COLLIOPOULOS; JOHN; TSAU, 1986). Como uma preparação comercialmente disponível, é um produto de policondensação e ocorre sob a forma de um pó branco com sabor neutro e aroma. A povidextrose se dissolve facilmente em água e, devido aos seus traços tecnológicos, pode ser usada como um substituto de gordura e açúcar (MITCHELL; AUERBACH; MOPPETT, 2001). A povidextrose foi incorporada com sucesso em uma ampla gama de alimentos, ou seja, produtos cozidos, confeitaria, bebidas e sobremesas congeladas, ao mesmo tempo que fornece as propriedades adequadas para a textura e a dor bucal (AIDOO; AFOAKWA; DEWETTINCK, 2014).

Outro substituto de gordura baseado em carboidratos é a inulina que é uma mistura de oligo e polissacarídeos, que são compostos por unidades de frutose e ligadas por ligações β -2,1-glicosídicas, enquanto que todas as cadeias terminam com uma molécula de glicose. A inulina é processada por produtores de alimentos para cadeia curta (um sabor doce semelhante à da sacarose) ou frutanos de cadeia longa (um sabor e aroma neutros) e, como a povidextrose, podem substituir, respectivamente, açúcar e gordura (TÁRREGA; TORRES; COSTELL, 2011).

2.1.4 Ação e aplicação do açúcar em sorvete

O açúcar desempenha vários papéis na alimentação, sendo a função mais notável o seu sabor doce, mas também contribui para o perfil do sabor e também afeta as propriedades da sensação e da textura. Está envolvido na reação de Maillard, afeta o ponto de congelamento, atua como agente de volume e preservativo e promove a leveza entre outros. Os fabricantes de alimentos, restaurantes, delivery e cafés estão sendo desafiados a reduzir o teor geral de açúcar em uma gama de categorias de produtos em pelo menos 20% até 2020.

O açúcar é o adoçante mais versátil de todos os que estão disponíveis. Seu uso é comum em uma variedade de alimentos muito grande, devido a seus muitos atributos, que não podem ser duplicados por nenhum outro ingrediente. O açúcar ou sacarose é constituída por glucose e frutose. É o açúcar da cana-de-açúcar ou da beterraba, e o adoçante mais amplamente utilizado na fabricação de sorvetes. Seu poder anticongelante é utilizado como referência para a avaliação do poder anticongelante para outros tipos de açúcares. Pertence à família dos dissacarídeos (formado por duas moléculas de glucose + frutose) e possui excelente solubilidade em água. É usada como regulador de temperatura, podendo substituir parte por outro tipo de açúcar definido como açúcar redutor, o que reduz a oxidação e a possibilidade de recristalização da sacarose.

Em sorvetes, os açúcares desempenham diversas e importantes funções. Os açúcares são componentes incongeláveis, atuam retardando o congelamento e, portanto, “opostos” ao processo de congelamento. Além disso, de acordo com sua origem, atuam como modificadores do processo de congelamento. Como consequência, a medida que se agrega mais açúcar na água, diminui-se a temperatura de congelamento da mistura água-açúcar (REVISTA ADITIVOS E INGREDIENTES, 2012).

Pode-se definir que uma consistência adequada e uniforme nos sorvetes pode ser obtida quando as soluções a serem congeladas se encontram com valores de açúcares totais mínimos de 18%, dependendo logicamente da porcentagem dos outros ingredientes que constituem a mistura e que, de certa forma, os modificam, como ocorre com a gordura, os sólidos não gordurosos e os estabilizantes. A inclusão de xarope de glicose ou dextrose, em substituição de 20 a 25% de açúcar comum ou sacarose, tem por objetivo melhorar as condições de cristalização. Além de adoçar, a aplicação de açúcar no sorvete controla a fusão e o congelamento, assim como a viscosidade da mistura, melhora a capacidade de mistura da massa e ajuda a conferir aroma. O açúcar fornece a maioria dos sólidos, bem como corpo e textura ao sorvete, evitando a formação de cristais de gelo e a cristalização da lactose no mesmo (REVISTA ADITIVOS E INGREDIENTES, 2011).

A sacarose tem como principal função conferir sabor doce, aumentar o teor de sólidos, contribuir com a textura e regular o ponto de congelamento do sorvete. Por muitos anos a sacarose foi o único edulcorante adicionado em sorvetes, porém existe uma tendência de se obter uma doçura adequada a partir da mistura da sacarose com outros agentes adoçantes. Essa mistura é desejada por causa da melhoria da qualidade edulcorante economicamente mais baratos e oportunidade de aumentar o teor de sólidos totais sem exceder a doçura desejada (SANTOS, 2009; SILVA, 2012).

2.1.4.1 Substitutos de açúcar

Diversos produtos têm surgido no mercado com a finalidade de substituir as propriedades da sacarose em produtos lácteos, como resultado da crescente preocupação em reduzir o consumo de sacarose. A substituição parcial ou total de sacarose no sorvete acarreta algumas mudanças indesejáveis, tais como baixo *overrun*, redução da viscosidade e aumento da taxa de derretimento (NABESHIMA et al., 2001).

Os carboidratos representam a principal fonte de energia (4 kcal/g) na dieta de grande parte da população mundial, sendo recomendado que a contribuição na dieta seja de 45- 65%

do valor energético total (IOM, 2005). No entanto, a ingestão excessiva de carboidratos simples diminui a concentração de nutrientes do alimento e pode contribuir para a obesidade (WHO, 2004). Os carboidratos conferem aos alimentos diversas propriedades físicas, tais como a capacidade de fixar a água (higroscopicidade), cristalizar, formar géis e poder adoçante, sendo a capacidade de formar géis e soluções viscosas a principal propriedade tecnológica dos carboidratos em alimentos (ORDÓÑEZ, 2005).

Os substitutos de sacarose, conhecidos como adoçantes ou edulcorantes, são classificados em dois grupos de acordo com o Codex Alimentarius (FAO, 1985). Os edulcorantes intensos ou não-nutritivos incluem substâncias com baixo valor energético ou não-energéticas, que são utilizadas em pequenas quantidades com o propósito de fornecer doçura acentuada, e não exercem nenhuma outra função tecnológica no produto final. Ao contrário dos agentes de massa, que são utilizados em maiores quantidades com a finalidade de conferir textura aos alimentos e, na maioria das vezes, fornecem quantidade de energia semelhante à sacarose (FAO, 1985). Segundo a ANVISA, o termo edulcorante é definido como a “substância diferente da sacarose que confere sabor doce ao alimento” (BRASIL, 1997).

Por causa da natureza controversa dos conceitos e da classificação de edulcorantes e adoçantes, a American Dietetic Association (ADA) propôs uma classificação quanto à quantidade de energia fornecida por tais constituintes em adoçantes nutritivos e não-nutritivos. Os adoçantes nutritivos fornecem até 4 kcal/g, incluem a sacarose, a frutose e os polióis. Ao contrário, os adoçantes não-nutritivos não fornecem energia ou a quantidade fornecida não é significativa, tais como o aspartame, a sacarina e a sucralose. Os polióis e adoçantes não-nutritivos substituem a sacarose de adição e são conhecidos como substitutos de macronutrientes, substituintes de sacarose, substitutos de sacarose ou adoçantes alternativos (ADA, 2004).

As substâncias que ocorrem naturalmente nos alimentos ou são adicionadas a estes, como sacarose, frutose, glicose, lactose, xaropes de glicose e de frutose, açúcar invertido, mel, melados e polióis são consideradas como adoçantes nutritivos (ADA, 2004; CÂNDIDO; CAMPOS, 1996).

Uma substância que ocorre naturalmente em cerca de 36.000 espécies de plantas, entre as raízes de chicória e tubérculos pode substituir o açúcar, é a inulina. Um polissacarídeo de armazenamento solúvel em água e pertence a um grupo de carboidratos não digeríveis denominados frutanos (SHOAIB et al, 2016).

A inulina, as oligofrutoses ou frutooligossacarídeos (FOS) constituem-se de cadeias menores e possuem qualidades funcionais similares aos xaropes de sacarose ou glicose. São

mais solúveis que a sacarose e fornecem entre 30-50% da doçura desta. A inulina e as oligofrutoses contribuem para encorpar produtos lácteos e diminuir o ponto de congelamento de sobremesas congeladas como o sorvete. Desse modo, elas exercem o mesmo papel que a sacarose, mas têm as vantagens de apresentar menor valor calórico, enriquecer o teor de fibras e outras propriedades nutricionais em alimentos. Adicionalmente, é utilizada em combinação com adoçantes de alta intensidade em substituição a sacarose, fornecendo um perfil de doçura bem balanceado e mascarando o sabor residual de adoçantes (SHOAIB et al, 2016; WEIDMANN; JAGER, 1997).

2.2 INULINA

Segundo Shoaib et al. (2016) a inulina é um polissacarídeo de armazenamento solúvel em água e pertence a um grupo de carboidratos não digeríveis denominados frutanos. Comumente, a inulina é usada como um prebiótico, substituidor de gordura, substituidor de açúcar, modificador de textura e para o desenvolvimento de alimentos funcionais, a fim de melhorar a saúde devido ao seu papel benéfico na saúde gástrica.

A inulina pode ser altamente ramificada ou linear dependendo da fonte. Os polímeros de inulina altamente ramificados têm mais solubilidade e na presença de água, pois são capazes de desenvolver um gel particulado, alterando assim a textura do produto e proporcionando uma sensação de boca semelhante a gordura (TUNGLAND; MEYER, 2002), enquanto que as moléculas de cadeia curta melhoram o sabor, doçura e são usados para substituir parcialmente a sacarose (DE CASTRO et al., 2009)

A inulina fornece inúmeros benefícios nutricionais e de saúde para os seres humanos, tem baixo valor calórico, tem efeito no metabolismo lipídico, funciona como fibra dietética, quase 90% da inulina passa para o cólon e digerido por bactérias presentes lá (CHERBUT, 2002).

O baixo valor calórico (1,5 kcal/g ou 6,3 kJ/g) de inulina é devido à sua baixa digestibilidade em contraste com as suas porções constituintes de monossacarídeos. Por ação de bactérias intestinais, a inulina é transformada em ácidos graxos de cadeia curta (como acetato, propionato e butirato), lactato, combustível bacteriano e gases (NYMAN, 2002).

A inulina é de grande interesse para desenvolver produtos saudáveis porque responde simultaneamente a uma variedade de requisitos do consumidor: é enriquecido em fibras, prebiótico, baixo teor de gordura e baixo teor de açúcar, conforme detalhado no Quadro 2 (FRANCK, 2002).

Quadro 2 – Uso de Inulina em alimentos

Aplicações	Função	Concentração % (p / p)
Alimentos de padaria (pão, bolos)	Prebiótica e preservação de fibras de umidade; Substituto de açúcar	2-15
Cereais matinais	Fibra e prebiótica; Crispiness e aumento de tamanho	2-25
Laticínios	Substituição de gordura e sinergia de açúcar com doçura; Textura e sensação na boca; Estabilização de espuma; Fibra e prebiótico	2-10
Produtos cárneos	Substituto de gordura; agente de textura e estabilidade; fibras	2-10
Sobremesas congeladas	Substituição de gordura e açúcar; Agente de textura; Comportamento de fusão; Fibra e prebiótico; Redução de valor energético	2-10
Enchimentos	Substituição da gordura e Melhoria de textura	2-30
Salgadinhos	Substituição da gordura; Corpo e sensação na boca	2-10
Chocolate	Substituição de açúcar e gordura; Fibra; Resistência ao calor (comportamento de fusão)	5-30
Preparações de frutas	Substituição de açúcar; Sinergia com edulcorantes; Corpo e sensação na boca; Fibra e prebiótico	2-10
Produtos dietéticos e substituições de farinha	Substituto de açúcar e gordura; Combinação com edulcorantes; Baixo valor Calórico; Corpo e sensação na boca; Fibra e prebiótico	2-15
Comprimidos	Substituição de açúcar; Fibra e prebiótico	5-100

Fonte: Adaptado de Franck, 2002.

A inulina está sendo usada gradualmente em alimentos funcionais, particularmente em uma variedade completa de produtos lácteos para aumentar a intensificação das bactérias intestinais benéficas (MENNE; GUGGENBUHL, 2000).

Arcia, Costell e Tárrega (2011) estudaram a adição de inulina em várias sobremesas lácteas prebióticas com baixo teor de gordura, na qual a suplementação de inulina não só teve efeito prebiótico, mas também reduziu o teor de gordura e açúcar (redução de 12%) sem afetar sua aceitabilidade aos consumidores.

Estudos mostram que os produtos de inulina que consistem principalmente em moléculas de cadeia longa são aplicados para substituição de gordura, uma vez que na presença de água são capazes de desenvolver um gel particulado, alteram a textura do produto e proporcionam uma sensação de boca semelhante a gordura. Em alimentos lácteos funcionais não gordurosos, a inulina pode ser usada como um substituto de gordura e fornece-lhes quase

os mesmos caracteres sensoriais dos produtos de gordura completa (KARIMI et al, 2015; TUNGLAND; MEYER, 2002; AKIN et al., 2007; CRUZ et al., 2010; SOLOWIEJ et al., 2015).

Segundo Shoaib et al. (2016), a inulina pode ser usada como substituto de gordura em substituições de farinha, produtos de carne, molhos e sopas, mais produtos com substituição de gordura estão disponíveis no mercado e tem a mesma sensação de boca suculenta e cremosa, firmeza aprimorada devido ao controle de água.

Assim como pode ser aplicada nesses produtos, também pode ser aplicada em produtos lácteos. De acordo com Meyer et al. (2011), a inulina pode atuar como um bom substituto de gordura em diferentes produtos lácteos. A capacidade da inulina como substituto de gordura não está apenas relacionada à modificação do comportamento reológico ou à espessura ou dureza do produto, mas também a alterações de outros atributos de dor bucal como cremosidade ou suavidade. Parece que, em geral, para obter produtos com baixo teor de gordura com reologia e espessura próximas aos de produtos completos, são necessárias maiores concentrações de inulina do que as necessárias para imitar a cremosidade ou a suavidade.

Os produtos de inulina contêm principalmente moléculas de cadeia curta que aumentam a doçura da sacarose até 35%, portanto, é útil substituir parcialmente o sabor da molécula de sacarose (DE CASTRO et al., 2009; VILLEGAS, TÁRREGA, CARBONELL; COSTELL, 2010).

2.3 ALIMENTOS FUNCIONAIS

Houve um interesse crescente pelos alimentos funcionais – alimentos que têm componentes específicos, que ocorrem naturalmente ou são adicionados, e que podem reduzir os riscos de determinadas doenças. Alimentos integrais, bem como os fortificados, enriquecidos ou aditivados, pertencem a essa categoria. Espera-se que esses alimentos possam desempenhar um papel importante na prevenção e no tratamento de doenças como câncer, diabetes, pressão alta, doenças cardíacas e outras (SCHWARCZ et al., 2006).

Alimentos funcionais são todos os alimentos ou bebidas que, consumidos na alimentação cotidiana, podem trazer benefícios fisiológicos específicos, graças à presença de ingredientes fisiologicamente saudáveis (CÂNDIDO; CAMPOS, 2005). Segundo o Instituto Internacional de Ciências da Vida - International Life Sciences Institute, os alimentos funcionais são aqueles que incluem uma variedade de componentes relevantes para melhorar o estado de saúde ou reduzir o risco (não preventivo) da doença (ASHWELL, 2004).

Esses alimentos também devem trazer benefícios além dos da nutrição básica; por exemplo, alimentos com teor de gordura e açúcares ou fibras incorporadas, entre outros, são alimentos funcionais (KÜSTER; VIDAL, 2017). Embora nos últimos anos tenha sido alargado o consumo de alimentos funcionais na Europa (ÖZEN et al., 2014), alguns consumidores não sabem qualificar estes produtos corretamente, o que pode marcar um declínio no interesse de alimentos funcionais (GRANQVIST; RITVALA, 2016).

Os consumidores precisam levar em consideração aspectos relevantes, como saúde e segurança alimentar ao escolher alimentos funcionais. É preciso enfatizar a devida importância na comunicação correta desses efeitos positivos para a saúde. O consumidor prefere alimentos que tragam benefícios para saúde, o aumento no consumo ou escolha de produtos agregados com ingredientes funcionais, como adição de compostos bioativos vem aumentando e conseqüentemente fazendo com que as indústrias de alimentos buscam produzir cada vez mais alimentos de valor agregado e com propriedades funcionais.

Os alimentos funcionais são alimentos que provêm a oportunidade de combinar produtos comestíveis de alta flexibilidade com moléculas biologicamente ativas, como estratégia para consistentemente corrigir distúrbios metabólicos (WALZEM, 2004), resultando em redução dos riscos de doenças e manutenção da saúde (ANJO, 2004).

Os alimentos e ingredientes funcionais podem ser classificados de dois modos: quanto à fonte, de origem vegetal ou animal, ou quanto aos benefícios que oferecem, atuando em seis áreas do organismo: no sistema gastrointestinal; no sistema cardiovascular; no metabolismo de substratos; no crescimento, no desenvolvimento e diferenciação celular; no comportamento das funções fisiológicas e como antioxidantes (SOUZA et al., 2003).

Os alimentos funcionais têm classes de compostos funcionais, as principais classes são os probióticos e prebióticos, alimentos sulfurados e nitrogenados, vitaminas antioxidantes, compostos fenólicos, ácidos graxos poli-insaturados e fibras - oligossacarídeos (MORAES; COLLA, 2006). Cada classe proporciona efeitos diferentes nos alimentos, essas substâncias biologicamente ativas que ao serem adicionadas a uma dieta usual desencadeia processos metabólicos ou fisiológicos, resultando em redução do risco de doenças e manutenção da saúde (CARVALHO et al, 2013).

2.3.1 Legislação

O termo “alimentos funcionais” foi primeiramente introduzido no Japão em meados dos anos 80 e se refere aos alimentos processados, contendo ingredientes que auxiliam funções

específicas do corpo além de serem nutritivos, sendo estes alimentos definidos como “Alimentos para uso específico de saúde” (*Foods for Specified Health Use-FOSHU*) em 1991. Estabelece-se que FOSHU são aqueles alimentos que têm efeito específico sobre a saúde devido a sua constituição química e que não devem expor ao risco de saúde ou higiênico. A FDA classificou os alimentos funcionais em cinco categorias: alimento, suplementos alimentares, alimento para usos dietéticos especiais, alimento-medicamento ou droga (NOONAN; NOONAN, 2004).

A definição de que o alimento funcional pode ser classificado como alimento é aceita nos EUA, Europa e também no Brasil. Nessa perspectiva, o alimento funcional deve apresentar primeiramente as funções nutricional e sensorial, sendo a funcionalidade a função terciária do alimento (KWAK; JUKES, 2001a).

No Brasil, o Ministério da Saúde, através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), regulamentou os Alimentos Funcionais através das seguintes resoluções: ANVISA/MS 16/99; ANVISA/MS 17/99; ANVISA/MS 18/99, tratando estas respectivamente, a Resolução da ANVISA/MS 16/99 - trata de Procedimentos para Registro de Alimentos e ou Novos Ingredientes, cuja característica é de não necessitar de um Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para registrar um alimento, além de permitir o registro de novos produtos sem histórico de consumo no país e também novas formas de comercialização para produtos já consumidos; a Resolução da ANVISA/MS 17/99 - aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para Avaliação de Risco e Segurança de Alimentos que prova, baseado em estudos e evidências científicas, se o produto é seguro sob o ponto de risco à saúde ou não; a Resolução ANVISA/MS 18/99 - aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para a Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e/ou de Saúde, alegadas em rotulagem de alimentos (BRASIL, 1999c);

2.4 SPIRULINA

A *Spirulina platensis* pode ser classificada como uma microalga verde azulada, filamentosa que apresenta pigmentos fotossintéticos como clorofila *a*-luteína, β -caroteno, ficocianina e aloficocianina, os maiores componentes bioativos na microalga (CHEN et al., 1996). Segundo Soni et al (2017) a *Spirulina* é uma cianobactéria multicelular que alcançou uma popularidade considerável no setor da saúde, indústria alimentar e aquicultura. Tem um conteúdo muito elevado de macro e micronutrientes, aminoácidos essenciais, proteínas, lipídios, vitaminas, minerais e antioxidantes. Atualmente, as principais direções em

biotecnologia macroalgênica são biocombustíveis, bioestimulantes agrícolas para plantas cultivadas, tratamento de águas residuais, etc. As biotecnologias microalgais referem-se à produção de diferentes produtos como ficocianina, carotenóides, ácidos graxos e lipídios para aplicação em alimentos saudáveis, cosméticos, suplementos alimentares, produtos farmacêuticos e produção de combustível.

A sua parede celular consiste de polissacarídeos com uma digestibilidade de 86% e pode ser facilmente absorvido pelo corpo humano. A *Spirulina* forma grandes populações em corpos de água tropicais e subtropicais que contêm uma quantidade elevada de sais como carbonato e bicarbonato com pH alcalino 9,5 (SJORS; ALESSANDRO, 2010). Abundante em proteína vegetal, que compõe 60 % -70 % de seu peso. Farinha de soja, contém cerca de 35% de proteína. Qualitativamente, *Spirulina* fornece proteínas completas, pois contém toda a gama de aminoácidos essenciais, que é de 47% do peso total da proteína (BALASUBRAMANI et al., 2016).

A *Spirulina* também é reconhecida como uma excelente fonte de vitamina E comparáveis aos encontrados na grama de trigo. As vitaminas antioxidantes primárias contidas na *Spirulina* são β -caroteno, carotenóides e vitamina E (YIN; DAOUST; YOUNG; TEBBS; HARPER, 2017).

A FDA sugere que a ingestão diária deva ser de acordo com o aporte físico do consumidor, podendo variar de 0,1 a 6g e a estimativa média de consumo é 3g/indivíduo/dia (FDA, 2003). No Brasil, desde 2009 a *Spirulina* passou a ser considerada como novo alimento/ingrediente e seu consumo diário é limitado pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) a 1,6g/indivíduo (BRASIL, 2009).

2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SORVETE

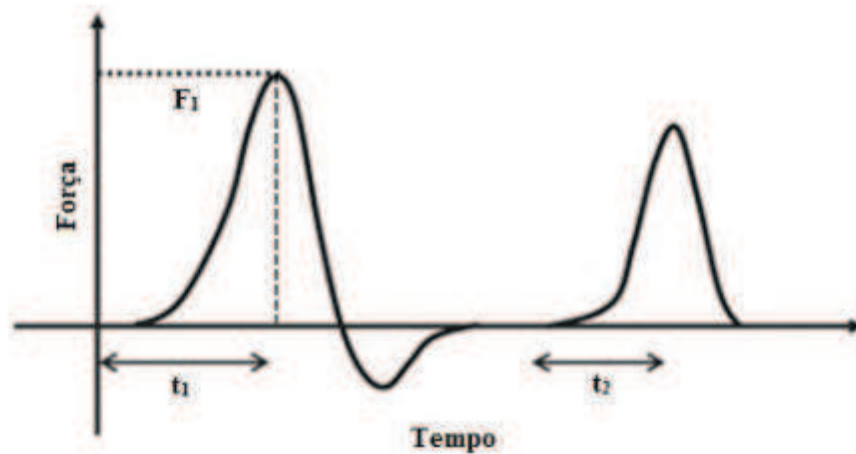
2.5.1 Textura

Conhecer as características texturais dos produtos é fundamental para a melhoria contínua da qualidade. O objetivo final da indústria de alimentos é conhecer as necessidades dos consumidores e atender sua satisfação por meio de sua percepção positiva acerca de um produto (RAMOS, 2016). Um dos principais testes para estudar o comportamento mecânico de alimentos é a Análise do Perfil de Textura (TPA), *Texture Profile Analysis* (SOUZA, 2011). Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, a textura é definida como todas

as propriedades reológicas e estruturais (geométricas e de superfície) de um alimento, perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos (ABNT, 1993).

A submissão de uma amostra de alimento a um ensaio de TPA permite a geração de um gráfico força x tempo (Figura 1) e a mensuração de parâmetros mecânicos que são classificados como primários (dureza, coesividade, elasticidade, resiliência e adesividade) e secundários (gomosidade, mastigabilidade e fraturabilidade) (FOGAÇA, 2014).

Figura 1 – Curva típica de uma análise instrumental do perfil de textura



Fonte: FOGAÇA, (2014)

O ponto máximo do primeiro ciclo de compressão representa a dureza (N) da amostra no TPA, ou seja, a força necessária para provocar uma determinada deformação e por meio dessa interferência na integridade do alimento que se pode obter, através da relação entre as áreas do primeiro e do segundo ciclo de compressão, a noção dos parâmetros mecânicos, geométricos e de composição (RAMOS, 2016; FOGAÇA, 2014; TEIXEIRA, 2009). O método deve ser apropriado para o tipo de alimento e o estado do alimento, onde cada análise mede diferentes parâmetros adequados para cada amostra.

2.5.2 Reologia

A reologia é o estudo da maneira como materiais respondem a uma tensão ou a um estresse aplicado. Atualmente é considerada como a ciência da deformação e fluxo da matéria. O foco principal da reologia é avaliar a forma como os materiais respondem quando aplicada uma força. Todos os materiais possuem propriedades reológicas, de modo que a reologia pode ser aplicada em diversas áreas de estudo (SU, 2012; OLIVEIRA, 2005; TONELI et al. 2005).

A deformação ocorre quando a matéria está no estado sólido e o escoamento, quando a matéria está no estado líquido. A propriedade reológica de interesse no caso dos sólidos é a elasticidade e no caso dos líquidos é a sua viscosidade. No caso de sólidos, é estudada a deformação sob a ação de um estresse (força por unidade de área) e no caso de líquidos é estudado o fluxo sob o estresse (GALLO, 2013; BORWANKAR, 1992). Os sólidos deformam-se elasticamente.

O comportamento reológico de fluidos pode ser caracterizado como Newtoniano ou não-Newtoniano, dependendo da relação que apresentam entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação aplicada. Newton descreve o escoamento de um fluido como um fluxo laminar, um conjunto de planos paralelos infinitamente finos que deslizam tangencialmente sobre os outros quando uma força constante é aplicada, e se movem em uma velocidade constante (SU, 2012; TUNG e PAULSON, 1995; SCHRAMM, 2006).

A viscosidade da mistura é afetada pela composição (principalmente gordura e estabilizante), tipo e qualidade dos ingredientes, processamento e manuseio da mistura. Em sorvetes, com o aumento da viscosidade, a resistência ao derretimento e a cremosidade do sorvete aumentam (OLIVEIRA, 2005).

2.5.3 OverRun

Sorvete e outras sobremesas aeradas e congeladas são sistemas coloidais complexos compostos, no estado congelado, por cristais de gelo, bolhas de ar e glóbulos de gordura parcialmente coalescidos; todos imersos em uma matriz de açúcar, polissacarídeos, proteínas, sais e água. A aeração e o congelamento durante o processamento dos sorvetes envolvem diversas mudanças físicas como: a ação de proteínas e surfactantes na formação e estabilização da espuma, coalescência parcial da emulsão e concentração da solução através da remoção de água durante a formação do gelo (MILLIATTI, 2013; GOFF, 2002).

O ar em sorvetes, além de promover textura agradável ao produto, também influencia as propriedades físicas de derretimento e dureza. Porém, não é só quantidade de incorporado, mas também a distribuição do tamanho das células de ar que irão influenciar estas propriedades, além de outros fatores. O ar está distribuído em forma de pequenas bolhas, com tamanho entre 20 e 50 μm (GOFF, 2002). Novas células de ar que serão formadas durante o congelamento dos sorvetes precisam estar estabilizadas para não coalescer.

Segundo Sofjan e Hartel (2004) sorvetes com 80% de overrun derretem mais rapidamente que sorvetes com 100% de overrun. Isso pode ocorrer devido a diferença na transferência de calor para os sorvetes que apresentam maior quantidade de ar (maior overrun).

2.5.4 Teste de derretimento

O fenômeno do derretimento é influenciado por vários fatores, entre eles as interações lipídicas e a cristalização da gordura, tipo e concentração de emulsificante, além do diâmetro dos glóbulos de gordura, indicando a extensão de desestabilização e coalescência parcial ocorrida durante a fabricação do sorvete (CORREIA et al., 2008; RECHSTEINER, 2009).

Do ponto de vista físico, o sorvete é um sistema multifásico complexo, no qual bolhas de ar, glóbulos de gordura parcialmente coalescidos e cristais de gelo estão dispersos em uma solução viscosa. Esses elementos formam uma rede tridimensional responsável pela estrutura do sorvete. Durante o derretimento, dois eventos principais acontecem: o derretimento dos cristais de gelo e o colapso da estrutura espumosa lipídica estabilizada. No entanto, mesmo após o derretimento do gelo, o sorvete não derrete completamente até que sua estrutura entre em colapso (BARBOSA et al., 2010).

No tanque de congelamento, a agitação pode produzir a aglomeração de gordura que propicia certa rigidez, importante em muitas operações de embalagem e essencial em produtos extrusados; também é fator chave no desenvolvimento de cremosidade, untuosidade e riqueza do produto. Mas, a aglomeração de gordura é também responsável por uma extrema retenção de forma no derretimento, conhecido como “baixo derretimento” (*slow melt*) e/ou uma superfície seca, escamosa no produto derretido (THARP, 2007).

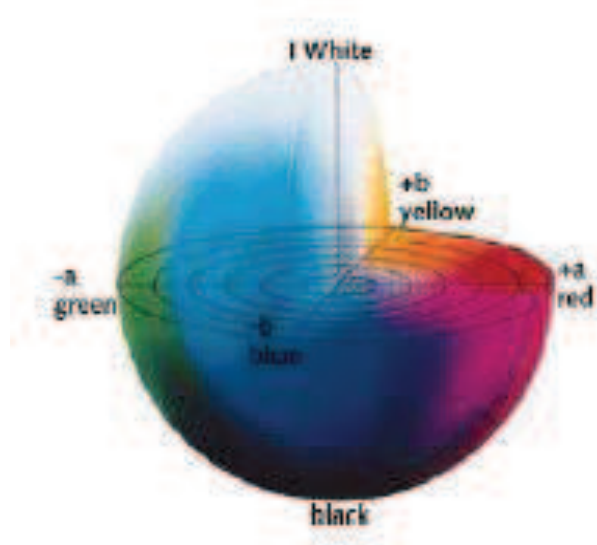
2.5.5 Cor

Cor é uma propriedade dos alimentos que determina sua qualidade e identidade. A análise de cor é um tópico muito importante na tecnologia e na qualidade dos alimentos. A cor pode ser analisada tanto por inspeção direta (análises sensoriais) ou por métodos instrumentais. Os instrumentos de detecção de cor geralmente pertencem a quatro categorias: colorímetros, densímetros, câmaras espectrais e espectrofotômetros. Colorímetros avaliam a cor utilizando três ou quatro filtros que correspondem aos receptores de cor do olho humano. O método visa a tradução numérica da percepção visual humana da cor para linguagem de computadores, no sentido de tratar a informação obtida em espectrofotômetros de forma a produzir interpretação em valores matemáticos (SU, 2012).

Em 1931 a *Comission Internacionale d'Eclairage* (CIE) definiu a cor sendo especificada pela geometria e distribuição espectral de três elementos: a fonte de luz, a refletividade da amostra e o sentido visual do observador. A CIE definiu o sistema de cor CIE- $L^*a^*b^*$ em 1976. O modelo $L^*a^*b^*$ é baseado no modelo HunterLab proposto em 1958. A cor deste sistema consiste da soma de um componente a que se chama luminância, ou componente de luminosidade (L^*), e dois outros componentes de cromaticidade: o componente a^* e o componente b^* . O sistema HunterLab foi o primeiro sistema a utilizar a teoria da oposição de cores que diz que os sinais do cone vermelho, verde e azul são remixados em codificadores opostos, enquanto o sinal é transmitido do nervo óptico até o cérebro. Na base da teoria da oposição das cores, o espaço de cores da CIE L^* , a^* , b^* é tridimensional retangular, onde L (luminosidade) varia de 0 (Preto) a 100 (branco), a^* (eixo vermelho-verde) com valores positivos (vermelho) e negativo (verde) e b^* (eixo amarelo-azul) com valores positivos (amarelo) e negativo (azul) (SOUZA, 2006; DIEHL e SOCACIU, 2008). As coordenadas de a^* e b^* aproximam-se do zero ao medir cores neutras (branco, preto e cinza) (SU, 2012).

O espaço CIE- $L^*a^*b^*$ é representado por uma esfera (Figura 3), em que o eixo Y representa a coordenada L^* , o eixo X representa a coordenada b^* e o eixo Z, representa a coordenada a^* . A combinação destas coordenadas resulta em uma posição que expressa a cor.

Figura 3: Espaço de cores da CIE-L*a*b*.



Fonte: SU, 2012

2.6 AVALIAÇÃO SENSORIAL

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993), a análise sensorial é definida como a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição.

Sabe-se que métodos sensoriais foram aplicados pela primeira vez na Europa, com o objetivo de controlar a qualidade de cervejarias e destilarias. Nos Estados Unidos, durante a Segunda Guerra Mundial, surgiu da necessidade de se produzir alimentos de qualidade e que não fossem rejeitados pelos soldados do exército (TEIXEIRA, 2009). No Brasil, a análise sensorial só se desenvolveu a partir de 1954, devido à necessidade de classificação do café (MONTEIRO, 1984 apud AZEVEDO, 2013).

De acordo com Dutcosky (1996), a avaliação sensorial fornece suporte técnico para pesquisa, industrialização, marketing e controle de qualidade. Dentre as muitas aplicações da análise sensorial na indústria de alimentos e nas instituições de pesquisa, pode-se citar o controle de etapas de desenvolvimento de um novo produto, avaliação do efeito das alterações nas matérias-primas ou no processamento tecnológico sobre o produto final, redução de custos, controle de efeito da embalagem sobre os produtos acabados, controle de qualidade e estabilidade durante o armazenamento – vida de prateleira.

A análise sensorial normalmente é realizada por uma equipe formada para analisar as características sensoriais de um produto para um determinado fim. Esta técnica é utilizada para

selecionar a matéria-prima para um novo produto e avaliar o efeito de processamento, a qualidade da textura, o sabor, a estabilidade de armazenamento, a reação do consumidor, entre outros (TEIXEIRA, 2009).

Atualmente, esta ciência é considerada uma ferramenta indispensável para a indústria de alimentos e dispõe de vários métodos distintos, utilizados por diferentes tipos de avaliadores. Após a escolha do método e do tipo de avaliador mais adequado a cada situação, pode-se, com base nos resultados, estabelecer diferenças e preferências entre produtos, descrever qualidades ou quantificar atributos dos alimentos (SCHMIDT; MIGLIORANZA, 2010).

As metodologias sensoriais se dividem em três grupos: testes discriminativos, testes descritivos e testes afetivos (ROUSSEAU, 2004).

2.6.1 Metodologias sensoriais

Os testes afetivos são uma importante ferramenta, pois determinam diretamente a opinião (preferência ou aceitação) do consumidor em relação a ideias, características específicas ou globais de determinado produto, sendo, por isso, também denominados de testes com consumidores (DELLA LUCIA; MININ; CARNEIRO, 2013).

Este tipo de teste não necessita de treinamento dos avaliadores e é muito utilizado na comparação de produtos concorrentes, no desenvolvimento de novos produtos e na melhoria da qualidade (AZEVEDO, 2013).

O teste de aceitação, um tipo de método afetivo, avalia o quanto o consumidor gostou ou não de um determinado produto. Entre as escalas sensoriais existentes para medir a aceitação de um grupo de consumidores, a que utiliza escala hedônica de nove pontos é a mais aplicada, devido à sua simplicidade, confiabilidade e validade de seus resultados (STONE; SIDEL, 2007).

Os testes descritivos são considerados os melhores métodos para se estabelecer um perfil sensorial, uma vez que fornecem descrições sensoriais completas dos produtos e podem identificar os principais atributos sensoriais relacionados à aceitação ou rejeição do produto (STONE; SIDEL, 2007).

A análise sensorial descritiva é uma das técnicas mais utilizadas em ciência sensorial. Para pesquisadores e indústrias de alimentos, o desenvolvimento do perfil descritivo convencional é uma ferramenta essencial para o controle de qualidade e envolve a avaliação da descrição qualitativa e quantitativa dos atributos sensoriais de um produto por uma equipe de julgadores treinados, fornecendo uma descrição completa das suas características sensoriais e

permitindo correlações com outros parâmetros como medidas instrumentais ou resultados de testes afetivos (BRAGA, 2014).

Em resposta à demanda por métodos de análise descritiva mais rápidos e com melhor custo-benefício, diversas técnicas têm sido desenvolvidas como alternativa a análise descritiva convencional, dentre as quais se destacam: *Check-all-that-apply*, *Flash Profile*, *Napping*, *Free Sorting Task*, *Pivot Profile* e *Polarised Sensory Position*.

O método check-all-that-apply (CATA) marque tudo que se aplica, é uma ferramenta permite aos consumidores escolher todos os atributos potenciais das listas dadas para descrever os produtos de teste. Isso é diferente da escala hedônica no sentido de que não são dadas intensidades aos atributos. Tem sido muito utilizado em estudos com consumidores para avaliar a percepção dos mesmos em relação às características dos alimentos, a fim de determinar quais atributos sensoriais podem ser característicos de um produto específico (LANCASTER; FOLEY, 2007, BRAGA, 2014).

Segundo Ares et al. (2010a) os consumidores são apresentados a um produto a ser avaliado juntamente com uma lista predefinida de palavras ou frases (termos descritores), a partir das quais devem assinalar todas as que julgarem apropriadas para descrever o produto. A relevância de cada termo é determinada calculando a sua frequência de utilização.

Conforme Smyth et al (2006) uma vantagem desse tipo de método é que ele permite várias opções a serem selecionadas, em vez de limitar os entrevistados a selecionar apenas uma resposta ou forçando os mesmos a centrar a sua atenção e avaliar atributos específicos.

Além disso, os descritores não são limitados aos atributos sensoriais do produto, mas também podem estar relacionados ao uso do produto ou ao ajuste do conceito. Este tipo de metodologia tem a vantagem de reunir informações sobre os atributos de produtos percebidos sem exigir a escala, permitindo uma descrição ligeiramente menos artificial das principais propriedades sensoriais do produto testado (dependendo de como os termos são criados). Também podem estar relacionados a aspectos emocionais/hedônicos, ao uso dos mesmos ou ao seu conceito (DOOLEY et al., 2010).

De acordo com Lancaster e Foley (2007), o método CATA requer instruções mínimas, é relativamente fácil de executar e é concluído rapidamente. Além disso, poderia ser uma abordagem mais prática do que a escala de intensidade do ponto de vista do desenvolvimento de produtos liderados pelo consumidor. Uma vez que as respostas da CATA estão diretamente ligadas à percepção dos consumidores sobre as características do produto, essas respostas podem ser utilizadas como dados suplementares para maximizar a aceitação dos produtos direcionados pelos consumidores.

O CATA fornece informações sobre quais atributos são detectáveis de acordo com os consumidores e como isso pode estar relacionado com o seu gosto geral e aceitação. Compreender as características sensoriais no processo de desenvolvimento de novos produtos é de grande importância, pois a falta de obtenção de informações corretas sobre os atributos sensoriais pode levar ao rápido desaparecimento dos novos produtos do mercado (STONE & SIDEL, 2007).

Alguns estudos demonstraram que os resultados obtidos a partir do método CATA aplicado a consumidores são muito semelhantes aos obtidos a partir de painéis com julgadores treinados por meio de técnicas de análise descritiva clássica (BRAGA, 2014).

As principais vantagens do CATA consistem na percepção dos consumidores que consideram o método uma tarefa simples, sem julgadores treinados, é relativamente fácil de executar e é concluído rapidamente (ARES et al., 2010b).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos nos Laboratórios do Curso de Engenharia de Alimentos da FEAR e no Parque Científico e Tecnológico da Universidade de Passo Fundo.

3.1 MATÉRIAS-PRIMAS

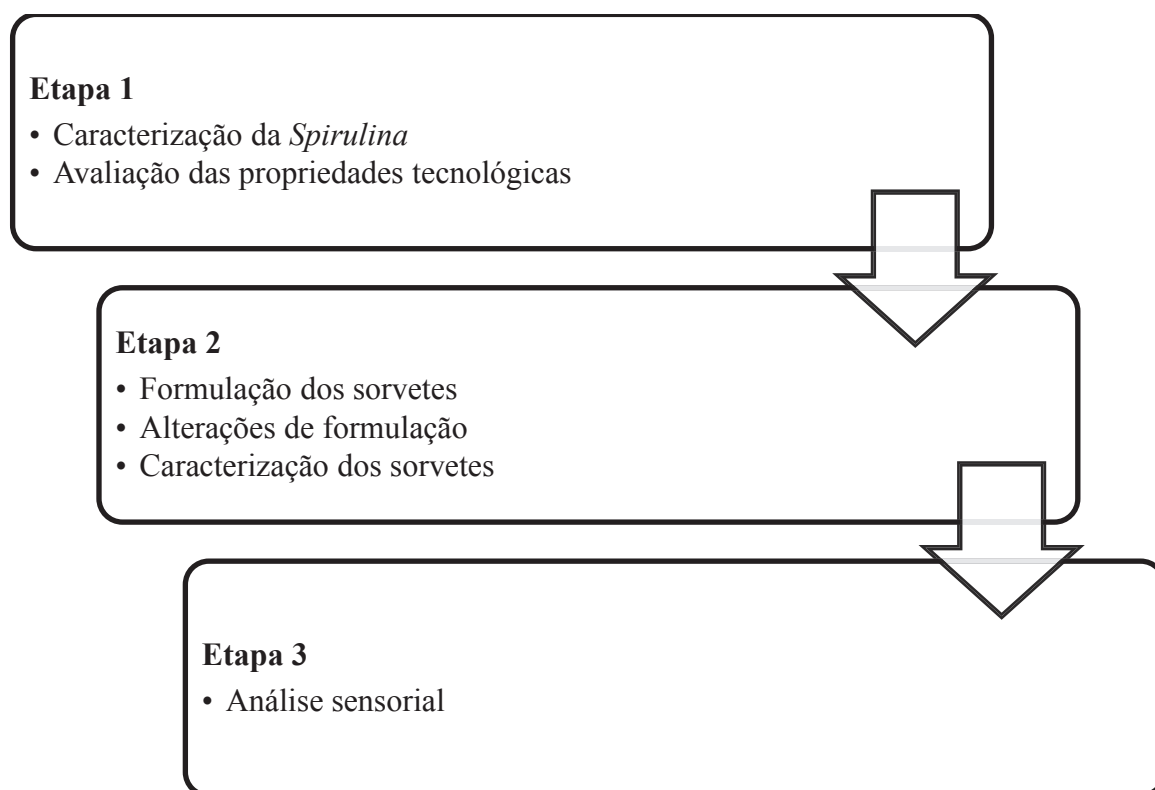
Para a elaboração dos sorvetes, foram utilizadas as seguintes matérias-primas obtidas comercialmente: Leite em pó desnatado (Elegê); Creme de leite (Tirol); Xarope de glucose (Mix); Sacarose; Liga Neutra em Pó (Duas Rodas; Topping (Duas Rodas); Emustab (Duas Rodas); Biomassa de *Spirulina* em pó, Inulina (Fiber Bem) e saborizante (Duas Rodas).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento desta pesquisa foi desenvolvido em três etapas (Figura 4). Na primeira etapa foram realizadas a caracterização físico-química da *Spirulina platensis*, a determinação da concentração de ficocianina no extrato aquoso de *Spirulina* e a avaliação da atividade emulsificante e estabilidade da emulsão ocasionada pelo extrato aquoso da microalga *Spirulina*. Esta etapa teve o objetivo de investigar a estabilidade da emulsão da ficocianina, uma vez que nas etapas posteriores, tanto a *Spirulina* como a ficocianina, foram utilizadas em substituição a ingredientes responsáveis pela textura no sorvete.

Na segunda etapa foram elaboradas 12 formulações de sorvete, sendo variados os percentuais de açúcar e gordura, a exclusão da adição de topping e emulsificante, sendo adicionados o extrato de ficocianina, a *Spirulina* e/ou inulina como substitutos destes ingredientes. Nesta etapa, também, foi realizado a caracterização físico-química dos sorvetes. Na etapa 3, foi realizada a análise sensorial dos sorvetes desenvolvidos utilizando o teste de aceitabilidade e a metodologia CATA (*Check All That Apply*) – Marque tudo que se aplica ao produto.

Figura 4 – Fluxograma do delineamento experimental.



Fonte: elaborado pelo autor (2017).

3.2.1 Etapa 1: Caracterização química e avaliação das propriedades tecnológicas da *Spirulina*

A caracterização química foi realizada através dos teores de proteínas, umidade, cinzas, lipídeos e carboidratos presente na biomassa de *Spirulina*. Também foi determinada a concentração de ficocianina no extrato de *Spirulina* com diferentes diluições conforme Tabela 1. Para o preparo do extrato utilizou 1,0 g de *Spirulina* e 30 mL de água, essa mistura foi submetida ao processo de congelamento e descongelamento por 3 ciclos de 3 em 3 horas, sendo 3 congelando e 3 descongelando (MORAES et al., 2007). Após a determinação da concentração de ficocianina foi realizada a avaliação da atividade emulsificante e estabilidade da emulsão em função da temperatura (50, 75 e 100°C).

As caracterizações químicas de proteína, umidade, cinzas e carboidratos da Biomassa de *Spirulina* foram realizadas conforme metodologia descritas nas Normas do Instituto Adolfo Lutz (2008). A determinação de lipídios na biomassa de *Spirulina* foi determinada pelo Método descrito por Folch et al., (1957).

O teor de carboidratos foi calculado por diferença, e foi calculado pela Equação 1.

$$\text{Carboidratos (\%)} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídeos} + \% \text{ cinzas}) \quad (1)$$

3.2.1.1 Avaliação das propriedades tecnológicas do extrato de *Spirulina*

Para realizar a caracterização das propriedades funcionais da *Spirulina* é necessário realizar a extração da ficocianina. A extração da ficocianina foi realizada por ciclos de congelamento e descongelamento com o objetivo de romper as células e consequentemente liberar a ficocianina. A determinação da concentração de ficocianina foi realizada no extrato de *Spirulina* e consistiu nas leituras de absorvância no comprimento de onda de 615 e 652 nm e expressa em mg de ficocianina por mL de extrato (Equação 5).

$$C_o \left(\frac{\text{mg fico}}{\text{mL}} \right) = \frac{\text{Abs}_{615} - 0,474 * (\text{Abs}_{652})}{5,34} \quad (2)$$

A avaliação das propriedades tecnológicas do extrato de *Spirulina* foi realizada através da determinação das atividades emulsificantes (AE) das emulsões preparadas com os extratos da microalga *Spirulina*. A AE determina se o extrato possui ou não capacidade emulsificante. As estabilidades das emulsões (ES) foram determinadas avaliando-se a AE ao longo do tempo e em função da realização de tratamentos térmicos nos extratos de ficocianina.

A Tabela 1 apresenta o delineamento experimental utilizado para avaliação das atividades emulsificantes e da estabilidade das emulsões. As atividades emulsificantes foram mensuradas através da mistura de 3,5 mL de extrato com 2 mL de óleo de milho, as emulsões foram submetidas aos tratamentos térmicos durante 5 minutos e 30 minutos e arrefecidas num banho de água durante 15 minutos. As misturas foram então homogeneizadas em vortex a 700 rpm por 1 minuto, sendo a atividade emulsificante calculada segundo a Equação 3, na qual CE é a altura da camada emulsionada e AT é a altura total do sistema.

$$AE (UE) = \frac{CE}{AT} \times 100 \quad (3)$$

A estabilidade das emulsões (ES) foi determinada ao longo do tempo. Após os tratamentos térmicos de 5 min ou 30 min (Tabela 1), os extratos foram arrefecidos num banho de água durante 15 minutos e utilizados para a formação de emulsões com óleo de milho por

agitação em vortex a 700 rpm por 1 minuto. Os valores de AE foram mensurados ao longo do tempo (24 h, 48 h, 72 h e 96 h) e a estabilidade das emulsões foi calculada comparando-se as AE dos tempos de 48 h, 72 h e 96 h com as AE do tempo de 24 h conforme a Equação 4.

$$ES (\%) = \frac{AE_{ti}}{AE_{24h}} \times 100 \quad (4)$$

Sendo:

AE: atividade emulsificante

ti: tempo de análise da estabilidade de emulsão (48, 72 ou 96 h)

Tabela 1 – Delineamento experimental utilizado para avaliação da atividade emulsificante e estabilidade das emulsões

Variáveis	Níveis testados
Diluição	SD
	1:10
	1:25
	1:50
	1:100
Tempo de Tratamento Térmico (min)	5
	30
Temperatura	50 °C
	75 °C
	100 °C
Tempo (h)	24
	48
	72
	96

Fonte: elaborado pelo Autor (2018).

*SD – sem diluição

3.2.2 Etapa 2: Desenvolvimento das formulações de sorvete e caracterização do sorvete

A metodologia de preparo e os níveis de concentrações dos ingredientes utilizados nas formulações dos sorvetes foram selecionadas após testes preliminares, levando-se em consideração metodologias e formulações de diversos estudos da literatura e testes preliminares realizados em nosso estudo. Foram realizados 12 testes de formulação com o objetivo de obter as formulações com as alterações como redução de açúcar e gordura e adição de inulina e *Spirulina*.

Para elaboração dos sorvetes, o leite em pó foi dissolvido na água aquecida a 60 °C e homogeneizados em liquidificador por 2 min, a essa mistura foi adicionado a glicose diluída em parte da água (aproximadamente 20%) e homogeneizou novamente, após, adicionou os ingredientes secos já misturados anteriormente para evitar a formação de grumos, e homogeneizou-se por 5 min para uma distribuição uniforme dos ingredientes dando início à fabricação da calda do sorvete. Em seguida, as caldas foram pasteurizadas a 75 °C por 15 minutos (Pasteurização lenta em banho maria), após pasteurização a mistura foi transferida para um béquer de plástico de 1 L e resfriada em banho de gelo sob constante agitação até 15 °C para que a cristalização das gotículas de gordura ocorresse de forma homogênea evitando a formação de grandes cristais de gelo. Os béqueres foram vedados com filme plástico e levados à maturação em refrigerador a 10 °C por 24 horas. Um tempo de maturação superior a 4 horas é recomendado antes do congelamento. Isto permite a hidratação das proteínas do leite, cristalização dos glóbulos de gordura e o rearranjo de membranas (GOFF, 1997).

A mistura foi mantida sob homogeneização durante todo o processo em agitador mecânico (nome do agitador) a 1200 rpm. De acordo Goff (1997), a agitação forma gotículas de gordura de tamanho mais homogêneo resultando em uma maior estabilidade dos glóbulos de gordura durante a maturação e conseqüentemente um produto final com uma textura macia e uniforme.

Após a maturação, as misturas foram submetidas ao processo de batimento e congelamento na sorveteira (Tramontina By Breville), com o movimento e a agitação constante, o ar foi incorporado à mistura que em seguida foi congelada, dando assim, origem ao sorvete. O produto foi armazenado em potes, previamente esterilizados, identificados com a descrição do conteúdo e congelados em freezer convencional a -20 °C, para que ocorresse o congelamento do restante da água evitando-se a formação de grandes cristais de gelo e para estabilização de todos os cristais formados durante o processo de congelamento.

A metodologia utilizada para a elaboração da calda e do sorvete estão apresentadas no Fluxograma da Figura 5.

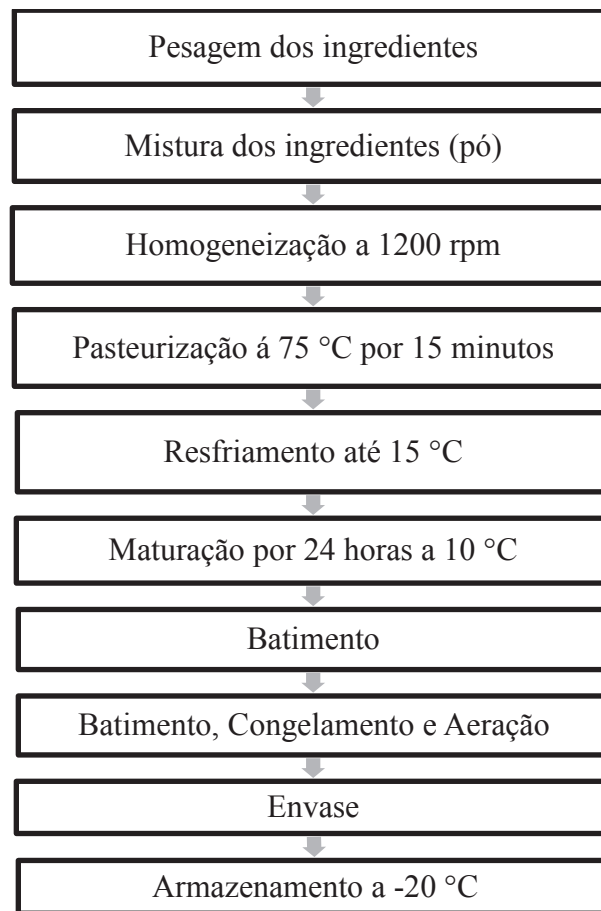
Tabela 2 – Formulações desenvolvidas com redução de açúcar e gordura, adição de inulina e *Spirulina*.

Formulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Água (mL)	400	400	400	400	400	400	400	142	172	400	400	181
Leite em pó desnatado (g)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Açúcar (g)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	67,5	67,5	67,5
Glicose (g)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	22,5	22,5	22,5
Liga neutra (g)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Topping (g)	15	15	-	-	15	-	-	-	-	15	-	-
Emustab (g)	10	10	-	-	10	-	-	-	-	10	-	-
Creme de leite (g)	200	100	200	100	100	200	100	200	100	100	100	100
Saborizante (g)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Inulina (g)	-	-	-	-	14,8	-	14,8	-	14,8	14,6	14,6	14,6
Spirulina em pó (g)	-	-	-	-	-	8,6	7,6	-	-	7,3	7,3	-
Extrato de ficocianina (mL)	-	-	-	-	-	-	-	258	228	-	-	219

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*. *Extrato de ficocianina (preparado com 1 g de *Spirulina* para 30 mL de água, seguido de congelamento e descongelamento (3 ciclos e filtração posterior)

Fonte: Autor (2018).

Figura 5 - Fluxograma de elaboração dos sorvetes.



Fonte: elaborado pelo Autor (2018).

3.2.3 Caracterização das formulações de sorvete

3.2.3.1 Determinação de pH

A determinação do pH foi feita através de um pHmetro digital (IAL, 2008).

3.2.3.2 Determinação de sólidos solúveis totais (SST)

O teor de sólidos solúveis totais dos sorvetes foi obtido por leitura direta em refratômetro e os valores expressos em °Brix (PRADO, 2009).

3.2.3.3 *Determinação de umidade e sólidos totais*

O teor de umidade e sólidos totais foram estimados por meio de aquecimento direto em estufa com circulação forçada de ar a 75 °C, até obtenção de peso constante (IAL, 2008).

3.2.3.4 *Determinação de cinzas*

A fração de cinzas foi obtida, gravimetricamente, avaliando-se a perda de peso do material submetido ao aquecimento a 550 °C em mufla (IAL, 2008).

3.2.3.5 *Determinação do teor de gordura*

A gordura foi determinada pelo método de extração de Rose Gottlieb, segundo a metodologia da IAL (2008).

3.2.3.6 *Determinação do teor de proteína bruta*

A proteína bruta foi obtida pela determinação do teor de nitrogênio total por destilação em aparelho MicroKjedahl (IAL, 2008), usando o fator 6,38 para cálculo da concentração de proteína em produtos lácteos.

3.2.3.7 *Carboidratos*

O teor de carboidrato totais foi calculado, em porcentagem, de acordo com a Equação 5:

$$\text{Carboidratos (\%)} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídeos} + \% \text{ cinzas}) \quad (5)$$

3.2.3.8 Comportamento reológico

Os ensaios para determinar as características reológicas das amostras foram realizados em um viscosímetro Brookfield (Viscometer LV DV2T), à temperatura de 10 °C simulando a temperatura do refrigerador utilizado na maturação. Utilizou-se o sensor cone placa (C35/1 Ti polido), com gap de 0,024 mm. As análises foram realizadas com 10 pontos de resultados para cada amostra. Obteve-se os valores de viscosidade (cP), Torque (%), velocidade (rpm), tempo (segundos) e temperatura (°C).

3.2.3.9 Overrun

A determinação do *overrun* foi determinada de acordo com o método descrito por Goff e Hartel (2004). Um volume definido da calda após a maturação foi pesado em um béquer de vidro de 50 mL, o valor foi anotado. Logo após o batimento e aeração do sorvete, o mesmo volume foi pesado no mesmo béquer, e o valor foi anotado. O *overrun* foi calculado conforme a Equação 6:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{\text{peso da mistura base do sorvete} - \text{peso do sorvete}}{\text{peso do sorvete}} \times 100 \quad (6)$$

3.2.3.10 Teste de derretimento (*melting test*)

O teste de derretimento das amostras foi determinado de acordo com o procedimento descrito por Granger et al. (2005), com modificações descritas a seguir. Amostras de sorvete de 100 mL, foram colocadas em congelador por 60 minutos e após isso, transferidas para tela metálica de abertura de 3,5 cm. A temperatura ambiente foi mantida a 25±1 °C e o volume de sorvete drenado foi registrado a cada cinco minutos. A partir dos dados obtidos, foram construídos gráficos de tempo em função do volume derretido. Foi utilizada regressão linear para determinar o tempo inicial de derretimento e a velocidade de derretimento a partir da intersecção da reta com o eixo x e a inclinação da reta, respectivamente. Registro fotográfico das amostras foram realizados a cada 10 min.

3.2.3.11 Textura

As análises de textura das formulações foram realizadas no texturômetro TA-XTplus (Stable Micro System) com Probe HDP/LKB (P/5S) e plataforma HDP/90.

Os testes foram realizados em triplicata para todas as formulações com uma velocidade de cisalhamento do probe de 2 mm/s e uma distância percorrida de 5 mm. Os dados foram capturados pelo programa Texture Expert Exceed – versão 2.6, gerando as curvas características do perfil de textura das análises determinando-se a força máxima requerida para o cisalhamento das amostras de sorvete de todas as formulações. Os testes foram realizados após o congelamento. As amostras foram colocadas em copos descartáveis de 50 mL que foram descartados antes da análise para não interferir na força exercida pelo Probe.

3.2.3.12 Cor: Índices de L^* , a^* e b^*

A avaliação da cor das amostras de sorvete foi determinada utilizando o colorímetro (UltraScan PRO HunterLab). Foram obtidos os valores de L^* (luminosidade) que variam de zero (preto) a 100 (branco) e coordenadas de cromaticidade $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho), e $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo).

3.2.3.13 Análise da estrutura microscópica do sorvete

As formulações de sorvete foram observadas em microscópio eletrônico em diferentes tamanhos de objetiva para obter a estrutura do sorvete. As amostras foram retiradas do congelador e colocadas na lamina e encobertas com a lamínula.

3.2.4 Análise microbiológicas dos sorvetes

Para garantir a sanidade do produto final, foram realizadas análises microbiológicas para Coliformes a 45 °C, Estafilococos coagulase positiva e *Salmonella* sp, e os resultados comparados com os parâmetros descritos na RDC n°12 de 02 de janeiro de 2001, conforme apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Padrões microbiológicos para gelados comestíveis.

Coliformes a 45 °C (NMP/mL)	Estafilococos coagulase positiva (UFC g/mL)	<i>Salmonella</i> sp
5x10	5x10 ²	Ausência em 25 g

Fonte: RDC n°12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

3.2.5 Etapa 3: Análise sensorial do sorvete

Foram selecionados provadores não treinados, que se declararam consumidores de sorvete, sendo que antes da degustação os mesmos foram instruídos a ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (Apêndice B), declarando-se não alérgicos aos componentes das formulações, permitindo o uso da informação prestada para seu devido fim e também possuidores do direito de desistir de participar a qualquer momento do teste. Os julgadores convidados para os testes deveriam ser: maior de idade (acima de 18 anos), de ambos os sexos e não apresentar alergia aos componentes das formulações. Foram recrutadas 50 pessoas para as análises, alunos e funcionários da Universidade de Passo Fundo - RS. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética com o n° 69511917.8.0000.5342.

3.2.5.1 Teste de aceitabilidade

Os testes afetivos têm finalidade de verificar a preferência geral de amostras. Para tanto, dentre os diferentes testes que compõem essa metodologia foi escolhido o afetivo – teste de aceitação, utilizando-se escala hedônica estruturada de nove pontos (ABNT, 1998), variando de “1” (desgostei extremamente) a “9” (gostei extremamente). Os atributos avaliados foram Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global.

A avaliação sensorial das formulações de sorvete desenvolvidos foi realizada em cabines individuais, durante o período matutino (09:00 as 11:00) e vespertino (14:00 as 17:00). Foram analisadas 4 amostras por dia, durante três dias. As amostras foram codificadas com números aleatórios de três dígitos, apresentados sob luz ambiente, distribuídas de forma balanceadas e oferecida a cada um dos provadores. As amostras de sorvete foram preparadas segundo as boas práticas de fabricação de produtos alimentícios, no laboratório de Leite do curso de Engenharia de Alimentos-UPF.

Os sorvetes estavam em temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento de servir, foram distribuídos em copos descartáveis brancos contendo em torno de 20 mL de amostra de sorvete, acompanhados de colher plástica. Foi solicitado aos provadores que consumissem entre uma amostra e a seguinte água para diminuir a interferência de sabor entre as amostras. As amostras foram servidas aos provadores seguindo os procedimentos indicados para uma análise sensorial. As amostras de sorvete foram apresentadas aos consumidores de forma monádica, aleatorizadas e codificadas (Apêndice C). As avaliações foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Centro de Pesquisa em Alimentação (CEPA) da Universidade de Passo Fundo.

Após provar cada amostra os julgadores preencheram as fichas de avaliação que estavam disponíveis em computadores postos em cada cabine individual. Para cada amostra o julgador respondia uma ficha online e submetia a resposta ao final.

3.2.5.2 *Análise descritiva Check-all-that-apply (CATA)*

A descrição sensorial dos sorvetes com o teor de açúcar e gordura reduzidos foi realizada por meio da metodologia *Check-all-that-apply* (CATA) ou (Marque tudo o que se aplica). Uma ficha contendo os termos descritivos e afetivos foi elaborada a partir de dados da literatura sobre caracterização descritiva de sorvetes.

A análise CATA foi realizada por 50 julgadores não treinados do teste de aceitação, como recomendado por Ares et al. (2014). Os consumidores foram orientados a marcar todos os termos que julgassem conveniente para caracterizar as amostras de sorvetes analisadas.

3.2.5.3 *Análise estatística dos dados*

Os resultados obtidos no teste de aceitação foram submetidos à análise estatística de variância (ANOVA) e ao teste Tukey para a verificação das diferenças entre as médias a um nível de significância de 5 % ($p < 0,05$).

Na avaliação dos resultados da metodologia descritiva CATA foi verificada a frequência de utilização de cada termo pelos avaliadores, por meio da contagem do número de julgadores que usaram determinado termo para descrever cada uma das amostras. A técnica multivariada da Análise de Componentes Principais (ACP) foi usada na tabela de frequência, contendo os diferentes tratamentos em linhas e os termos descritivos nas colunas. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa (*Statistic 5.5*).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA SECA DE *SPIRULINA PLATENSIS* E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS DO EXTRATO DE SPIRULINA

4.1.1 Caracterização da biomassa seca de *Spirulina platensis*

A biomassa seca de *Spirulina* utilizada foi obtida comercialmente, com composição química apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Composição química da biomassa de *Spirulina platensis*.

Biomassa de <i>Spirulina</i>	Quantidade (%)
Proteínas	63,2±0,65
Carboidratos	13,9±0,06
Lipídeos	8,8±0,20
Umidade	7,3±0,51
Cinzas	5,9±0,11

Resultados expressos como média e desvio padrão
Fonte: O autor (2018)

A biomassa apresentou elevado teor de proteínas (63%), apresentando potencial para incorporação em formulação de sorvete, cujo teor de proteínas é em torno de 4,1 g/100 g. Além do valor agregado e aumento do teor proteico do sorvete, a proteína da *Spirulina* também pode ser usada devido suas propriedades tecnológicas, como emulsificante natural. Estas proteínas apresentam interesse industrial na produção de alimentos emulsificados, pois contribuem para a firmeza das emulsões, aumentam sua estabilidade e conferem aos produtos maior valor nutritivo (RODRIGUES et al., 2015). As proteínas de *Spirulina platensis* apresentam avaliações nutricionais que revelam alta qualidade, comparável às proteínas vegetais, sendo uma fonte promissora de proteínas (BECKER, 2007).

O teor de carboidratos na biomassa foi de 14%, de acordo com Salla et al. (2016), os percentuais de proteínas e carboidratos são inversamente proporcionais. A combinação de carboidratos e proteínas melhora atributos funcionais dos produtos, como textura e sabor, essa mistura pode formar um sistema completo e além das propriedades comumente associadas também pode ser usado como um possível substituto de gordura na formulação do sorvete que

será elaborado. A adição da *Spirulina* em produtos alimentícios como o sorvete, que possui em sua formulação em torno de 22,2 g de carboidratos, pode contribuir para a redução desse teor sem afetar as propriedades funcionais como textura e maciez.

A quantidade de lipídios foi de 8%, segundo Silva (2008) e Derner (2006), esses lipídeos podem ser compostos de glicerol ou bases esterificadas e ácidos graxos poli-insaturados. O teor de gordura em sorvetes é em torno de 13 g/100 g, destes 8% de gordura saturada, o que faz com que esse produto alimentício se torne extremamente calórico.

A inserção da *Spirulina* em sorvete ou outros produtos alimentícios torna-o funcional, além de agregar valor, melhora o teor proteico e pode substituir e/ou reduzir o teor de gorduras fazendo com que esse produto se torne menos calórico.

4.1.1.1 Avaliação das propriedades tecnológicas do extrato de *Spirulina*

A avaliação das propriedades tecnológicas do extrato de *Spirulina* foi observada através da determinação da atividade emulsificante e determinação da estabilidade da emulsão formada. O extrato aquoso da *Spirulina*, obtido pela técnica de congelamento e descongelamento, apresentou 3,38 mg_{ficocianina}/mL de extrato, o equivalente a 101,4 mg_{ficocianina}/g de *Spirulina*. De acordo com a literatura, a *Spirulina platensis* apresenta cerca de 120 a 140 mg de ficocianina por grama de biomassa seca (ERIKSEN, 2008). Estudos sobre a estabilidade térmica verificaram que a ficocianina é estável até temperaturas inferiores a 45 °C. Portanto, se as células de *Spirulina* foram secas a temperaturas superiores a estas, pode ter havido desnaturação da ficocianina (COLLA et al., 2017; CHAIKLAHAN et al., 2012; MORAES et al., 2007).

Os extratos de *Spirulina* foram submetidos a diferentes tratamentos térmicos (50, 75 e 100 °C) por 5 e 30 min, em diferentes diluições (sem diluição – SD, diluições 1:10, 1:25, 1:50 e 1:100). Após cada tratamento a atividade emulsificante foi determinada, sendo também avaliada a estabilidade da emulsão por 24, 48, 72 e 96 h após os tratamentos.

Os resultados de atividade emulsificante e estabilidade das emulsões estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Atividades emulsificantes dos extratos de ficocianina submetidos a diluições e tratamento térmico, a diferentes temperaturas, obtidos após 5 minutos de tratamento térmico mensuradas nos tempos de 24 h a 96 h após a formação das emulsões.

TEMP. (°C)	DILUIÇÃO	Atividades emulsificantes (AE) em Unidades de emulsificação, após tratamento térmico de 5 min dos extratos			
		24h	48h	72h	96h
50	SD	45,0±2,7 ^{ab}	44,6±4,0 ^a	44,5±3,9 ^{ab}	44,0±5,8 ^a
	1:10	45,0±0,7 ^{ab}	43,6±1,1 ^a	38,8±6,8 ^a	38,4±9,2 ^a
	1:25	43,6±0,6 ^a	45,0±1,9 ^a	43,4±2,0 ^{ab}	42,5±1,2 ^a
75	SD	47,4±0,5 ^{ab}	47,1±0,8 ^a	47,1±0,2 ^{ab}	44,7±2,5 ^a
	1:10	43,6±3,3 ^a	41,9±5,2 ^a	42,6±0,6 ^{ab}	45,4±1,1 ^a
	1:25	44,9±3,1 ^{ab}	43,5±3,7 ^a	43,9±4,2 ^{ab}	39,5±3,1 ^a
100	SD	47,6±0,6 ^{ab}	46,7±1,1 ^a	45,8±0,3 ^{ab}	46,2±0,7 ^a
	1:10	49,7±1,9 ^b	49,5±1,8 ^a	48,9±1,1 ^b	45,8±2,2 ^a
	1:25	47,5±1,1 ^{ab}	41,8±1,3 ^a	39,5±3,1 ^a	40,7±0,3 ^a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença significativa
Fonte: O autor (2018)

Tabela 6 – Atividade emulsificante dos extratos de ficocianina submetidos a diluições e tratamento térmico em diferentes temperaturas, obtidos após 30 minutos de tratamento térmico mensuradas nos tempos de 24 h a 96 h após a formação das emulsões.

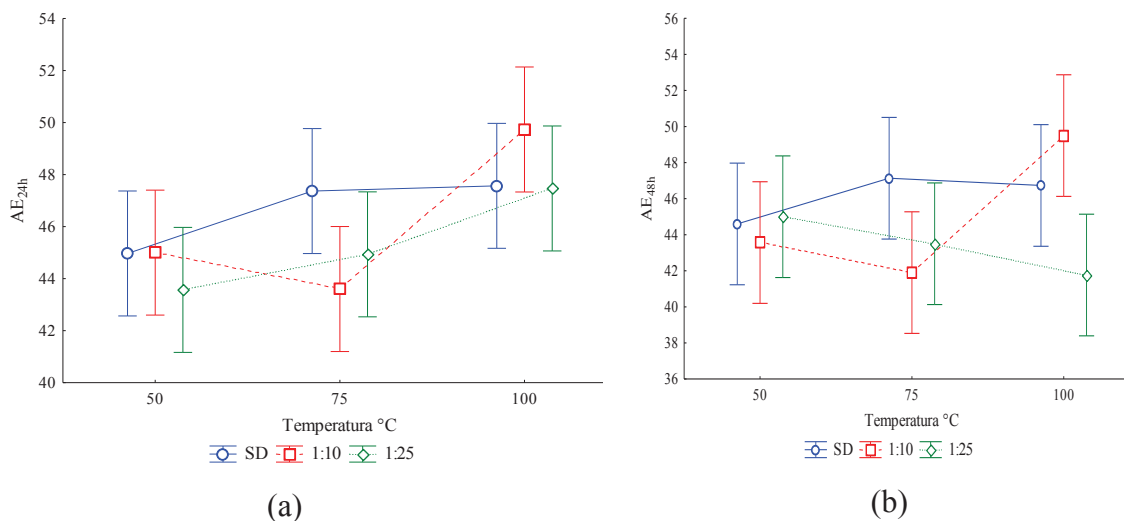
TEMP. (°C)	DILUIÇÃO	Atividades emulsificantes (AE) em Unidades de emulsificação, após tratamento térmico de 30 min dos extratos			
		24h	48h	72h	96h
50	SD	47,7±0,9 ^{def}	46,9±1,8 ^{cd}	44,8±2,0 ^{cde}	45,4±2,8 ^a
	1:10	44,9±0,2 ^{bcd}	44,3±0,8 ^{bc}	44,1±0,8 ^{bcde}	40,8±6,6 ^a
	1:25	42,6±0,4 ^{ab}	42,1±1,4 ^e	40,5±0,1 ^{abc}	40,6±0,7 ^a
75	SD	46,9±0,6 ^{cde}	46,4±1,2 ^{cd}	44,8±1,6 ^{cde}	44,8±3,6 ^a
	1:10	44,7±1,0 ^{bcd}	43,8±1,2 ^{abc}	36,2±5,6 ^a	35,4±0,6 ^a
	1:25	39,8±2,5 ^a	39,7±1,9 ^a	38,2±1,3 ^{ab}	35,6±3,7 ^a
100	SD	51,0±0,9 ^f	50,2±1,3 ^d	50,1±0,6 ^e	49,6±0,9 ^a
	1:10	48,9±1,9 ^f	49,0±2,1 ^d	47,7±2,2 ^{de}	48,2±1,6 ^a
	1:25	43,9±1,1 ^{bc}	43,8±1,1 ^{abc}	43,1±0,9 ^{bcd}	42,4±0,7 ^a

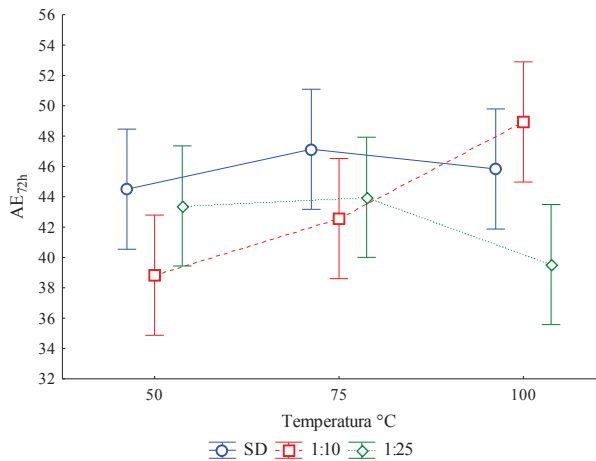
Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença significativa
Fonte: O autor (2018)

Os extratos de ficocianina apresentaram atividade emulsificante independente dos tratamentos térmicos e diluições. Segundo Sgarbieri (1996), em temperatura acima de 85 °C ocorre a desnaturação das proteínas, o desenrolamento das cadeias peptídicas torna a cadeia da proteína mais esticadas, o que causa aumento da viscosidade das proteínas e modificações nas suas propriedades químicas. Geralmente, a desnaturação causa insolubilização das proteínas, pode causar também a perda de algumas propriedades funcionais, no entanto, em alguns casos a desnaturação é desejável. Por exemplo, a gelificação de uma proteína pelo calor, só acontece se houver previa desnaturação térmica.

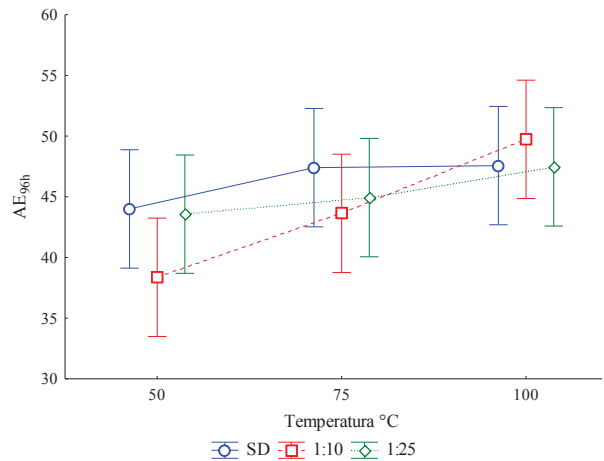
A análise de variância dos dados de atividade emulsificante no tempo de 24 h indicou que a diluição e a temperatura de tratamento térmico foram significativas ($p < 0,01$) sobre a atividade emulsificante. A interação das variáveis diluição e tempo também apresentou efeito significativo sobre a variável de resposta. As Figuras 6 a 7 apresentam os efeitos de interação da diluição e da temperatura após o tempo de tratamento térmico sobre a AE nos tempos de avaliação de 24, 48, 72 e 96 ho, respectivamente.

Figura 6 – Efeito da temperatura e diluição sobre a atividade emulsificante nos tempos de 24 (a), 48 (b), 72 (c) e 96 (d) h, após 5 minutos de tratamento térmico.





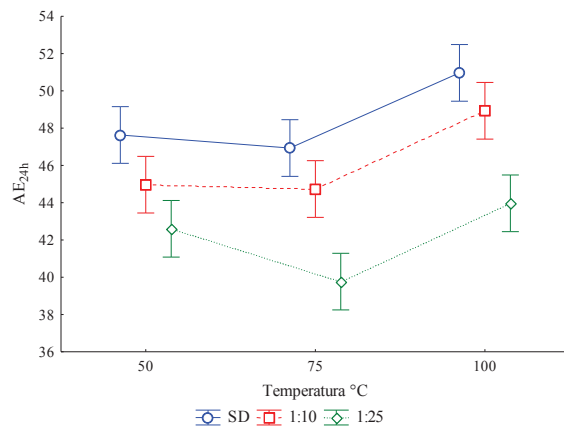
(c)



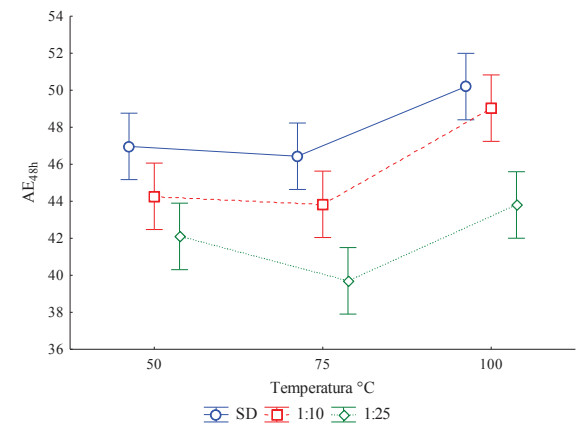
(d)

Fonte: O autor (2018)

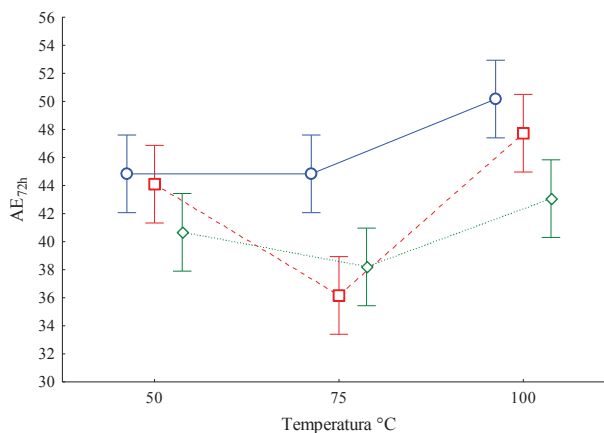
Figura 7 – Efeito da temperatura e diluição sobre a atividade emulsificante nos tempos de 24 (a), 48 (b), 72 (c) e 96 (d) h, após 30 minutos de tratamento térmico.



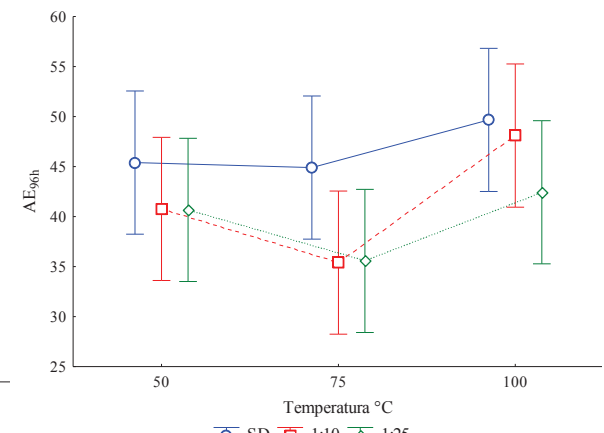
(a)



(b)



(c)



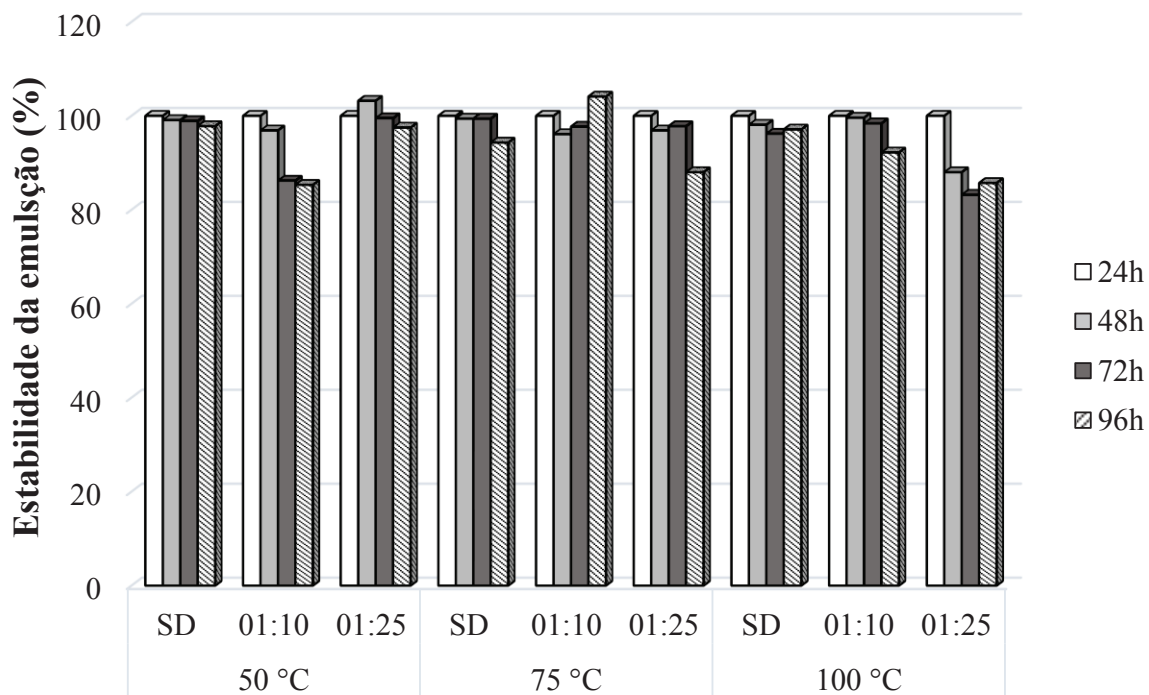
(d)

Fonte: O autor (2018)

Verifica-se na Figura 7, que a temperatura de tratamento térmico tem um efeito positivo sobre a atividade emulsificante da proteína (ficocianina), possivelmente devido à necessidade de maiores quantidades de energia necessárias para romper as ligações que estabilizam a estrutura (ligações de hidrogênio), promovendo maiores desnaturações em temperaturas próximas a 100 °C. Isto indica que a adição de extratos de ficocianina no preparo das caldas dos sorvetes posterior pasteurização da mesma, pode promover o aumento da atividade emulsificante da ficocianina. Em relação aos efeitos da diluição e do tempo de tratamento térmico (Figura 7), verifica-se que o extrato diluído 25x perde atividade emulsificante à medida que aumenta o tempo de tratamento térmico. Para os extratos não diluídos ou diluídos 10x, verifica-se que o tempo de tratamento térmico de 5 min ou 30 min, não apresentaram efeito negativo sobre a atividade emulsificante em 24 (a), 48 (b), 72 (c).

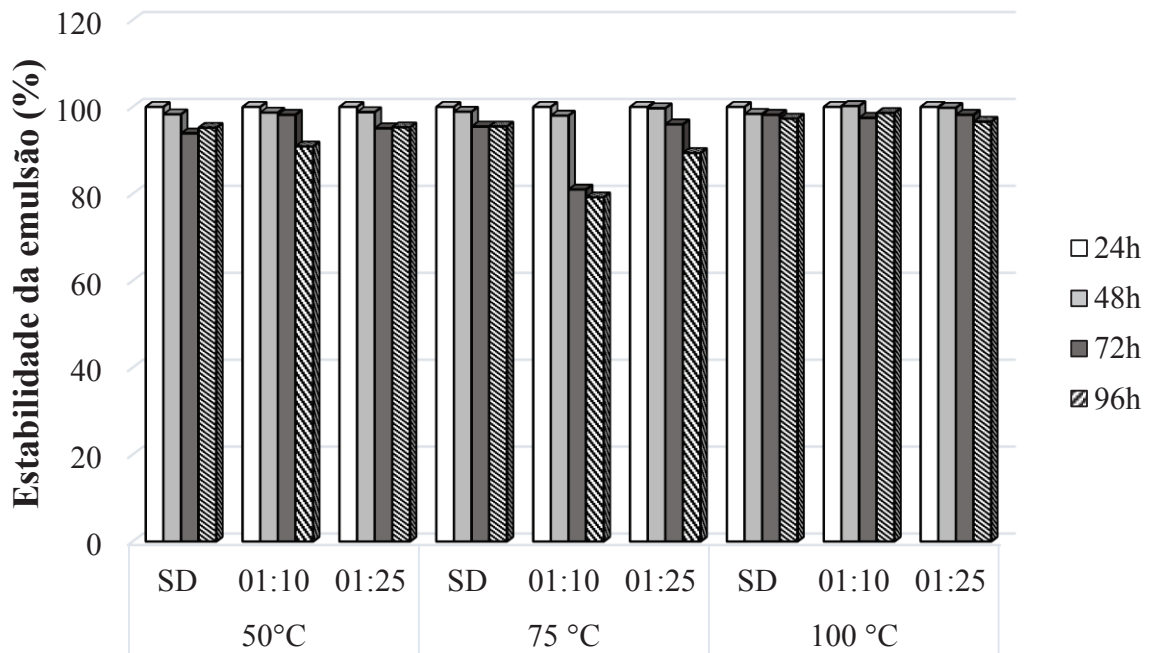
As Figuras 8 e 9 apresentam os valores da estabilidade da emulsão nos tempos de 24, 48, 72 e 96 horas e diferentes tempos de tratamento térmico.

Figura 8: Estabilidade da emulsão dos extratos de ficocianina submetidos a diluições e tratamento térmico em diferentes temperaturas, obtidos após 5 minutos de tratamento térmico mensuradas nos tempos de 24 h a 96 h após a formação das emulsões.



Fonte: O autor (2018)

Figura 9: Estabilidade da emulsão dos extratos de ficocianina submetidos a diluições e tratamento térmico em diferentes temperaturas, obtidos após 30 minutos de tratamento térmico mensuradas nos tempos de 24 h a 96 h após a formação das emulsões.



Fonte: O autor (2018)

Após 24 h de formação da emulsão, os extratos se mantiveram estáveis, apresentando 100% de estabilidade. As emulsões formadas nos extratos apresentaram uma pequena diminuição da estabilidade nos tempos analisados.

Lupatini (2016), demonstrou em seu estudo que extratos proteicos de *Spirulina* podem apresentar propriedades tecnológicas importantes como capacidade de absorção de água, capacidade de formação de espuma, estabilidade da espuma, capacidade de formação de emulsão e estabilidade da emulsão.

As propriedades funcionais da *Spirulina platensis* são importantes do ponto de vista tecnológico podendo ser aplicada como ingredientes alimentares, contribuindo com o processamento e características funcionais de diferentes alimentos (LUPATINI, 2016).

4.2 ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS FORMULAÇÕES DE SORVETE

A partir de uma formulação de referência (F1) desenvolvida a partir de testes preliminares (dados não mostrados), foram feitas as alterações dos ingredientes para obtenção da redução de gordura e açúcar, adicionando-se *Spirulina*, extrato de *Spirulina* (ficocianina) e inulina, resultando em 12 formulações, conforme mostrado na Tabela 2.

4.2.1 Caracterização físico-química dos sorvetes

A Tabela 7 apresenta os resultados para pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável e sólidos totais. O pH dos sorvetes analisados variou de 6,69 a 7,26, havendo diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as formulações.

A acidez total titulável das formulações de sorvete é um parâmetro normalmente influenciado pelo sabor empregado na formulação, sendo que sorvetes de frutas normalmente possuem acidez diferenciada de sorvetes de creme (LAMOUNIER, 2012; RUFINO, 2009). A acidez titulável mede o teor de ácido láctico presente nas formulações de sorvete. As formulações apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a este parâmetro.

Tabela 7: Valores de pH, °Brix (Sólidos solúveis totais), Acidez titulável e Sólidos Totais dos sorvetes.

Formulações	Sólidos Totais (%)*	Acidez titulável mg de ácido láctico/100g *	Sólidos Solúveis Totais (°Brix) *	pH *
1	33,01-9 ± 0,07 ^{ab}	0,59 ± 0,07 ^b	35,76 ± 0,33 ^a	6,98 ± 0,03 ^{de}
2	37,60 ± 0,08 ^{ab}	0,43 ± 0,04 ^{ab}	43,96 ± 0,48 ^e	6,85 ± 0,05 ^{bcd}
3	35,80 ± 0,4 ^a	0,45 ± 0,05 ^{ab}	38,66 ± 0,33 ^b	6,81 ± 0,02 ^{abc}
4	38,93 ± 0,34 ^b	0,45 ± 0,04 ^{ab}	43,66 ± 0,33 ^e	6,79 ± 0,02 ^{ab}
5	39,63 ± 0,39 ^{ab}	0,37 ± 0,02 ^a	41,76 ± 0,38 ^{cd}	6,93 ± 0,02 ^{bcde}
6	36,93 ± 0,21 ^a	0,50 ± 0,05 ^{ab}	41,93 ± 0,48 ^{cd}	7,26 ± 0,03 ^f
7	40,08 ± 0,07 ^b	0,41 ± 0,007 ^{ab}	44,56 ± 0,23 ^e	6,96 ± 0,02 ^{cde}
8	38,62 ± 1,47 ^{ab}	0,38 ± 0,007 ^a	40,30 ± 0,30 ^c	6,69 ± 0,06 ^a
9	39,46 ± 0,03 ^{ab}	0,41 ± 0,01 ^{ab}	43,40 ± 0,35 ^{de}	6,97 ± 0,02 ^{cde}
10	36,47 ± 0,06 ^a	0,45 ± 0,02 ^{ab}	41,01 ± 0,02 ^d	7,03 ± 0,02 ^e
11	36,60 ± 0,04 ^a	0,54 ± 0,04 ^{ab}	41,01 ± 0,02 ^d	7,09 ± 0,02 ^e
12	37,91 ± 0,88 ^{ab}	0,43 ± 0,01 ^{ab}	43,93 ± 0,03 ^e	6,98 ± 0,02 ^{de}

*Resultado expresso como média ± desvio padrão. Nos valores dos resultados seguidos de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).
Fonte: O autor (2018)

Quanto aos parâmetros de sólidos solúveis totais (SST), expressos em °Brix, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as formulações F2, F4, F7 e F12, as quais apresentaram maiores quantidades de sólidos solúveis de 43,96, 43,66, 44,56 e 43,93 °Brix, respectivamente. As formulações 10, 11 e 12, com redução de açúcar e glicose, apresentaram elevados SST devido a adição de inulina e *Spirulina*, que compensaram os sólidos, pois contêm sólidos solúveis em sua composição.

A acidez total titulável das formulações de sorvete é um parâmetro normalmente influenciado pelo sabor empregado na formulação, sendo que sorvetes de frutas normalmente possuem acidez diferenciada de sorvetes de creme (LAMOUNIER, 2012; RUFINO, 2009). A acidez titulável mede o teor de ácido láctico presente nas formulações de sorvete. As formulações apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a este parâmetro.

Foi possível observar que os resultados encontrados para sólidos totais se apresentam dentro dos valores estipulados pela Legislação Brasileira, onde estabelece que formulações de sorvete devem possuir concentrações mínimos de 28 % de sólidos totais de produto final (BRASIL, 2000). As formulações de sorvete apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos teores de sólidos totais. De acordo Goff e Hartel (2013) a composição padrão para um sorvete é de 28 a 40% de sólidos totais. Comparando os resultados, apenas com relação ao teor de sólidos totais que variou entre 36,93 a 40,70% as formulações atendem as orientações propostas pelos autores. As formulações 4 e 7 foram as que apresentaram os maiores valores de sólidos totais de 40,70 e 40,53%, respectivamente, em contraposição com as amostras 3, 6, 10 e 11, ao aumentar ou diminuir o teor de gordura, ocorre o mesmo com o teor de sólidos totais, demonstrando assim que são proporcionais (SILVA JUNIOR, 2008; MILLIATI, 2013). A importância do teor de sólidos totais, é que estão diretamente relacionados à palatabilidade do sorvete, pois, influenciam quanto a intensidade e o tempo de permanência do sabor na boca e aumento da viscosidade (ORDÓNEZ, 2005).

Estudos realizados por Trgo, Koxholt e Kessler (1999), pesquisando o efeito do teor de sólidos sobre o comportamento de sorvetes encontraram que a redução no conteúdo de matéria seca resultou em aumento na temperatura de congelamento e alterou o comportamento do produto durante o endurecimento, devido a modificações na entalpia de solidificação.

A Tabela 10 apresenta a composição química das amostras de sorvete em relação aos teores de proteína, umidade, cinzas, carboidratos totais e lipídeos. Foi possível observar que os resultados encontrados para gordura, se apresentam dentro dos valores estipulados pela Legislação Brasileira, onde estabelece que formulações de sorvete devem possuir concentrações mínimas de 2,5 % de produto final para gordura láctea (BRASIL, 2005). Esses

valores dentro dos parâmetros são considerados indispensáveis para obter um produto final de boa qualidade, pois representam características importantes. As formulações 1 e 2 apresentaram os maiores valores de gordura ($p > 0,05$), devido a adição de topping e emustab, que são constituídos basicamente de gordura. Enquanto que as formulações 4, 5, 7, 9, 10, 11 e 12 apresentaram os menores ($p < 0,05$) percentuais de gordura (2,59 a 3,86%) em função da redução de 50% do teor de gordura e exclusão de topping e emustab. Segundo classificação internacional, o sorvete light é aquele que apresenta um mínimo de 25% de redução do teor de gorduras comparado ao produto referência (IDFA, 2012), e tal classificação permite que os sorvetes desenvolvidos integrem esta categoria.

Em relação ao conteúdo de gordura, este geralmente é elevado em sorvetes em comparação com outros macros nutrientes. O tipo e a quantidade de gordura influenciam as características do sorvete resultante, modificando suas propriedades (LAMOUNIER, 2012; GOFF, 2018). A gordura favorece a qualidade do sorvete por melhorar suas características sensoriais, proporcionando melhor sabor e textura, maciez e cremosidade, também contribui para a resistência à fusão do sorvete (MÉNDEZ-VELASCO; GOFF, 2012).

Tabela 8: Composição centesimal em base seca para as diferentes formulações de sorvetes.

Formulações	Proteínas (g/100g) *	Umidade (%)*	Cinzas (g/100g) *	CHO + fibras (g/100g) *	Gordura (g/100g) *
1	2,29 ± 0,03 ^a	66,99 ± 3,41 ^c	1,20 ± 0,02 ^a	22,63 ± 6,32 ^a	6,72 ± 0,85 ^c
2	2,30 ± 0,06 ^a	62,40 ± 0,15 ^{bc}	2,27 ± 1,02 ^a	27,76 ± 1,66 ^{ba}	5,33 ± 0,25 ^{bc}
3	2,37 ± 0,06 ^{ab}	64,20 ± 0,01 ^{bc}	1,17 ± 0,01 ^a	28,26 ± 0,39 ^{ba}	3,95 ± 0,15 ^{ab}
4	2,61 ± 0,04 ^{abc}	61,07 ± 0,06 ^b	1,51 ± 0,06 ^a	32,18 ± 0,19 ^b	2,59 ± 0,21 ^a
5	2,54 ± 0,06 ^{abc}	36,04 ± 0,05 ^a	1,28 ± 0,03 ^a	57,12 ± 0,34 ^c	2,90 ± 0,16 ^a
6	2,52 ± 0,05 ^{ab}	37,48 ± 0,12 ^a	1,30 ± 0,04 ^a	54,81 ± 0,91 ^c	3,76 ± 0,43 ^{ab}
7	2,85 ± 0,03 ^{abc}	59,92 ± 0,09 ^b	1,45 ± 0,06 ^a	32,24 ± 0,33 ^b	3,42 ± 0,12 ^a
8	2,79 ± 0,06 ^{abc}	36,61 ± 0,06 ^a	1,37 ± 0,04 ^a	54,96 ± 0,34 ^c	4,29 ± 0,15 ^{ab}
9	2,77 ± 0,05 ^{abc}	60,05 ± 1,1 ^b	1,07 ± 0,35 ^a	32,86 ± 1,52 ^b	3,12 ± 0,04 ^a
10	3,03 ± 0,03 ^c	63,53 ± 0,04 ^{bc}	1,29 ± 0,07 ^a	28,17 ± 0,15 ^{ba}	3,86 ± 0,09 ^{ab}
11	2,76 ± 0,3 ^{abc}	63,40 ± 0,13 ^{bc}	1,49 ± 0,03 ^a	29,55 ± 0,94 ^b	2,68 ± 0,09 ^a
12	3,00 ± 0,03 ^{bc}	38,31 ± 0,24 ^a	1,59 ± 0,02 ^a	53,46 ± 0,93 ^c	3,51 ± 0,58 ^a

*Resultado expresso como média ± desvio padrão. Nos valores dos resultados seguidos de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: O autor (2018)

Nas formulações as quais foram incorporados 1% de *Spirulina*, que tem em sua composição 63% de teor de proteína, é possível perceber um aumento do valor proteico final. Entre a formulação 1 (2,29 g/100g) e a formulação 10 (3,03 g/100g) que apresentou maior teor de proteínas, houve um aumento de mais de 30%. Entretanto, segundo a RDC nº 54 de 2012 (BRASIL, 2012) a qual trata o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar para ser considerado um produto fonte de proteína o produto precisa de 6 g/100g, portanto, como os valores de proteínas variaram entre 2,29 a 3,03 g/100g as formulações de sorvete desenvolvidas não podem ser consideradas como fonte de proteína. Entretanto, pode-se considerar o efeito do aumento das proteínas ocasionado pela adição de biomassa de *Spirulina* sobre o desenvolvimento da estrutura do sorvete, inclusive para emulsificação, aeração e desenvolvimento de corpo. A capacidade de retenção de água das proteínas conduz à melhoria da viscosidade da mistura, a retenção da água é importante, pois, quanto menor a quantidade de água livre no produto, menor será a quantidade e o tamanho dos cristais de gelo formados (SOUZA et al., 2010; KINSELLA, 1984). Além disso, a adição de biomassa de *Spirulina* pode contribuir para o aumento do fornecimento de micronutrientes e vitaminas, entretanto essa avaliação não foi foco principal de nosso estudo.

Os teores de umidade das formulações de sorvete, diferiram significativamente ($p < 0,05$). O maior teor de umidade foi observado na formulação 1 em função da menor concentração de sólidos quando comparado com as outras formulações.

Para os teores de cinzas nas formulações de sorvete, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as formulações de sorvete desenvolvidas.

Em relação aos teores de carboidratos não existem valores estabelecidos pela legislação e nas formulações de sorvete analisados foram quantificados entre 22,63 e 57,12 g/100g, diferindo ($p < 0,05$) entre as amostras. É possível observar uma diferença entre as formulações que não foram adicionadas de inulina para as que foram adicionadas como as formulações 5, 7, 9, 10, 11 e 12, indicando assim, a presença de fibras nestas formulações. As fibras são importantes agentes que influenciam na flora do trato gastrointestinal de humanos. Para um alimento ser considerado fonte de fibras é necessário que o mesmo tenha no mínimo de 3 g/100g de fibras em sua composição (BRASIL, 1998). O enriquecimento dos sorvetes com inulina e *Spirulina*, difere dos sorvetes comercializados no mercado, tornando-os uma boa opção como fonte de fibras na dieta alimentar do dia a dia do consumidor. Além das fibras promovidas pela adição de 2% de inulina, o sorvete também possui antioxidantes, ácidos graxos polinsaturados, minerais e vitaminas devido a adição de 1% de *Spirulina*.

Em relação à composição química dos sorvetes em estudo, várias pesquisas vão ao encontro dos resultados obtidos. Ao desenvolver iogurte adicionado de inulina e sucralose, Bortolozo e Quadros (2007), obtiveram o melhor resultado no ensaio cuja concentração de inulina era de 5% e de sucralose 0,05%. Os autores concluíram que os objetivos propostos foram atingidos, obtendo-se um produto de boa aceitação, baixa concentração energética, isento de gorduras e rico em fibras solúveis, podendo ser classificado como um produto para fins especiais e produto funcional.

Embora na composição final do sorvete os emulsificantes entram com quantidades mínimas com relação aos demais ingredientes, seu papel é fundamental para determinar a consistência adequada, textura e cremosidade.

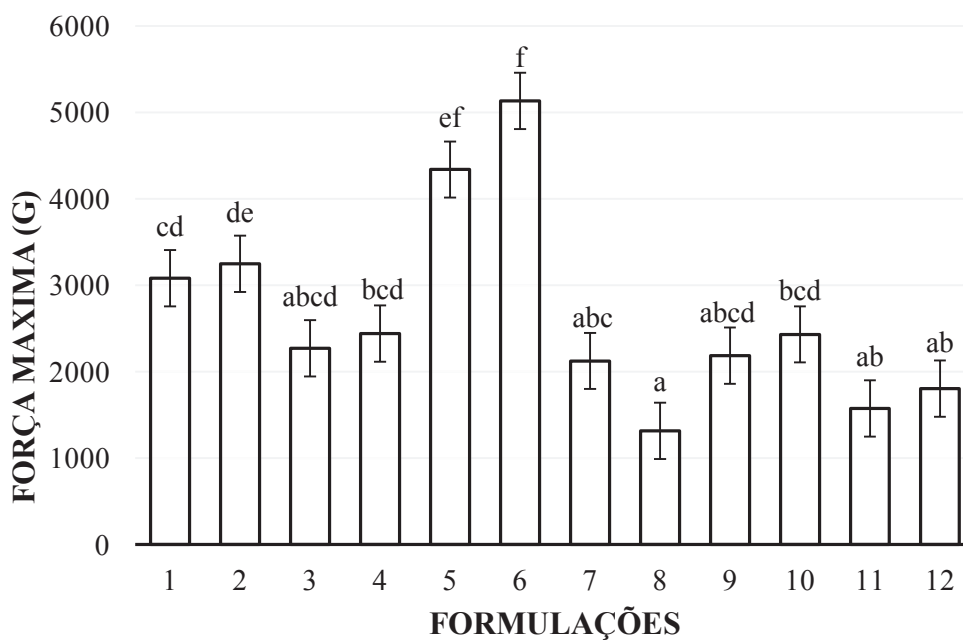
De acordo com Souza et al. (2010), os estabilizantes são usados em pequenas quantidades (0,1-0,5%) na mistura de sorvete. A utilização dos estabilizantes no sorvete tem por objetivo evitar o crescimento de cristais de gelo e de lactose. Os estabilizantes, também, melhoram as propriedades de batimento, aumentam a viscosidade da calda, contribuem para o melhoramento do corpo e textura do produto final.

4.2.1. Características físicas das formulações de sorvete

4.2.1.1 Análise de textura

A análise de textura determinou a firmeza das formulações de sorvetes. A firmeza foi medida como o pico da força máxima (g) necessária ao cisalhamento requerido para “cortar” o sorvete, simulando uma colher. Os resultados obtidos nas análises de textura, para as formulações de sorvetes são observadas na Figura 10.

Figura 10: Resultados das análises de textura das formulações de sorvetes.



1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*.. *Resultados expressos como média e desvio padrão. Resultados com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: O autor (2018)

A firmeza indica a rigidez estrutural do produto, ou seja, quanto mais firme a amostra maior a força necessária para cisalhá-la. A desejável leveza do sorvete pode ser relacionada com sua firmeza, sendo que o produto mais leve, apresentará menor firmeza, ou seja, menor força necessária para seu cisalhamento (AIME et al., 2001; SILVA, 2004).

De acordo com os resultados, a Formulação 8 apresenta uma força máxima necessária para cisalhamento menor que as demais formulações. Isto indica que a Formulação 8, que tinha em sua composição o extrato de ficocianina, apresentou uma massa mais macia. Já a formulação 6, com adição de *Spirulina* e sem adição de inulina mostrou uma força máxima necessária para cisalhamento maior que as demais formulações, apresentando uma massa mais firme. Ambas formulações, 6 e 8, apresentaram diferença significativas entre si ($p < 0,05$) e também se diferenciaram da maioria das demais formulações.

A textura firme na Formulação 6 pode ser explicada pela falta de emulsificante, a adição de *Spirulina* somente é insuficiente para que esta atue como emulsificante, pois embora a ficocianina esteja presente na biomassa, esta não foi extraída pelo processo de congelamento e descongelamento. Já a formulação 8, embora não tenha sido adicionada dos emulsificantes comumente adicionados em sorvetes, apresentava a adição de ficocianina, demonstrando que está atuou como emulsificante no sorvete.

4.2.1.2 Análise de viscosidade

A Tabela 9 apresenta os resultados referentes à viscosidade das formulações de sorvetes. Aime et al., (2001), realizaram análises sensoriais e instrumentais de viscosidade e textura em quatro formulações de sorvetes de creme com diferentes percentuais de gordura, sendo as formulações com quantidade regular de gordura (10%), sorvete *light* (5%), sorvete com baixa quantidade de gordura (2,5%) e sorvete sem gordura (0,4%). Os autores obtiveram valores de viscosidade menores que um para as amostras, variando de 0,37 a 0,66, caracterizando comportamento pseudoplástico.

Tabela 9: Valores de viscosidade das formulações de sorvetes analisadas em diferentes velocidades.

Velocidade (RPM)	Formulações											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
70	1,11	0,73	0,23	0,24	0,18	0,44	0,47	0,48	0,41	0,47	0,62	0,57
80	1,00	0,67	0,22	0,23	0,18	0,42	0,44	0,45	0,38	0,44	0,58	0,54
90	0,91	0,65	0,21	0,22	0,17	0,39	0,42	0,42	0,36	0,42	0,56	0,51
100	0,84	0,61	0,19	0,21	0,16	0,37	0,40	0,42	0,34	0,39	0,53	0,48

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*. *Resultados expressos como média e desvio padrão. Resultados com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: O autor (2018)

Kaya e Tekin (2001) estudaram o efeito de diferentes concentrações de um estabilizante natural na reologia de duas misturas de sorvete típicas da Turquia. Sendo uma mistura à base de leite e outra à base de água. Os ensaios foram realizados nas temperaturas de 10 °C, 20 °C, 30 °C, 40 °C e 50 °C. Os autores encontraram comportamento pseudoplásticos nas diferentes temperaturas utilizadas. Os índices de comportamento de diferentes misturas de sorvete a base de leite variaram de 0,77 a 0,96 cP, ao longo das diferentes temperaturas.

Nas diferentes misturas de sorvetes a base de água, a viscosidade variou de 0,85 a 1,01 cP, nas diversas temperaturas de ensaio. As propriedades reológicas da maioria dos sorvetes têm sido descritas como pseudoplásticas (GOFF e DAVIDSON, 1992, apud AIME et al., 2001).

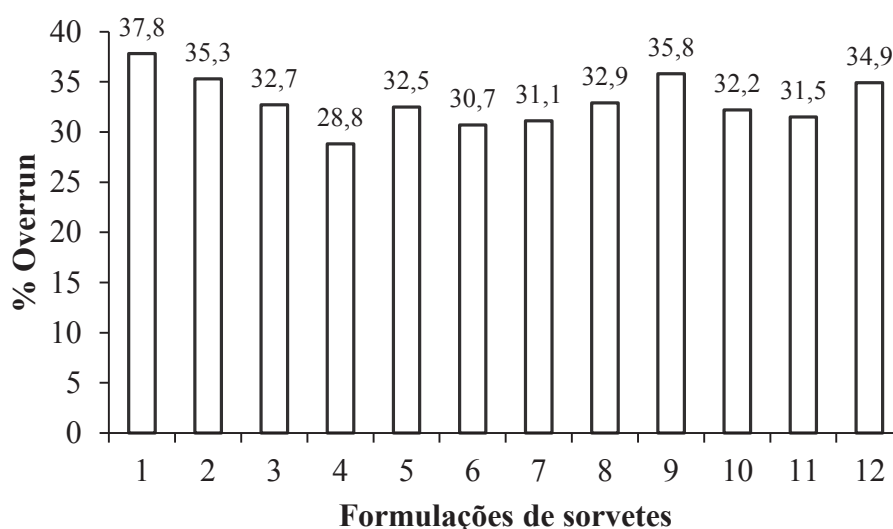
4.2.1.3 Overrun

O overrun é definido como o aumento percentual do volume de sorvete (produto final) em relação à calda ou mistura (produto inicial), ou seja, a quantidade de ar incorporado durante o processo de batimento e congelamento simultâneo da calda para obtenção do sorvete (CRUZ et al., 2011). Os valores calculados de overrun das formulações de sorvete podem ser observados na Figura 10.

A incorporação de ar nos sorvetes proporciona uma textura leve e pode influenciar nas propriedades físicas de textura e de derretimento. No entanto, a qualidade desses parâmetros não é influenciada apenas pela quantidade de ar incorporado no produto, mas também pela distribuição e pelo tamanho das partículas de ar. Diante da complexidade da estrutura sorvete, a fabricação requer controle cuidadoso, pois inúmeros fatores estão envolvidos no desenvolvimento do overrun do sorvete (SOFJAN; HARTEL, 2004; XINYU et al., 2010).

Silva Junior e Lannes (2011), observaram incorporação de ar entre 35% e 40% em sorvetes formulados com xarope de glicose e gordura de palma em substituição da sacarose e da gordura hidrogenada. Em geral, sorvetes são comercializados em unidades de volume. Portanto, a aeração é um recurso que diminui o custo destes alimentos.

Figura 10: Valores de rendimento (% overrun) das formulações de sorvetes durante a etapa de batimento/congelamento parcial dos sorvetes.



1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*.

Fonte: elaborado pelo Autor (2018).

Os valores encontrados são próximos aos valores encontrados por outros autores. No presente trabalho, as porcentagens de overrun (%) das diferentes formulações de sorvetes mostradas na Figura 9 variaram entre 37,8 e 28,8%. O maior valor de overrun obtido foi de 37,8% para a Formulação 1, a qual não teve adição de inulina e *Spirulina* e não sofreu redução de gordura. A Formulação 4 foi a que apresentou o menor valor (28,8%) de *overrun* em função de não ter sido adicionada de de topping e emulsificante e ainda apresentar redução de 50% de gordura.

A porcentagem de incorporação de ar diminui conforme diminui o teor de gordura e se retira o emulsificante. Entretanto, ao adicionar a inulina, *Spirulina* e a ficocianina, estas contribuíram para a incorporação de ar. É possível perceber a ação da adição da inulina e da ficocianina nas Formulações 9 e 12, que obtiveram valores mais elevados de *overrun* de 35,8 e 34,9%, respectivamente, em comparação à Formulação 4.

As reduções de açúcar (Formulação 12 – 25% de redução de açúcar), adição de inulina (formulação 5 – 2% de inulina), adição do extrato de ficocianina com inulina (Formulações 9 e 12 – 1% de extrato e 2% de inulina) ou adição de extrato de ficocianina (Formulação 8 – 1% de extrato), ocasionaram aumento na incorporação de ar, melhorando desta forma o *overrun*. A adição de inulina e ficocianina contribuíram para que as texturas (Figura 8) ficassem mais suaves e conseqüentemente obtivesse melhores taxas de incorporação de ar. Estes ingredientes adicionados em conjunto, atuam como substituto de açúcar e emulsificante, fornecendo corpo aos produtos com redução de açúcar e gordura e, conseqüentemente, melhoram a viscosidade (Tabela 11) possibilitando uma maior incorporação de ar.

Em estudo realizado por Akin et al. (2007) também foi verificado um aumento do *overrun* de sorvetes quando suplementados com 2% de inulina. Aykan et al. (2008) utilizaram inulina e substituto de gordura para a fabricação de sorvetes de baunilha com diferentes teores de gordura e verificaram seus efeitos sobre as características de textura dos produtos. Os sorvetes com substitutos de gordura apresentaram maior viscosidade que o controle, devido à capacidade dos carboidratos e proteínas se ligarem com a água.

Segundo Goff (2018), os valores de *overrun* variam de 25 a 50% em produtos premium de alta qualidade, e de 110 a 120% em marcas econômicas. A agitação e aeração induzem uma desestabilização ou coalescência parcial da emulsão de gordura, fazendo com que alguns glóbulos de gordura sejam absorvidos e estabilizar as interfaces da bolha de ar e, também, proporcionam com que alguns dos glóbulos de gordura desenvolvam uma rede de partículas de gordura em toda a fase descongelada do sorvete.

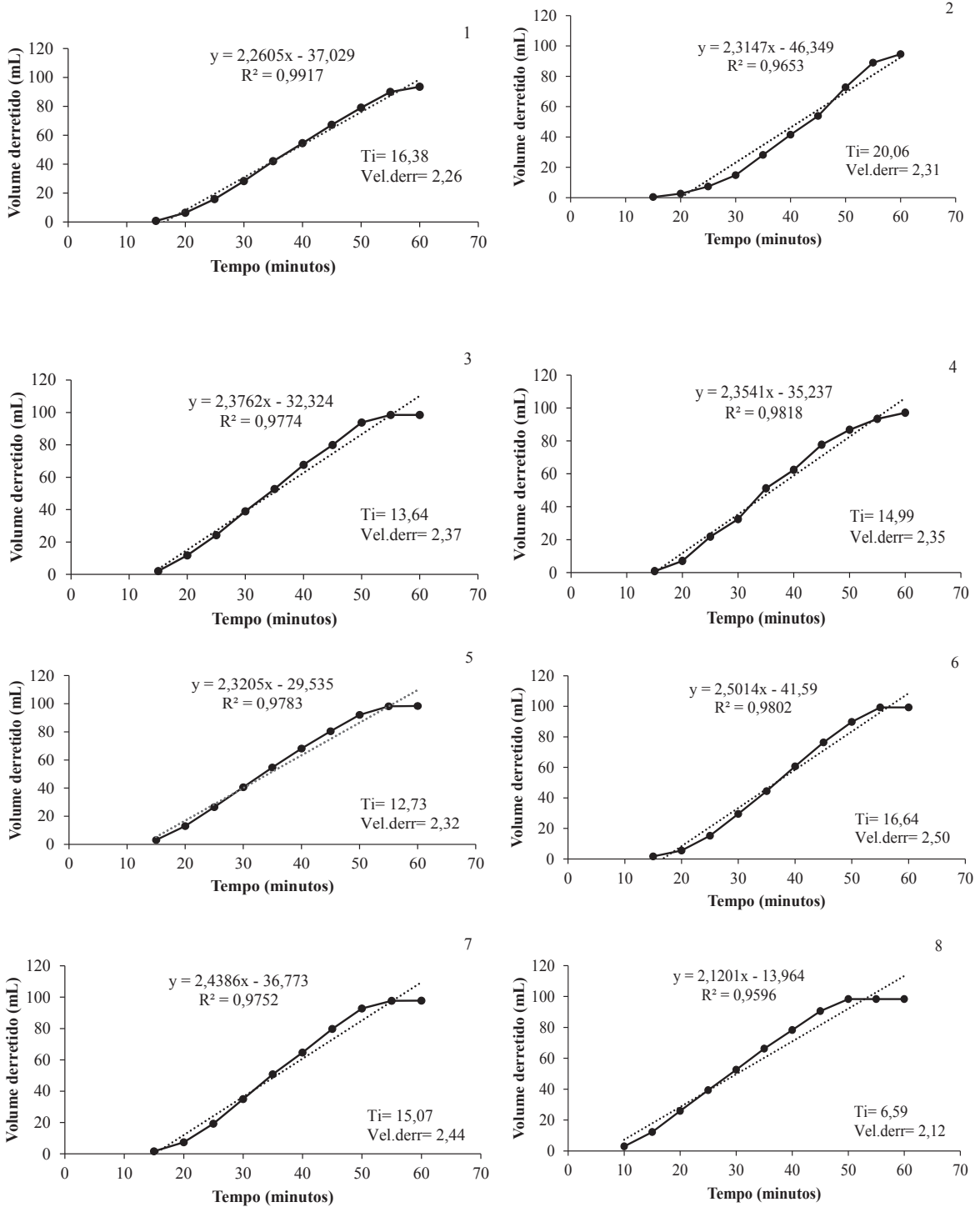
Durante o congelamento de sorvetes, o desenvolvimento das células de ar é influenciado por fatores relacionados à formulação, como, rede de gordura, proteínas do leite, emulsificantes e cristais de gelo. A estrutura da rede de gordura parcialmente coalescida está diretamente ligada à estabilização do ar incorporado na formulação de sorvete. Quanto maior a quantidade de gordura, maior a incorporação de ar no sorvete. O *overrun* é um dos parâmetros mais importantes quando se pensa em processamento de sorvetes, uma pequena incorporação de ar ao sorvete torna-o denso, por outro lado, o excesso faz com que a taxa de fusão seja agilizada (GOFF; HARTEL, 2013).

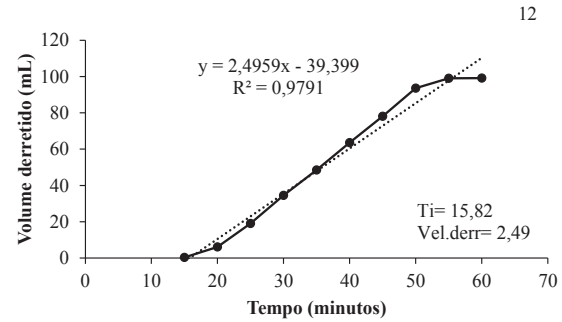
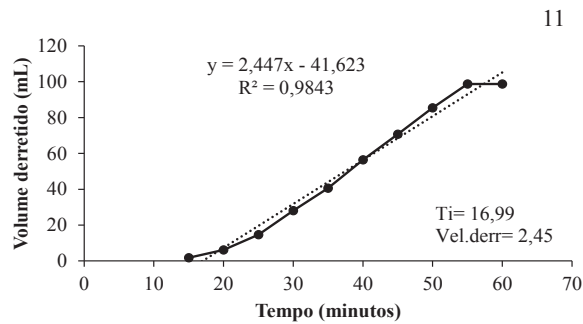
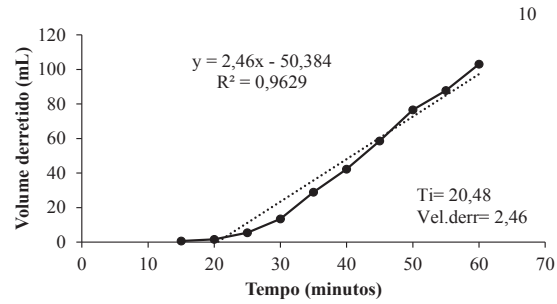
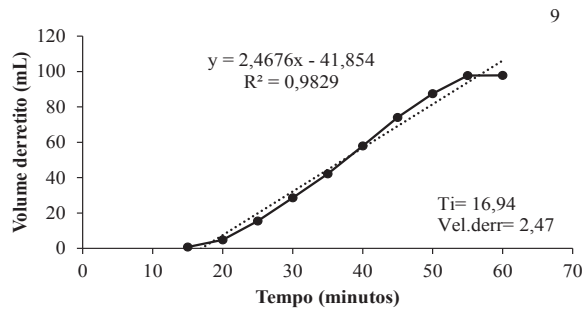
Deve-se considerar que em linhas industriais o sistema de fabricação é contínuo e conta com bombas de injeção de quantidade pré-estabelecidas de ar ou nitrogênio gasoso, de modo que se pode facilmente expandir o alimento (CAMPBELL; MOUGEOT, 1999). Segundo Sofjan e Hartel (2004), o ar em sorvetes fornece uma textura mais suave e influencia as propriedades físicas de derretimento.

4.2.1.4 Teste de derretimento

O comportamento dos sorvetes durante o derretimento foi analisado através do acompanhamento do gráfico do tempo versus volume do sorvete drenado, e os parâmetros tempo inicial de derretimento e velocidade de derretimento obtidos por regressão linear, são mostrados na Figura 11.

Figura 11: Derretimento das formulações de sorvete





*Ti = tempo inicial de derretimento (minutos)

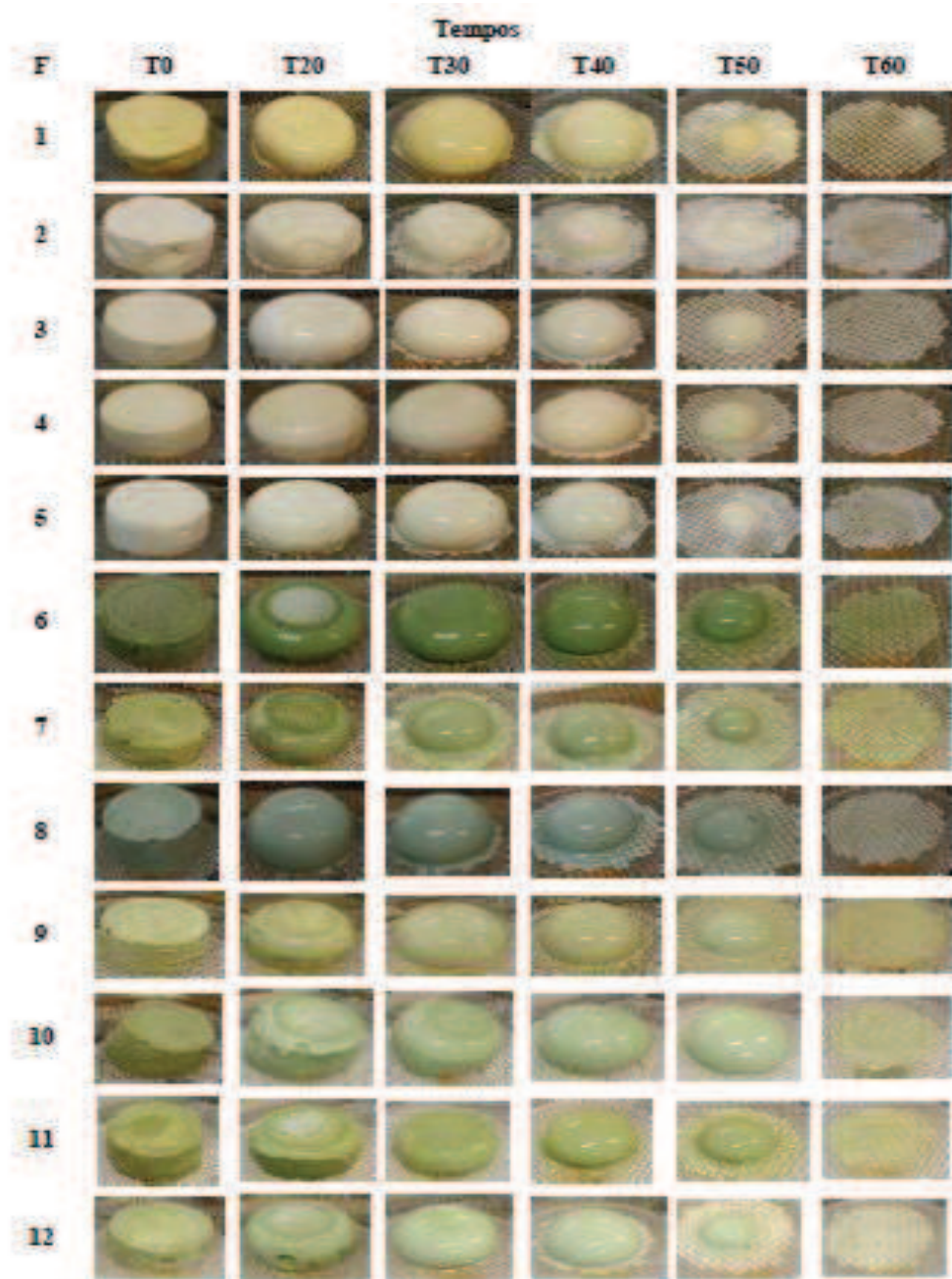
*Vel.derr = velocidade de derretimento ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$)

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*..

Fonte: elaborado pelo Autor (2018).

O registro fotográfico das amostras (Figura 12) durante o derretimento fornece subsídios para acompanhar o colapso da estrutura e complementa a interpretação da Figura 11.

Figura 12: Comportamento das amostras de sorvete durante teste de derretimento no tempo 0, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos.



1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*.

Fonte: elaborado pelo Autor (2018).

A aparência do sorvete à medida que ele derrete é extremamente importante na percepção global do consumidor quanto à qualidade do produto. Além disso, a observação do processo de derretimento pode trazer informações quanto a outros fatores de variação da qualidade, tais como estabilidade da proteína e aglomeração de gordura. O termo rápido demais ou lento demais são usados para caracterizar a taxa ou velocidade de derretimento do sorvete, o derretimento (conversão de gelo em água) acontece em velocidades quase iguais em porções de sorvetes de configuração e massa similares, independente da sua composição (THARP, 2007).

Observa-se que as amostras de sorvetes produzidos apresentaram comportamento similar entre si, tanto no registro visual quanto no volume de sorvete drenado com o tempo. As formulações de sorvetes iniciaram o processo de derretimento próximo aos 15 minutos praticamente em todas as formulações. As formulações 2 e 10 iniciaram o derretimento a partir de 20 minutos, ambas tiveram 50% de redução de gordura, conseqüentemente o teor de sólidos aumentou nestas formulações, isso pode explicar o tempo maior de início de derretimento.

A formulação 10 tinha em sua composição inulina e Spirulina e redução de 25% do teor de açúcar. A inulina e a Spirulina adicionadas substituíram a gordura e o açúcar reduzidos mantendo a estrutura da rede que é formada pela gordura. Entretanto, a formulação 8 apresentou menor tempo inicial de derretimento (6,59 minutos) e menor velocidade de derretimento (2,12 mL/min), e tinha em sua composição a ficocianina, porém não continha topping e emustab. A menor taxa de derretimento pode estar relacionada a uma rede de gordura bem formada. O derretimento do sorvete está principalmente relacionado com a estrutura formada pela rede gordurosa, podendo assim reduzir a taxa de derretimento dos sorvetes.

Já as formulações 6 e 12 apresentaram maiores velocidades de derretimento (2,50 e 2,49 mL/min), a interação da gordura com o emulsificante pode ter influenciado na velocidade de derretimentos dos sorvetes. A formação de cristais grandes e arredondados podem levar a uma maior velocidade de derretimento (SU, 2012). As formulações de sorvetes ao derreter apresentaram massa líquida, homogênea e uniforme, após 35 min cerca de 50% da massa de sorvetes já havia derretido, tempo considerado suficiente para o consumo do sorvete.

A agregação dos glóbulos de gordura por coalescência parcial durante a fase de congelamento parece ser o maior contribuinte para a resistência ao derretimento (MUSE e HARTEL, 2004; GRANGER et al., 2004; SUNG e GOFF, 2010). Conforme os cristais de gelo derretem e a estrutura do sorvete entra em colapso, é esperado que a rede de gordura parcialmente coalescida mantenha a forma original do sorvete durante e após o derretimento dos cristais (BOLLINGER et al., 2000).

Durante o derretimento, dois eventos principais acontecem: o derretimento dos cristais de gelo e o colapso da estrutura espumosa lipídica estabilizada (BARBOSA et al., 2010; GOFF, 2005). O fenômeno do derretimento é governado por vários fatores, entre eles a taxa de incorporação de ar ou overrun (SOFJAN; HARTEL, 2004), as interações lipídicas e a cristalização da gordura (GRANGER et al., 2005).

As condições experimentais foram mantidas idênticas para todas as formulações de sorvetes de modo a minimizar a influência da temperatura exterior e taxa de transferência de calor, as quais, segundo Goff (2005), podem influenciar o derretimento de sorvetes.

4.2.1.5 Análise de cor

Os resultados das análises dos parâmetros de cor das formulações de sorvetes são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Parâmetros de cor das formulações de sorvetes.

Formulações	L*	a*	b*
1	84,47±0,01 ^h	4,58±0,04 ^j	28,25±0,13 ^l
2	87,27±0,02 ^j	-0,62±0,01 ^h	10,86±0,03 ^d
3	87,61±0,01 ^k	-0,43±0,01 ⁱ	10,08±0,00 ^c
4	86,43±0,03 ⁱ	-0,50±0,01 ⁱ	11,04±0,03 ^e
5	88,60±0,01 ^l	-0,71±0,00 ^h	9,28±0,05 ^b
6	54,58±0,12 ^b	-9,02±0,05 ^a	18,60±0,02 ⁱ
7	54,87±0,05 ^c	-8,59±0,05 ^d	17,99±0,08 ^h
8	67,49±0,08 ^g	-8,79±0,03 ^c	6,11±0,02 ^a
9	66,05±0,04 ^f	-6,60±0,03 ^g	17,82±0,02 ^g
10	57,17±0,14 ^d	-8,88±0,03 ^b	19,20±0,02 ^j
11	53,95±0,08 ^a	-7,40±0,03 ^e	22,11±0,01 ^k
12	63,56±0,11 ^e	-7,08±0,03 ^f	17,29±0,01 ^f

*Resultados expressos como média e desvio padrão. Resultados com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: O autor (2018)

A coordenada L* representa a luminosidade, mede a quantidade de luz que é refletida de uma determinada cor, sendo que 0 indica coloração preta e 100 indica a coloração branca. Houve diferença significativa entre todas as formulações de sorvetes ($p > 0,05$).

O parâmetro a* com valores negativos indica a coloração em direção ao verde, enquanto que a* positivo vai em direção ao vermelho. O parâmetro a* apresentou valores negativos altos a partir da formulação 6 até a 12, variando de -6,60 até -9,02, essa tendência ao verde é devido a adição de *Spirulina*. As formulações de 5 a 2 que não continham adição de *Spirulina*, variaram entre -0,71 a -0,43, mostrando uma tendência ao verde, entretanto se aproximam do valor positivo, que indica tendência ao vermelho. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre todas as formulações.

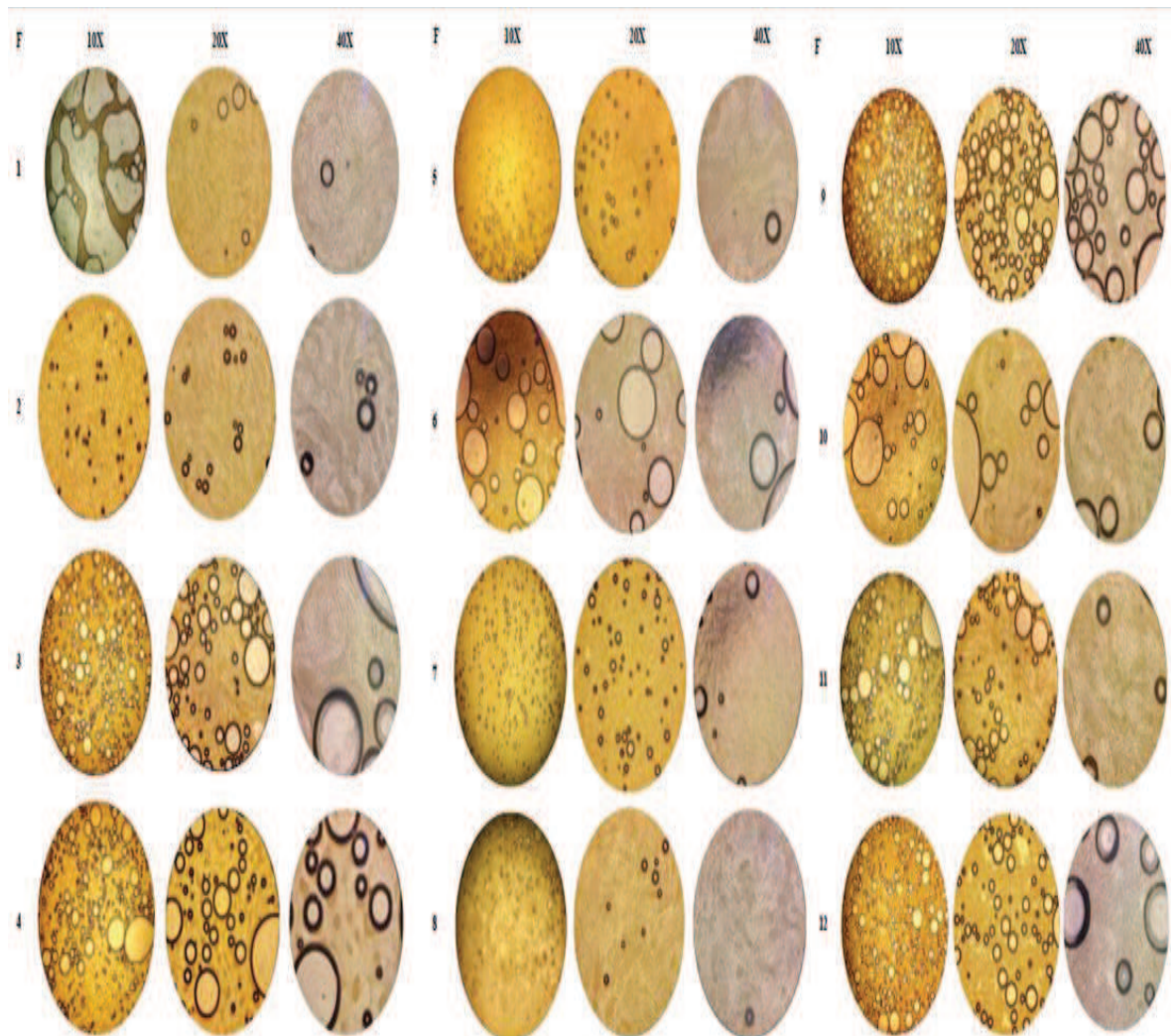
O parâmetro b* quando positivo, indica a coloração em direção ao amarelo, enquanto que valor negativo vai em direção ao azul. Os valores obtidos para o parâmetro b* para as formulações de sorvetes apresentaram resultados positivos, indicando tendência ao amarelo. Todas as formulações foram diferentes significativamente ($p > 0,05$).

4.2.2 Estrutura microscópica dos sorvetes

Os sorvetes analisados em microscópio contêm cristais de gelo, bolhas de ar e glóbulos de gordura parcialmente coalescidos. As estruturas dos sorvetes podem ser observadas na Figura 13.

A estrutura da mistura de sorvete pode ser descrita como uma emulsão de glóbulos de gordura, que são parcialmente cristalinos como resultado de envelhecimento ou maturação a frio, uma dispersão de micelas de caseína, se presente na formulação, uma solução de açúcares, proteínas solúveis, sais, estabilizantes e outros componentes (Goff, 2018).

Figura 13: Imagens microscópicas das formulações de sorvetes vistas em aumento de 10x, 20x e 40x.



1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*.

Fonte: elaborado pelo Autor (2018).

Observando as imagens das estruturas das formulações de sorvete é possível perceber as bolhas de ar em diferentes tamanhos e quantidades, ao redor das bolhas de ar há uma lamela (linha escura) formada por proteína e emulsificante, isso faz com que as bolhas de ar fiquem próximas e até juntas umas das outras.

Ao aumentar o tamanho da lente, é possível observar nas Formulações 6, 7, 10 e 11, fragmentos verdes característicos da *Spirulina* adicionada. Também, observa-se uma “rugosidade” na textura das formulações com adição de inulina (F5, F7, F10 e F11). Com exceção das Formulações 8, 9 e 12, as quais foram adicionado o extrato de ficocianina, estas formulações mostram uma textura lisa e correlacionando com a textura e *overrun* é possível verificar que essas formulações apresentaram valores menores de textura, ou seja, uma massa mais suave e macia e valores mais altos de *overrun*.

Ao adicionar a inulina com o extrato de ficocianina há uma sinergia entre estes, possibilitando obter um sorvete de massa cremosa, macia e suave. Consequentemente, o sabor destes sorvetes não apresenta as características da *Spirulina*, como odor e/ou sabor de peixe ou alga.

4.2.3 Características microbiológicas das formulações de sorvete

Conforme apresentado na Tabela 11, os resultados de coliformes totais e a 45 °C, *Estafilococos coagulase positiva* encontrados para as formulações de sorvete encontram-se dentro dos limites propostos pela legislação brasileira (BRASIL, 2001). Os resultados são satisfatórios, pois atendem aos requisitos mínimos de qualidade para o consumo humano.

Todas as formulações de sorvete estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela ANVISA (BRASIL, 2001). Este órgão estabelece como tolerância de microrganismos para gelados comestíveis elaborados com leite, o valor máximo permitido de contagem de coliformes a 45 °C/g é de $5,0 \times 10^2$ UFC/g, contagem de *estafilococos coagulase positiva* de $5,0 \times 10^2$ UFC/g e ausência de *Salmonella* em 25 g. Sabe-se que coliformes são bons indicadores das condições sanitárias dos alimentos, assim 100% das formulações de sorvete examinadas estavam em condições sanitárias satisfatórias e adequadas para análise sensorial.

As técnicas de higienização, processamento e conservação foram adequadas. O processo de pasteurização permite reduzir a contagem total de microrganismos, sendo obrigatório no Brasil para todos os gelados comestíveis elaborados com leite e derivados lácteos (BRASIL, 1999).

Os sorvetes, em geral, são alimentos ideais para o crescimento microbiano em função de características como pH próximo a neutralidade (6,0 – 7,0), elevado valor nutritivo e longos períodos de armazenamento.

Tabela 11: Resultados da análise microbiológica das formulações de sorvete

Formulações	Microorganismos		
	Coliformes a 45 °C (NMP/g)	Estafilococos coagulase + (UFC/g)	<i>Salmonella</i> Ausência em 25 g
1	<2	<5,0x10 ²	Ausente
2	<2	<5,0x10 ²	Ausente
3	<2	<5,0x10 ²	Ausente
4	<2	<5,0x10 ²	Ausente
5	<2	<5,0x10 ²	Ausente
6	<2	<5,0x10 ²	Ausente
7	<2	<5,0x10 ²	Ausente
8	<2	<5,0x10 ²	Ausente
9	<2	<5,0x10 ²	Ausente
10	<2	<5,0x10 ²	Ausente
11	<2	<5,0x10 ²	Ausente
12	<2	<5,0x10 ²	Ausente

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*.

Fonte: elaborado pelo Autor (2018).

4.2.4 Características sensoriais dos sorvetes

4.2.4.1 Teste de aceitabilidade

As formulações de sorvetes com redução de gordura e açúcar, adição de inulina e *Spirulina*, foram analisadas sensorialmente segundo o teste de aceitabilidade através da escala hedônica de 9 pontos. Os resultados da ANOVA para aceitabilidade estão mostrados na Tabela 12. Verifica-se que houve diferença entre as médias de aceitabilidade das formulações para todos os atributos analisados. A Tabela 13 apresenta as médias dos valores de aceitabilidade em relação aos atributos de Aparência, Cor, Aroma/Sabor, Textura e Impressão global bem como os desvios padrões obtidos e as diferenças significativas segundo o teste de Tukey.

Tabela 12: Níveis de significância da ANOVA para os atributos sensoriais obtidos para as formulações de sorvetes.

Atributo	Valor-p	
	Julgadores	Formulações
Aparência	0,000239	< 0,001
Cor	0,006413	< 0,001
Aroma/Sabor	0,090324	0,000219
Textura	0,003245	0,000179
Impressão global	0,000501	< 0,001

Tabela 13: Médias de aceitabilidade das formulações de sorvetes em relação aos atributos de aparência, cor, aroma/sabor, textura e impressão global.

Atributos						
Formulação	Aparência	Cor	Aroma/Sabor	Textura	Impressão global	Índice de aceitabilidade (%)
1	7,82±0,96 ^d	8,22±0,97 ^e	7,71±0,99 ^{abc}	8,13±1,01 ^c	7,93±0,81 ^c	88,11
2	7,44±1,23 ^{abcd}	7,97±0,98 ^e	7,73±1,14 ^{bc}	7,33±1,21 ^{abc}	7,73±0,98 ^{bc}	85,89
3	7,77±1,27 ^{ed}	8,08±0,90 ^e	7,51±1,08 ^{abc}	7,73±1,15 ^{bc}	7,91±0,95 ^c	87,89
4	7,17±1,35 ^{abcd}	7,53±1,40 ^{abcde}	7,60±1,34 ^{abc}	6,98±1,96 ^{ab}	7,40±1,21 ^{abc}	82,22
5	7,67±1,18 ^{cd}	7,86±1,16 ^{ed}	7,69±1,14 ^{abc}	7,62±1,28 ^{abc}	7,69±1,14 ^{bc}	85,44
6	6,78±1,70 ^{ab}	6,60±2,19 ^a	6,84±1,75 ^{ab}	6,95±1,75 ^{ab}	6,71±1,39 ^a	74,56
7	6,53±1,60 ^a	6,91±1,65 ^{abc}	6,82±1,78 ^a	6,87±1,67 ^{ab}	6,71±1,63 ^a	74,56
8	7,29±1,44 ^{abcd}	7,67±1,24 ^{bcde}	7,47±1,42 ^{abc}	7,33±1,48 ^{abc}	7,47±1,34 ^{abc}	83,00
9	7,78±0,97 ^{cd}	7,84±1,02 ^{de}	7,71±1,01 ^{abc}	7,73±1,27 ^{bc}	7,84±0,93 ^c	87,11
10	6,80±1,52 ^{ab}	6,80±1,68 ^{ab}	7,33±1,22 ^{abc}	7,22±1,47 ^{abc}	7,02±1,18 ^{ab}	78,00
11	6,87±1,50 ^{abc}	6,93±1,49 ^{abcd}	7,27±1,35 ^{abc}	6,73±1,61 ^a	6,67±1,34 ^a	74,11
12	7,82±1,06 ^{ed}	7,93±1,04 ^{de}	8,02±0,90 ^c	7,84±1,29 ^{bc}	7,89±0,94 ^c	87,67

*Resultado expresso como média ± desvio padrão. Nos valores dos resultados seguidos de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p>0,05$).
 1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*.

Fonte: O autor (2018)

A primeira impressão que se tem de um alimento é geralmente visual, sendo que a Aparência é um dos aspectos considerados fundamentais na qualidade e aceitação do produto (LAMOUNIER, 2012). As médias para o atributo Aparência variaram entre 6,20 (F7) a 7,69 (F1), mostrando assim, que os julgadores verificaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as formulações.

A cor, uma das principais características de qualidade e aparência visual, do produto, desempenha papel fundamental no mercado de escolha do consumidor (ZEN, 2018). As formulações de sorvete desenvolvidas obtiveram médias entre 6,35 (F6) a 8,14 (F1), indicando a diferença significativa ($p < 0,05$).

Para o atributo Impressão global, o qual reflete na somatória dos demais atributos, nota-se o mesmo comportamento para as formulações que não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$).

Para que um produto seja considerado aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha Índice de aceitabilidade elevado (MONTEIRO et al, 2005; SABATINI et al, 2011; LAMOUNIER, 2012). Especificamente, em relação às formulações desenvolvidas, é importante destacar que as médias obtidas se situaram na faixa do conceito “gostei” (acima de 5,0) para todos os atributos avaliados, o que confere a estes produtos, um bom potencial de aceitação. As formulações de sorvete que obtiveram médias inferiores a 7 para todos os atributos, foram as formulações que continham adição da *Spirulina* (F6, F7, F10 e F11), mesmo com um apelo de sorvete funcional com adição de ingredientes bioativos, redução de gordura e açúcar, os consumidores ainda tem um “estranhamento” devido a adição de microalga. Entretanto, observa-se que houve boa aceitação dos consumidores em relação as formulações com adição de extrato de ficocianina (F8, F9 e F12), com médias acima de 7, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$).

Sorvetes com teores reduzidos de gordura e açúcar já são realidade no Brasil, tendo em vista a maior conscientização dos consumidores com relação ao bem-estar e a saúde. Segundos dados de tendências para alimentos e bebidas, os consumidores relatam que quando se trata de sobremesa, 85% dos consumidores se interessam por sorvetes saudáveis (KILIAN, 2018; MINTEL, 2018).

Os histogramas de frequência das pontuações de aceitabilidade sensorial das formulações de sorvetes estão apresentados no Apêndice D. Observando os histogramas dos resultados da análise sensorial dos sorvetes, em relação à frequência dos valores hedônicos atribuídos, verifica-se que há uma prevalência de notas entre as formulações, mantendo os valores das notas entre 6 (gostei ligeiramente) a 9 (gostei extremamente).

As notas obtidas para aceitabilidade das formulações de sorvete podem ser justificadas pela presença de ingredientes utilizados na fabricação dos sorvetes, como inulina e *Spirulina*, que muitas vezes são desconhecidos pelos consumidores, o que faz com que certas pessoas deem preferência para produtos tradicionais.

Desta forma, mesmo não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) para aceitabilidade das formulações de sorvetes desenvolvidas, as F1 e F12 obtiveram notas mais elevadas para a maioria dos atributos avaliados. Outro fato observado, é que as formulações com redução de gordura e açúcar, adição de inulina e *Spirulina* não diferiram das formulações que continham o valor total ou não continham os outros ingredientes. Isto contribuiu para a elaboração de produtos saudáveis e com redução de gordura e açúcar, pois o uso de ingredientes funcionais não afetou as características sensoriais dos sorvetes. Os sorvetes formulados no presente trabalho, ofereceram boas perspectivas de consumo e, portanto, apresentam potencial para serem produzidos em escala industrial e comercial.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lamounier (2012), utilizou em sua pesquisa substitutos de gordura e açúcar e adição de frutos do cerrado. Akin (2005), relatou em sua pesquisa que a adição de inulina melhorou a viscosidade do sorvete funcional sem comprometer as propriedades sensoriais.

Aykan et al. (2008) também obtiveram resultados semelhantes ao utilizarem inulina e substituto de gordura para fabricação de sorvetes de baunilha com diferentes teores de gordura e verificaram seus efeitos sobre as características sensoriais. A avaliação sensorial mostrou que o sorvete com zero de gordura apresentou sabor mais agradável que os demais.

Isik et al. (2011) fabricaram sorvete com inulina, isomaltose e reduziram o teor de gordura e açúcar. A análise sensorial mostrou que as amostras contendo 6,5% de inulina e isomalte foram semelhantes à amostra controle. Os resultados globais mostraram que é possível produzir sorvete com a incorporação de ingredientes funcionais sem alterar as características do produto.

Em uma pesquisa realizada por Akin et al. (2007) foram compradas amostras de sorvete probiótico com diferentes concentrações de sacarose (15, 18 e 21%) e adicionados de 1 e 2% de inulina em sorvetes não suplementados com inulina. Foi evidenciado que sorvetes com maiores concentrações de açúcar apresentaram melhores propriedades físicas e sensoriais e com relação à adição de inulina, embora tenha sido constatada melhora na viscosidade, não foi verificado efeito nas características sensoriais dos sorvetes.

A aceitabilidade do consumidor de vários alimentos com baixo teor de gordura que contêm inulina em sua formulação, como sorvete, biscoitos, muffins, bolos e salsichas de carne bovina foi investigado por Devereux et al (2003). Os resultados mostraram que estes alimentos com baixo teor de gordura foram classificados, por um painel de provadores, como aceitável. A análise de regressão do estudo mostrou que a textura é mais importante do que sabor na determinação da aceitabilidade global dos alimentos com baixo teor de gordura.

4.2.4.2 CATA – Check-all-that-apply

O questionário CATA tem como finalidade reunir as informações dos produtos em relação à percepção das características sensoriais do consumidor (ZEN, 2018). A frequência de escolha de cada atributo pelos consumidores é apresentada na Tabela 16.

Tabela 14: Frequência dos termos descritores atributos no questionário CATA das formulações de sorvete.

Termos	Formulações											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cor creme	45	42	39	40	41	0	0	0	0	0	0	0
Pouco doce	14	5	8	8	7	12	11	10	11	16	17	11
Sabor de leite	27	26	30	28	31	8	7	16	27	7	12	21
Macio	35	30	37	28	27	22	28	28	33	23	16	34
Cor verde	0	0	0	0	0	48	55	5	2	45	46	0
Úmido	15	21	17	19	15	19	21	21	17	19	18	12
Cremoso / suave	36	33	36	31	34	26	29	26	29	25	14	33
Derrete rapidamente	20	24	21	23	17	27	44	29	22	20	24	25
Aparência cremosa	35	1	31	25	31	20	27	26	36	23	18	36
Extremamente doce	5	21	7	10	15	4	11	10	9	7	7	9
Duro / denso	5	3	3	6	4	7	2	2	4	8	9	4
Cor azul-esverdeada	0	0	0	0	0	0	0	42	45	3	0	44
Presença de cristais de gelo	15	11	17	26	16	25	7	14	12	19	21	9
Derrete lentamente	12	12	15	11	11	10	8	6	11	15	9	12
Aerado	16	15	12	13	15	8	11	11	9	12	14	17
Sabor residual de peixe / alga	0	0	0	0	0	12	12	4	6	16	20	7
Sabor de algas	0	0	0	0	0	14	17	4	4	27	23	3
Odor de peixe / alga	0	0	0	0	0	2	4	1	2	5	4	0
Sensação gordurosa na boca	7	6	7	13	10	9	7	4	5	8	11	5
Aroma de leite	28	23	24	25	29	14	5	18	19	16	17	24
Sabor doce	25	27	29	29	28	19	19	20	25	22	19	28
Pontos verdes	0	0	0	0	0	7	9	1	4	7	7	0
Sabor de creme / nata	31	29	30	25	29	8	5	14	18	5	5	20
Compacto	4	4	3	7	3	4	2	2	4	4	7	3

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*..

Fonte: o Autor (2019)

Os termos com maior frequência de citação nas 12 formulações de sorvete foram sabor de leite, macio, cremoso / suave, derrete rapidamente, aparência cremosa, sabor doce e sabor de creme / nata. Isso indica que a textura e a aparência das formulações de sorvete, em geral,

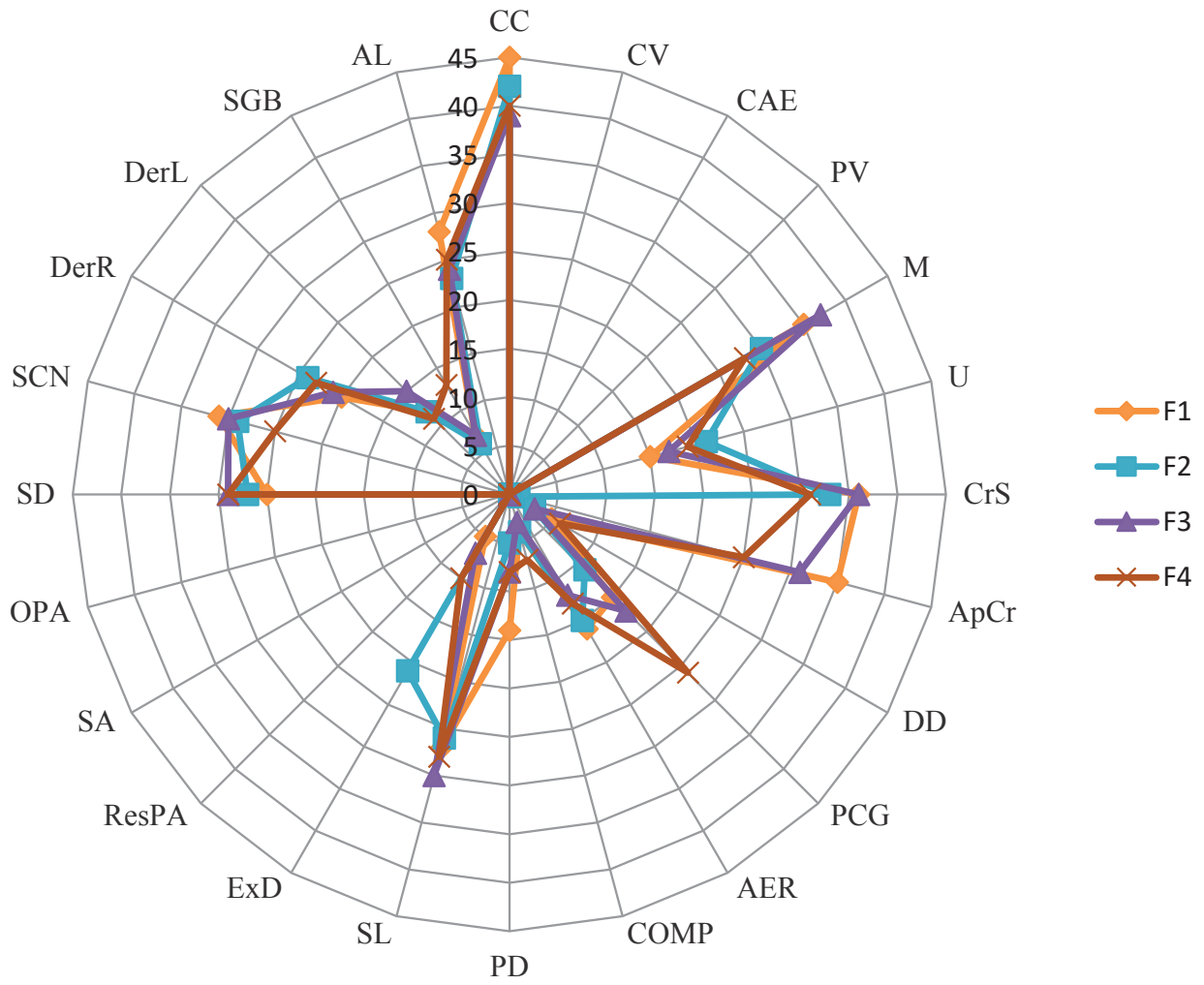
foram agradáveis aos julgadores. O termo presença de cristais de gelo foi menos selecionado em relação a textura e aparência das 12 formulações de sorvetes.

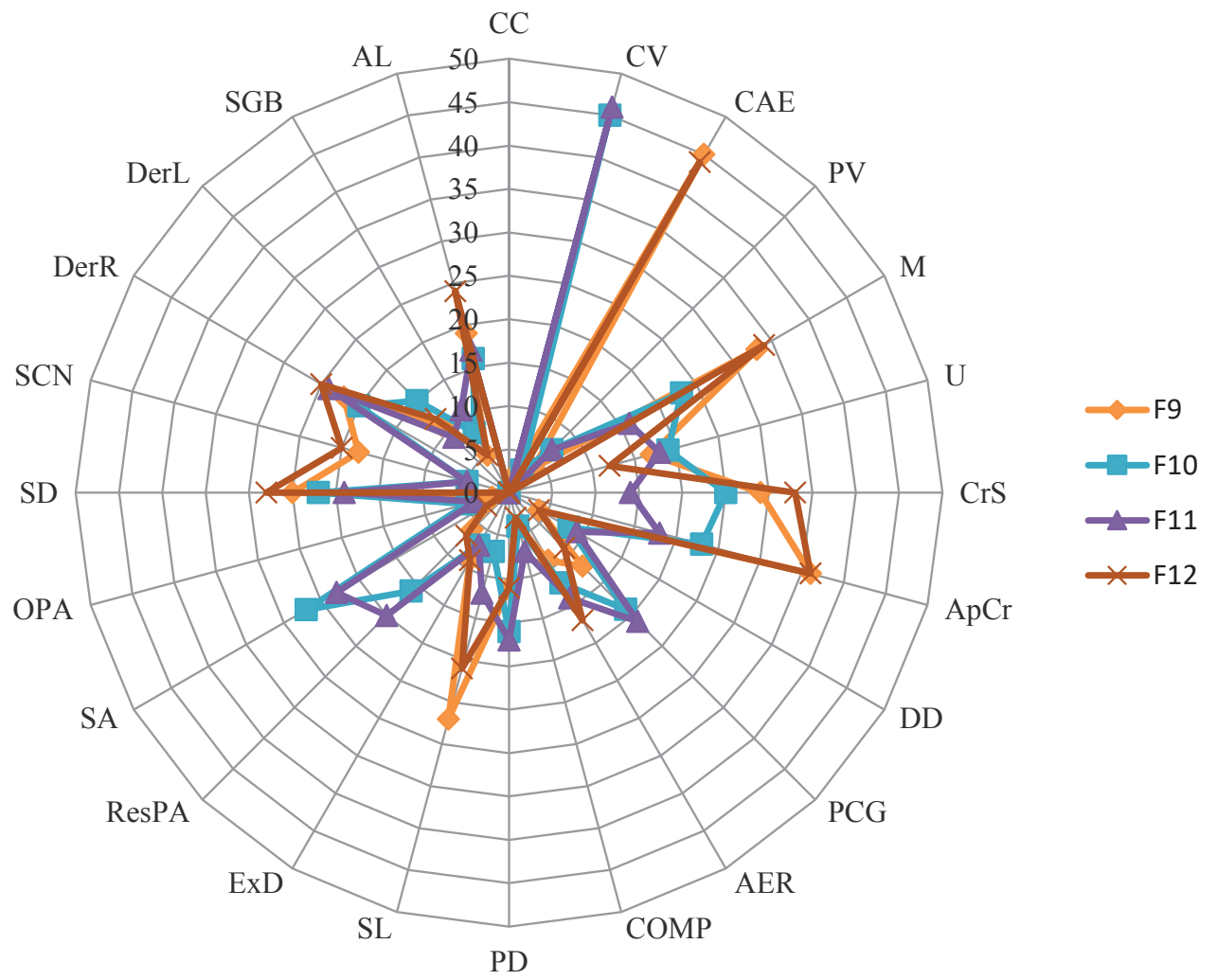
Os termos menos citados para as 12 formulações de sorvete foram: compacto, duro / denso, extremamente doce e pouco doce. Mesmos as formulações sem redução de açúcar não se mostraram ruins ou enjoativas para os julgadores.

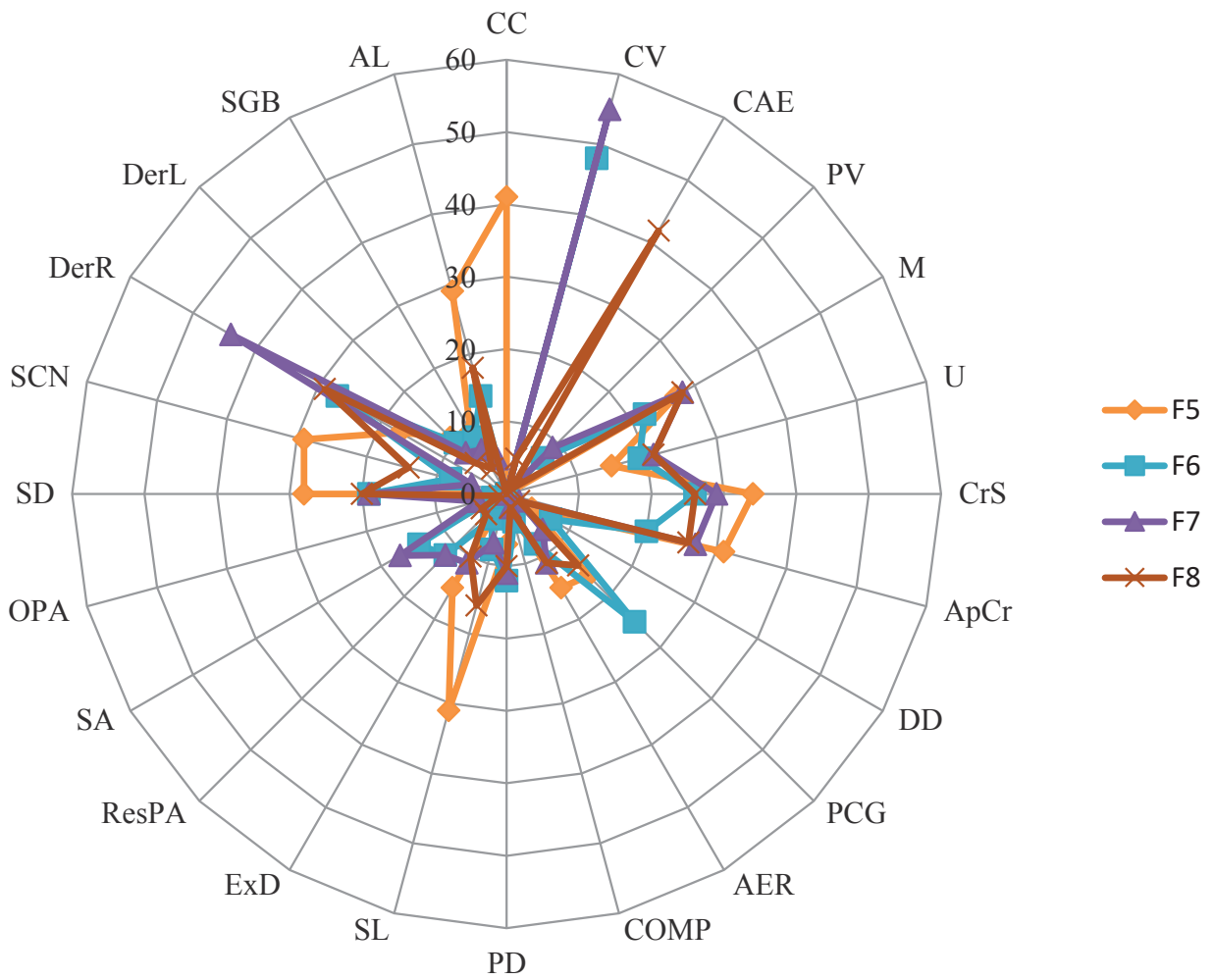
Para as formulações com adição de *Spirulina* e extrato de ficocianina os termos mais citados foram cor verde e cor azul-esverdeada. As cores dessas formulações eram uniformes e homogêneas. Os termos menos citados para essas formulações foram sabor residual de peixe / alga, sabor de algas, odor de peixe / alga e pontos verdes. A adição de *Spirulina* e extrato de ficocianina não interferiu quanto ao sabor ou aroma das formulações que tinham estes ingredientes. Os julgadores perceberam pouco ou não perceberam o odor / aroma ou sabor característico da microalga *Spirulina*. A Figura 13 apresenta as características de cada amostra de sorvete em relação aos atributos mais e menos citados no teste CATA.

A análise de componentes principais (ACP) das frequências de citação dos atributos obtidas no teste CATA demonstrou que a variabilidade entre as amostras pôde ser explicada em 67% por dois componentes principais, como mostrado na Figura 14, que apresenta os autovalores do teste.

Figura 13: Distribuição da frequência atribuída pelos julgadores aos atributos sensoriais do teste CATA para as diferentes formulações de sorvete.



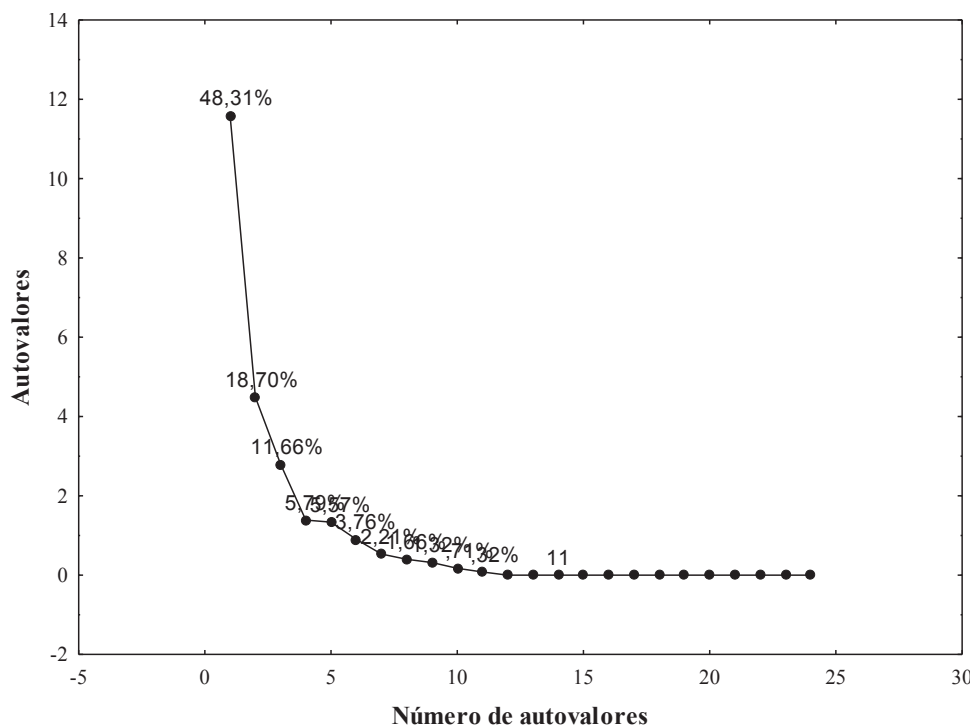




CC=Cor creme; PD = Pouco doce; SL = Sabor de leite; M= Macio; CV = Cor; verde; U= úmido; CrS=Cremoso/Suave; DerR=derrete rapidamente; ApCr=Aparência cremosa; ExD= Extremamente doce; DD = Duro/denso; CAE = Cor azul esverdeada; PCG = presença de cristais de gelo; DerL = derrete lentamente; Aer = Aerado; ResPA=Residual de peixe/alga; SA= Sabor de Algas; OPA = odor de peixe/alga; SGB = sensação gordurosa na boca; AL = aroma de leite; SD = sabor doce; PV = pontos verdes; SCN = Sabor de creme ou nata; Comp = compacto;

Fonte: elaborado pelo Autor (2018).

Figura 14: Autovalores da ACP das frequências dos termos do teste CATA e percentuais de explicação obtidos.



A Figura 15 apresenta a representação das amostras e dos atributos do teste CATA nas dimensões da Análise de Componentes Principais. Os atributos mais representados pelo componente principal 1 foram cor creme, cor verde, pontos verdes, macio, cremoso/suave, pouco doce, sabor de leite, residual de peixe/alga, sabor de algas, odor de peixe/alga, sabor doce, sabor de creme ou nata, aroma de leite e impressão global. Os atributos mais representados pelo componente principal 2 foram duro/denso, presença de cristais de gelo, compacto, derrete rapidamente e sensação gordurosa na boca. O componente principal 1 representa melhor os atributos relacionados a aparência e sabor/aroma, enquanto o componente principal 2 representa os parâmetros mais relacionados à textura, conforme mostrado na Tabela 17.

Tabela 17: Coordenadas dos fatores das variáveis, baseado nas correlações de frequência.

Atributos	Fator 1	Fator 2
CC	-0,776397	-0,387108
CV	0,943456	-0,022901
CAE	-0,119431	0,566315
PV	0,943223	0,082654
M	-0,787947	0,397742
U	0,449824	0,197647
CrS	-0,852602	0,207328
ApCr	-0,232905	0,180252
DD	0,522955	-0,802018
PCG	0,214823	-0,802640
AER	-0,505433	-0,245970
COMP	0,165732	-0,826368
PD	0,709430	-0,242341
SL	-0,931851	-0,172925
ExD	-0,401331	0,216198
ResPA	0,940847	-0,082600
SA	0,939164	-0,129647
OPA	0,922024	0,017302
SD	-0,895496	-0,230348
SCN	-0,972923	-0,144945
DerR	0,480543	0,651616
DerL	-0,350913	-0,423247
SGB	0,172014	-0,820742
AL	-0,842260	-0,441377
*IG	0,936377	-0,058177

CC=Cor creme; PD = Pouco doce; SL = Sabor de leite; M= Macio; CV = Cor; verde; U= úmido; CrS=Cremoso/Suave; DerR=derrete rapidamente; ApCr=Aparência cremosa; ExD= Extremamente doce; DD = Duro/denso; CAE = Cor azul esverdeada; PCG = presença de cristais de gelo; DerL = derrete lentamente; Aer = Aerado; ResPA=Residual de peixe/alga; SA= Sabor de Algas; OPA = odor de peixe/alga; SGB = sensação gordurosa na boca; AL = aroma de leite; SD = sabor doce; PV = pontos verdes; SCN = Sabor de creme ou nata; Comp = compacto; Ig impressão global como variável suplementar.

Em relação as amostras, verifica-se que as formulações 1, 2, 3, 4 e 5 foram mais representadas pelos atributos cor creme, sabor de leite, aroma de leite e sabor de creme/ nata. Esses atributos são característicos de um sorvete de creme (CADENA, 2013). Os atributos macio, cremoso/suave e aparência cremosa representam todas as formulações, esses atributos estão relacionados com a textura e aparência do sorvete, estes atributos são indicativos de qualidade em formulações de sorvete.

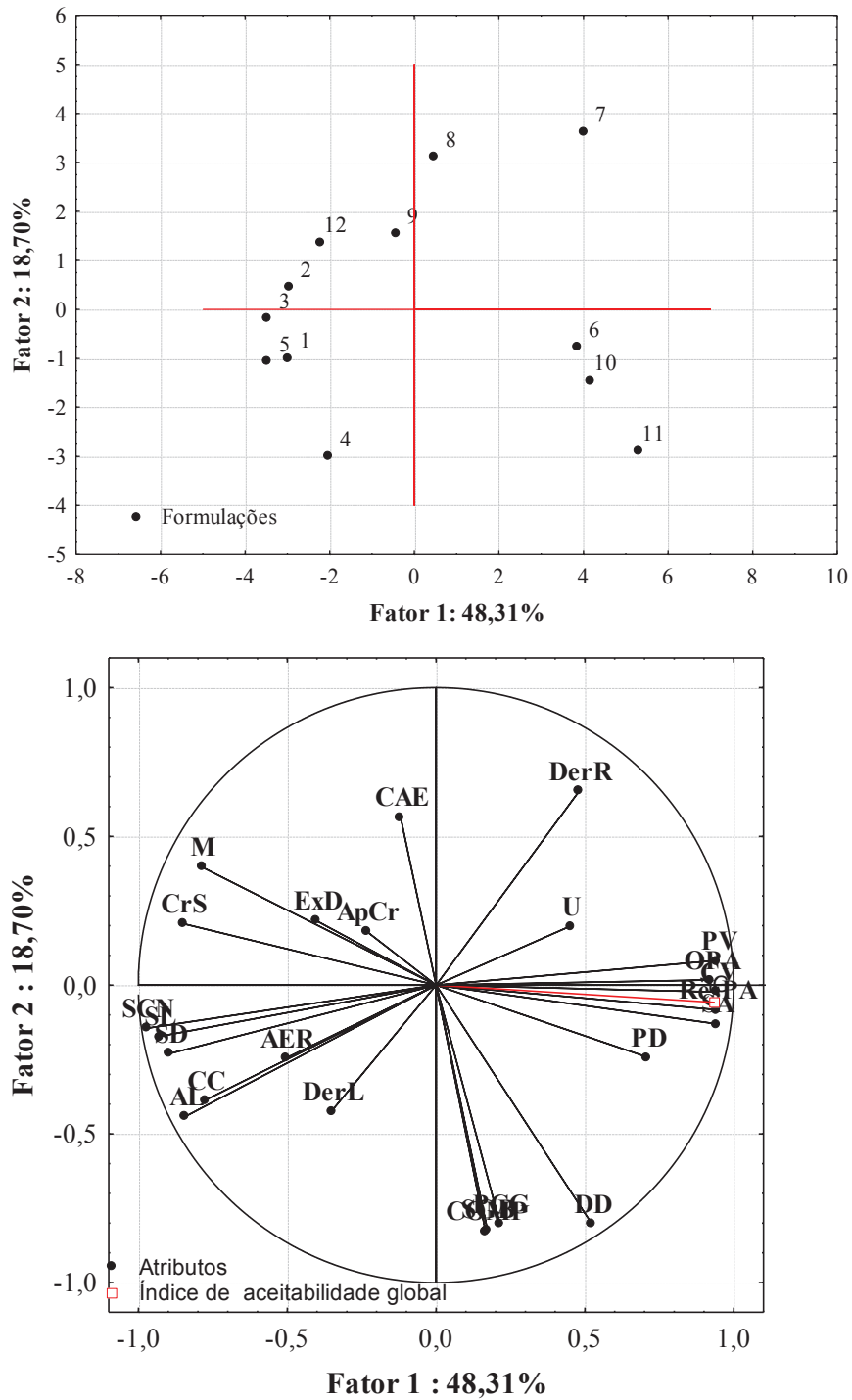
As formulações 6, 7, 10 e 11 adicionadas de *Spirulina* foram mais representadas pela cor verde, sabor residual de peixe/alga e sabor de algas. Já as formulações 8, 9 e 12 foram mais representadas pelos atributos cor azul-esverdeada devido a adição do extrato de ficocianina. Os atributos sabor residual de peixe/alga e sabor de algas também caracterizou as formulações 8, 9 e 12, porém em menor intensidade de citação pelos julgadores.

Verifica-se que as amostras 7 e 8 se diferenciam por estarem no quadrante 2, que é representado pelos atributos de derretimento e umidade. A formulação 7 foi mais representada pelo atributo derrete rapidamente e cor verde. As amostras 6, 10 e 11 são representadas pelos atributos do quadrante 4, que é representado pelos atributos duro/denso, presença de cristais de gelo, sensação gordurosa na boca e compacto, estes atributos estão diretamente relacionados a textura das formulações de sorvete e pode ser devido a adição da *Spirulina*.

As formulações 12, 9 e 2 são representadas pelos atributos do quadrante 1, aparência cremosa, macio e cremoso/suave, atributos relacionados a textura dos sorvetes. A formulação 2 apresentou maior frequência do atributo extremamente doce, também se encontra neste quadrante.

Em relação à aparência, os julgadores acharam mais relevante a aparência cremosa e úmido, de forma positiva, ou seja, a aparência das formulações de sorvete foi positiva para a aceitação dos julgadores. Para textura, os atributos macio e cremoso/suave mostraram a importância de ambos nas formulações de sorvete para que estes tenham boa aceitação.

Figura 15: Representação das amostras de sorvete (a) e dos atributos (b) na primeira e segunda dimensões da Análise de Componentes Principais realizada com os dados do teste CATA.



Números na figura representam as formulações; CC=Cor creme; PD = Pouco doce; SL = Sabor de leite; M= Macio; CV = Cor; verde; U= úmido; CrS=Cremoso/Suave; DerR=derrete rapidamente; ApCr=Aparência cremosa; ExD= Extremamente doce; DD = Duro/denso; CAE = Cor azul esverdeada; PCG = presença de cristais de gelo; DerL = derrete lentamente; Aer = Aerado; ResPA=Residual de peixe/alga; SA= Sabor de Algas; OPA = odor de peixe/alga; SGB = sensação gordurosa na boca; AL = aroma de leite; SD = sabor doce; PV = pontos verdes; SCN = Sabor de creme ou nata; Comp = compacto; Ig impressão global como variável suplementar.

5 CONCLUSÕES

A *Spirulina* e o extrato de ficocianina demonstraram que é viável a aplicação dessa biomassa e seu extrato em produtos alimentícios, como o sorvete. Os extratos de *Spirulina* apresentaram atividade emulsificante superior a 40 UE com estabilidade da emulsão superior a 98% em condições de temperatura, diluição e por até 4 dias (96horas), demonstrando a possibilidade de aplicação desse extrato de *Spirulina* no setor alimentício, especificamente o de produtos lácteos como o sorvete, que atualmente faz uso de outros tipos de emulsificantes.

As formulações de sorvete são influenciadas pelos teores de gordura e açúcar adicionados. Entretanto, a substituição ou redução dos teores de gordura e açúcar nas formulações por inulina, a *Spirulina* ou extrato de ficocianina possibilitou obter-se produtos com características físicas próximas das formulações sem alterações.

As análises de overrun e textura demonstraram que as formulações produzidas com o extrato de ficocianina apresentam uma textura mais suave e macia, consequentemente maiores valores de overrun. A incorporação de ar nos sorvetes proporciona uma textura leve e pode influenciar nas propriedades físicas de textura e de derretimento. O perfil de derretimento mostrou um comportamento similar entre si, tanto no registro visual quanto no volume de sorvete drenado com o tempo. As formulações de sorvete apresentaram melhores resultados para as formulações com adição de inulina e extrato de ficocianina.

Foi possível reduzir 50% do teor de gordura, 25% do teor de açúcar e glicose, e inserir como substitutos destes componentes a inulina, a *Spirulina* e o extrato de ficocianina, o uso de ingredientes funcionais não afetou as características sensoriais dos sorvetes. As formulações de sorvete apresentaram boa aceitabilidade, obtendo notas entre 6 (gostei ligeiramente) a 9 (gostei extremamente).

A realização do teste descritivo com consumidores (CATA) permitiu concluir que a adição de *Spirulina* ou o extrato de ficocianina mesmo alterando a coloração das formulações de sorvete não alterou de forma negativa para os consumidores quanto ao sabor/aroma, pois os termos menos escolhidos pelos julgadores para essas formulações foram sabor residual de peixe/alga, sabor de algas, odor de peixe/alga e pontos verdes. Isso demonstra que os julgadores não perceberam ou perceberam pouco o odor/aroma característico da microalga *Spirulina*.

REFERÊNCIAS

ADA. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: fat replacers. **Journal of American Dietetic Association**, n.105, p.266-275, Fev. 2005.

AIDOO, R.P., AFOAKWA, E.O., DEWETTINCK, K. Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture rheological, microstructure and physical quality characteristics **Journal of Food Engineering**, 126 (2014), pp. 35-42

AIME D.B.; MALCOLMSON L.J.; RYLAND, D. e ARNTFIELD, S.D. Textural analyses of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Research International**, v.34, n.3, p.237-246, 2001.

AKALIN, A.S.; ERISIR, D. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. **JSFM: Food Microbiology and Safety**, Menlo Park, v. 73, n. 4, p. 184-188, 2008.

AKALÂN, A.S.; KARAGOZLU, C.; UNAL, G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. **Journal European Food Research and Technology**, New York, v. 227, p. 889-895, 2008.

AKIN, M. S. Effects of inulin and different sugar levels on viability of probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics of probiotic fermented ice-cream. **Milchwissenschaft. Milk Science International**, v. 60(3), p. 297-301. 2005.

AKIN, M. B.; AKIN, M. S.; KIRMACI, Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. *Food Chemistry*, v. 104(1), p. 93–99. 2007.

AKOH, C.C. Fat replacer. **Food Technology**, Chicago, v.52, p.47- 53, 1998.

ANGELIS, R. C. de; **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas**. São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte: Atheneu, 2001. 295p.

ANJO, D. L. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**. v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.

ARES, G.; TÁRREGA, A.; IZQUIERDO, L.; JAEGER, S. R. Investigation of the number of consumers necessary to obtain stable sample and descriptor configurations from check-all-that-apply (CATA) questions. **Food Quality and Preference**, v. 31, p. 135–141. 2014.

ARBUCKLE, W.S. **Ice cream**. 4. Ed. Aspen: Chapman & Hall, 2000.

ARES, G.; DELIZA, R.; BARREIRO, C.; GIMÉNEZ, A.; GÁMBARO, A.. Application of a check-all-that-apply questions to the development of chocolate milk desserts. **Journal of Sensory Studies**, v. 25, p. 67-86, 2010a.

ARES, G., DELIZA, R., BARREIRO, C., GIMÉNEZ, A., GÁMBARO, A. Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. **Food Quality and Preference**, v. 21 (4), p. 417–426, 2010b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS DE SORVTES. Disponível em: http://www.abis.com.br/noticias_2017_1.html. Acesso em: 20 de julho de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. 1993. 8 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg, 2005. 1141 p.

AZEVEDO, B. M. **Perfil sensorial de café (*Coffea arabica L.*) expresso adoçado com sacarose e diferentes edulcorantes**. 2013. 121f. Tese (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2013.

AYKAN, V.; SEZGIN, E.; GUZEL-SEYDIM, Z. B. Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 110, p. 516-520, 2008.

BARBOSA, A. S.; ARAÚJO, A. S.; MARTINS, W. F.; RODRIGUES, M. S. A.; FLORENTINO, E. R. Avaliação do Perfil Microbiológico de Gelados Comestíveis Comercializado em Campina Grande – PB. **Revista Verde, Mossoró**, v. 5, n. 3, p. 63-79, 2010.

BASHO, Sirley Massako; BIN, Márcia Crestani. Propriedades dos alimentos funcionais e seu papel na e controle da hipertensão e diabetes. **Interbio** v.4 n.1 2010.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2.ed. São Paulo :Varela, 1992.

BOLLIGER, S.; GOFF, H.D.; THARP, B.W. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. **International Dairy Journal**, v.10, n.10, p.303-309, 2000.

BORTOLOZO, E. Q.; QUADROS, M. H. R. Aplicação de inulina e sucralose em iogurte. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 37-47, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária – SVS/MS. Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo da portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Diário Oficial da União; Poder Executivo, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária – SVS/MS. Regulamento Técnico Mercosul Sobre Informação Nutricional Complementar (Declarações De Propriedades Nutricionais). Resolução - RDC Nº 54, de 12 de Novembro de 2012. 2012.

BRAGA, A. C. C. **Néctares de frutas exóticas: estudos com consumidores**. 2014. 110f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2014.

BRANDÃO, S. C. C.; SILVA, R. C.; REIS JUNIOR, J. S. Produtos de laticínios light: uma nova opção para o consumidor. **Leite e derivados**, v. 22, n.3, p. 22-24, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução n. 16*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos e ou Novos Ingredientes. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1999a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução n. 17*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que Estabelece as Diretrizes Básicas para Avaliação de Risco e Segurança dos Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1999b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução n. 18*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que Estabelece as Diretrizes Básicas para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde Alegadas em Rotulagem de Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1999c.

BRASIL. Resolução ANVISA/MS nº. 384, de 05 de agosto de 1999. Regulamento Técnico que aprova o uso de Aditivos Alimentares, estabelecendo suas Funções e seus Limites Máximos para a Categoria de Alimentos 3-Gelados Comestíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 ago. 1999, Seção 1.

BRASIL. Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999. Regulamento Técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. **Diário Oficial da União**, Brasília, 03 de maio de 1999.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 266, de 22 de setembro de 2001=5. Regulamento técnico para gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 set. 2005.

BRASIL. Resolução RDC nº 02, de 07 de janeiro de 2002. Regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional e ou de saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 de julho de 2002.

CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Substitutos de gorduras. **Boletim do CEPPA**, v. 13, n.2, p. 125-164, jul. / dez. 1996.

CAMPBELL, G.; MOUGEOT, E. Creation and characterisation of aerated food products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10(9), p. 283–296, 1999.

CANO-CHAUCA, M. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Berlim, v. 6, p. 420-428, 2005.

CARVALHO, J. A., SANTOS, C. S. S., CARVALHO, M. P.de, SOUZA, L.S.de. O alimento como remédio: considerações sobre o uso dos alimentos funcionais. **Revista Científica do ITPAC**, Araguaína, v.6, n.4, Pub.1, Outubro 2013

CASAROTTI, S. N., JORGE, N. Aspectos tecnológicos dos substitutos de gordura e suas aplicações em produtos lácteos. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.= J. Brazilian Soc. Food Nutr.*, São Paulo, SP, v. 35, n. 3, p. 163-181, dez. 2010.

CCC. 1996. **“Fat Reduction in Foods,”** 111 pp., Calorie Control Council, Atlanta, Ga.

COLLIOPOULOS, J.A., JOHN, J.G., TSAU, J.H., **Sweetening Composition**. United States Patent, 4631195,1986.

COSTA, N. M. B. R., BARBOSA. C de O., **Alimentos Funcionais** - compostos bioativos e efeitos fisiológicos. 2. ed. – Rio de Janeiro-RJ: Editora Rubio, 2016.

CRUZ, A. G.; ANTUNES, A. E. C.; ARAMI, J. B.; SOUSA, A. L. O. P.; FARIA, J. A. F.; SAAD, S. M. I. Sorvetes probióticos e prebióticos. In: SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. (Ed). **Probióticos e prebióticos em alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas**. São Paulo: Livraria Varela, p. 359-388, 2011.

DELLA LUCIA, S. M.; MINIM, V. P. R.; CARNEIRO, J. D. S. Análise sensorial de alimentos. In: MINIM, V.P.R. **Análise sensorial: estudo com consumidores**. Viçosa: Editora UFV, 2013. p.14-49.

DEVEREUX, H. M.; JONES, G. P.; MCCORMACK, L.; HUNTER, W. C. Consumer Acceptability of Low Fat Foods Containing Inulin and Oligofructose. **Journal of Food Science**, v. 68 (5), p. 1850–1854. 2003.

DIAMANTINO IM, PENNA ALB. Efeito da utilização de substitutos de gordura em queijos *light*. **Rev Inst Adolfo Lutz**. Sao Paulo, 2011;70(3):258-67.

DOOLEY, L.; LEE, Y. S.; MEULLENET, J. F. The application of *check-all-that-apply* (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, v.21, p.394-401, 2010.

DREWNOWSKI, A. The new fat replacement: a strategy for reducing fat consumption. **J. Postgraduate Medicine**, v.87,p.111-121,1990.

DUTCOSKY, S. D. **Analise sensorial de alimentos**. Curitiba: DA Champagnat, 1996. 123p.

EISNER, M.D., WILDMOSER, H., WINDHAB, E.J. Air cell microstructuring in high viscous ice cream matrix. **Colloids and Surfaces A: physicochemical and engineering aspects**, v.263, p.390-399, 2005.

ESTRADA, J. E. P.; BESCÓS, P. B.; DEL FRESNO, A. M. V. Antioxidant activity of different fractions of *Spirulina platensis* protean extract. **II Farmaco**, v. 56, n. 5-7, p. 497-500, 2001

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1993.

Food Ingredients Brasil, Número 5 - 2008. www.revista-fi.com. Disponível em: <<http://www.revistafi.com/materias/74.pdf>> Acesso em: 29 de agosto de 2017.

GOFF, H.D. Ice cream. In: GUNSTONE, F.D., PADLEY, F.B., eds. **Lipid Technologies and applications**. New York: Marcel Dekker, 1997a. cap.12, p.329-354.

GOFF, H.D. Colloidal aspects of ice cream: a review. **International Dairy Journal**, v.7, p.363-373, 1997b.

GOFF, H.D., VERESPEJ, E. SMITH, A.K. A study of fat and air structures in ice cream. **International Dairy Journal**, v.9, p.817-829, 1999.

GOFF, H.D.; HARTEL, R. Ice cream and frozen desserts. **Handbook of frozen foods**.

Local: CRC Press, p. 429-500, 2004

GOFF, H. D. **The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts**. Reference Module in Food Science, Canada, 2018.

GOFF, H. D.; DAVIDSON, V. J. Flow Characteristics and Holding Time Calculations of Ice Cream Mixes in HTST Holding Tubes. **Journal of Food Protection**, v 55(1), p 34–37, 1992.

GOFF, H. D., Hartel, R. W. Ice Cream. **Springer Science & Business Media**, New York, 2013.

GOFF, H. D. Ice cream manufacture: Dairy Science and technology website. University of Guelph. Disponível em <<http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/icmanu.html>>, 2005a.

GOFF, H. D. Structure off ice cream: Dairy Science and technology website. University of Guelph. Disponível em <<http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/icmanu.html>>, 2005b.

GRANGER, C., SHOPE, A., LEGER, A., BAREY, P., CANCELL, M. Influence of formulation on the thermal behavior of ice cream mix and ice cream. **Journal of American Oil Chemists Society**, v.82, n.6, p.427-431, 2005a.

GRANGER, C., BAREY, P., VESCHAMBRE, P., CANCELL, M. Physicochemical behavior of oil-in-water emulsions: influence of milk protein mixtures, glycerol ester mixtures and fat characteristics. **Colloids and Surfaces B: biointerfaces**, v.42, p.235-243, 2005b.

GRANGER, C., LEGER, A., BAREY, P., LANGENDORFF, V., CANCELL, M. Influence of formulation on the structural network in ice cream. **International Dairy Journal**, v.15, p.255-262, 2005c.

H. M., M. H. A., F.K. Moppett. **Polydextrose**. L.O. Nabors (Ed.), Alternative sweeteners (3rd ed.), Marcel Dekker, New York (2001), pp. 499 518

IFT. Institute of Food Technologists. Fat replacers. **Food Technology**, v.52, n.3, p.47-53, 1998.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª ed., 1 ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

INTERNATIONAL DAIRY FOODS ASSOCIATION. **Ice cream labeling**. Disponível em: <<http://www.idfa.org/news--views/media-kits/ice-cream/ice-cream-labeling/>> Acesso em: 10 jan. 2019.

KHAN, R.S.; GRIGOR, J.V.; WIN, A.G.; BOLAND, M. Differentiating aspects of product innovation processes in the food industry **British Food Journal**, v. 116 (8), p. 1346-1368, 2014

KILIAN, J. **Recuperação e caracterização de proteínas do soro de leite obtidas por ultrafiltração e aplicação em sorvetes**. Dissertação de mestrado. URI - Erechim, 2018.

- Kinsella, J. E., & Morr, C. V. Milk proteins: Physicochemical and functional properties. **C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 21(3), p. 197–262, 1984.
- KWAK, N.; JUKES, D. J. Functional foods. Part 1: the development of a regulatory concept. **Food Control**. v. 12, p.99-107, 2001a.
- LAMOUNIER, M., L. **Sorvete a base do preparado em pó**. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.
- LANCASTER, B.; FOLEY, M. Determining statistical significance for choose all-that- apply question responses. **In 7th pangborn sensory science symposium**, 12-16 August, Minneapolis-USA, 2007.
- LEE, Y. S.; DOOLEY, L.; MEULLENET, J. F. The application of *check-all-that-apply* (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, v.21, p.394-401, 2010.
- LIMA RJ, NASSU TR. Substitutos de gorduras em alimentos: características e aplicações. **Quim Nova**. 1996;19(2):127-34.
- LIU, R.H; Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: **Mechanism of action Journal of Nutrition**, 134 (12 Suppl) (2004), pp. 3479s-3485s
- LUCCA PA, TEPPER BJ. Fat replacers and the functionality of fat in foods. **Trends Food Sci Tech**. 1994;5(1):12-9.
- MEGREMIS, C. Medium-chain triglycerides: a nonconventional fat. **Food Tech.**, v. 45, n. 2, p. 108-114, 1991.
- MENDEZ-VELASCO, C., GOFF, H.D. Fat aggregation in ice cream: a study on the types of fat interactions. **Food Hydrocoll**, v. 29, p. 152–159, 2012
- MILLIATTI, M. C. **Estudo reológico de formulações para sorvetes produzidos com diferentes estabilizantes**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo. São Paulo. 2013.
- MINOLTA. **Precise color communication**: color control from feeding to instrumentation. Tokyo, 1997. 49 p.
- MINTEL. **TENDÊNCIAS GLOBAIS EM ALIMENTOS & BEBIDAS 2018**. Disponível em: <<http://brasil.mintel.com/tendencias-globais-em-alimentos-e-bebidas/>>.

MONTEIRO, R.A.; COUTINHO, J.G.; RECINE, E. Consulta aos rótulos de alimentos e bebidas por frequentadores de supermercados em Brasília. **Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, v. 18, n. 3, p. 172-177, 2005.

MOSQUIM, M.C.A. *Fabricando sorvetes com qualidade*. São Paulo: Fonte Comunicações, 1999, 120p.

MORAES, Fernanda P.; COLLA, Luciane M. Alimentos funcionais e nutraceuticos: definições, Legislação e benefícios a saúde. **Revista Eletronica de Farmacia** Vol 3(2), 109-122, 2006. ISSN 1808-0804.

Muse, M. R.; Hartel, R. W. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. **J. Dairy Sci**, v 87, p. 1–10, 2004.

NEY, K. H. Sensogramme, eine methodische Erweiterung der Aromagramme. **Gondian**, v. 88, n. 1, p. 19-29, 1988.

NOONAN, W. P.; NOONAN, C. Legal requirements for “functional foods” claims. **Toxicology Letters**. v. 150, p. 19-24, 2004.

Organização Mundial de Saúde – Panorama da Segurança Alimentar e Nutricional na América Latina e Caribe – 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/466066/>>. Acesso em: 15 de agosto de 2017.

MARAN, P.J., SIVAKUMAR, V., THIRUGNANASAMBANDHAM, K., SRIDHAR, R. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel **Carbohydr. Polym**, 97 (2013), pp. 703-709

ORDÓÑEZ, P. J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005

PIÑERO ESTRADA, J. E.; BERMEJO BESCÓS, P.; VILLAR DEL FRESNO, A. M. Antioxidant activity of different fractions of *Spirulina platensis* protean extract. **IL Farmaco**, v. 56, p. 497-500, 2001.

PINHEIRO, M. V. S.; PENNA, A. L. B. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. **Aliment. Nutr.**, v. 15, n. 2, p. 175-186, 2

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ROUSSEAU, B. Sensory Evaluation Techniques. In: NOLLET, L.M.L. **Handbook of Food Analysis**, New York: Marcel Dekker, 2004. p. 21-37.

SABATINI, D.R.; et al. Composição centesimal e mineral da alfarroba em pó e sua utilização na elaboração e aceitabilidade em sorvete. **Alimentos e Nutrição**, v.22, n. 1, p. 129-136, 2011.

SEGALL, K.I., GOFF, H.D. A modified ice cream processing routine that promotes fat destabilization in the absence of added emulsifier. **International Dairy Journal**, v.12, p. 1013-1018, 2002a.

SEGALL, K.I., GOFF, H.D. Secondary adsorption of milk proteins from the continuous phase to the oil-water interface in dairy emulsions. **International Dairy Journal**, v.12, p.889-897, 2002b.

SORVETES E CASQUINHA. **História do sorvete**. n.2, p.26, 2003.

SHOAIB M.; SHEHZAD, A.; OMAR, M.; RAKHA, A.; RAZA, H.; SHARIF, H. R.; SHAKEEL, A.; ANSARI, A.; NIAZI, S. Inulin: Properties, health benefits and food applications. **Carbohydrate Polymers**. v. 147, p. 444-454, 2016.

SILVA JUNIOR, E. **Formulações especiais para sorvete**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

SILVA JUNIOR, E.; LANNES, S.C.S. Effect of different sweetener blends and fat types on ice cream properties. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, p. 217-220, 2011.

SOFJAN, R. P.; HARTEL, R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, v. 14(3), p. 255–262, 2004.

SOUZA, J. C. B.; COSTA, M. R.; DE RENSIS, C. M. V. B.; SILVIERI, K. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara. v.21, n.1, p. 155-165, jan./mar. 2010.

SU, F. **Comportamento estrutural de formulações de gelado comestível com variações da base gordurosa**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012

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**, v.75, n.3, p. C274-C279, 2010.

THARPS, B.; **Estrutura do sorvete**. Sorvetes e Casquinhas. Disponível em:

<http://www.insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/146.pdf>. Acesso em 10 jan. 2019.

TRGO, C.; KOXHOLT, M.; KESSLER, G. Effect of freezing point and texture regulation parameters on the initial ice crystal growth in ice cream. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.3, p. 460-465, 1999.

YEOH, S., SHI, J., LANGRISH, T.A.G. Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels **Desalination**, 218 (2008), pp. 229-237

HOSSEINI, S.S., KHODAIYAN, F., YARMAND, M.S. Aqueous extraction of pectin from sour orange peel and its preliminary physicochemical properties **International Journal of Biological Macromolecules**, 82 (2016a), pp. 920-926.

HOSSEINI, S.S., KHODAIYAN, F., YARMAND, M.S. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties **Carbohydrate Polymers**, 140 (2016b), pp. 59-65.

SCHMIDT, C. A. P.; MIGLIORANZA, E. Análise Sensorial e o Café: uma revisão. **Revista Científica Inovação e Tecnologia**, v. 1, n. 2, p. 16-24, 2010.

SHAO, A., CAMPBELL, W. W., CHEN, C-Y.O., MITTENDORFER, B., RIVAS, D. A., GRIFFITHS, JC. The emerging global phenomenon of sarcopenic obesity: Role of functional foods; a conference report. **Journal of Functional Foods**. Volume 33, junho 2017, páginas 244-250.

SHOAIB M.; SHEHZAD, A.; OMAR, M.; RAKHA, A.; RAZA, H.; SHARIF, H. R.; SHAKEEL, A.; ANSARI, A.; NIAZI, S. Inulin: Properties, health benefits and food applications. **Carbohydrate Polymers**. v. 147, p. 444-454, 2016.

SMYTH, J.D.; DILLMAN, D.A.; MELANI CHRISTIAN, L.; STERN, M.J. Comparing check-all and forced-choice question formats in web surveys. **Public Opinion Quarterly**, v.70, p.6677, 2006.

SØRENSEN, L. B.; CUETO, H. T.; ANDERSEN, M. T.; BITZ, C.; HOLST, J. J.; REHFELD, J. F.; ASTRUP, A. The effect of salatrim, a low-calorie modified triacylglycerol, on appetite and energy intake. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 87, n. 5, p. 1163-1169, May 2008.

SOUZA, P. H. M.; SOUZA NETO, M. H.; MAIA, G. A. Componentes funcionais nos alimentos. **Boletim da SBCTA**.v. 37, n. 2, p. 127-135, 2003.

STONE, H; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 408p. 2007.

TÁRREGA, J.D., TORRES, E. COSTELL. Influence of the chain-length distribution of inulin on the rheology and microstructure of prebiotic dairy desserts. **Journal of Food Engineering**, 104 (2011), pp. 256-363

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, MG, v. 64 n. 366, p. 12-21, Jan/Fev. 2009.

Tetra Pak Dairy Index – Relatório Anual de tendências – 2015. Disponível em: <<https://www.tetrapak.com/br/about/dairy-index>> Acesso em 22 de setembro de 2017.

The Finest Atomated Machines – A origem do sorvete – 2012. Disponível em: <<https://www.finamac.com/br/noticias/2012/09/a-origem-do-sorvete>> Acesso em: 20 de agosto de 2017.

THAKUR, R.K., VIAL, C., DJELVEH, G. Combined effects of process parameters and composition on foaming of dairy emulsions at low temperature in a agitated column. *Journal of Food Engineering*. v.68, p.335-347, 2005.

THANASUKARN, P., PONGSAWATMANIT, R., MCCLEMENTS, D.J. Influence of emulsifier type on freeze-thaw stability of hydrogenated palm oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, v.17, p.1-23, 2003.

WALZEM, R. L. Functional Foods. *Trends in Food Science and Technology*. v. 15, p. 518, 2004.

ZEN, C. K. **Microencapsulação da microalga *Spirulina sp.* para a adição em massa fresca tipo talharim**. Dissertação de mestrado. Universidade de Passo Fundo, 2018.

APÊNDICE A – Artigo científico

Desenvolvimento de Sorvete Funcional com Redução de Açúcar e Gordura

Larissa da Silva Faresin^{a,*}, Luciane Maria Colla^a

^a Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de Passo Fundo, Avenida Brasil Leste, 285, 99052-900, Passo Fundo, Brasil

* Corresponding author: Tel.: +55 66 996317904; *Email address*: faresin.larissa@gmail.com

RESUMO

O objetivo da pesquisa é desenvolver formulações de sorvete funcional reduzido de gordura e açúcar, adicionado de *Spirulina platensis*, extrato de ficocianina e inulina, que tem como potencial a atividade emulsificante, agente de textura e substituto de açúcar e gordura, e se a adição destes compostos influencia a aceitabilidade dos sorvetes. Os resultados de caracterização da *Spirulina* e do extrato de ficocianina demonstraram que podem ser aplicados em sorvete, pois apresentam atividade emulsificante acima de 45 UE e estabilidade de emulsão superior a 95%. As formulações de sorvete tiveram 50% de redução de gordura, 25% de redução de açúcar e adição de 1% de *Spirulina* e 2% de inulina. As formulações de sorvete foram caracterizadas físico-quimicamente e submetido à avaliação sensorial de aceitabilidade e atributos sensoriais através da metodologia CATA (Check All That Apply). A análise sensorial mostrou que as formulações de sorvete tiveram boa aceitabilidade, apresentando notas entre 6 (gostei muito) e 9 (gostei muitíssimo). Os atributos mais citados pelos julgadores na aplicação da metodologia CATA, foi a textura macia, cremoso/suave e aparência cremosa. A adição de *Spirulina* e inulina mostrou-se uma alternativa aplicável e tornando o sorvete um produto funcional e tecnológico.

.Palavras-chave: Sorvete, gordura, açúcar, *Spirulina platensis*, inulina

1. Introdução

A falta de equilíbrio na dieta alimentar da população mundial colabora muitas vezes com o surgimento e/ou agravamento de patologias crônicas (CARVALHO et al., 2013). A demanda dos consumidores por produtos alimentares que melhoram a saúde, como os produtos modificados pela nutrição (por exemplo, produtos com baixo teor de gordura ou com fibras adicionadas) e alimentos funcionais cresceu rapidamente nas duas últimas décadas. A indústria de alimentos e de bebidas muda regularmente ou reformula a composição de seus produtos, por exemplo, para melhorar o gosto ou diminuir os custos. As empresas de alimentos, atraídas pelo constante crescimento do mercado, têm vindo a investir no desenvolvimento de novos produtos modificados, que sejam funcionais e nutricionais (KHAN et al., 2014).

Os alimentos funcionais atendem essa demanda social, através do conceito de nutrição otimizada. Alguns ingredientes funcionais, como os prebióticos (inulina) e proteínas antioxidantes (ficocianina) podem apresentar também funções tecnológicas como agentes de redução de gordura e emulsificantes, contribuindo para o desenvolvimento e alterações de formulação, como a redução de açúcar e gordura.

Alimentos com melhor palatabilidade são normalmente os que compreendem maiores teores de gorduras e, por consequência são bastante calóricos. Muitos desses alimentos são derivados lácteos ou tem em sua formulação produtos lácteos, como os sorvetes, rico em gordura e açúcares, além de corantes e aromatizantes artificiais. Uma mistura com alto teor de gordura de leite ou creme, frutose e/ou adoçantes à base de glicose e aromatizantes é obtida etárias. Devido a sua formulação ser extremamente energética é um excelente produto para empregar o uso de alterações de formulação, como por exemplo, redução de gordura e açúcar, aumento do teor proteico, uso de compostos bioativos melhorando assim suas propriedades funcionais.

A adição de ingredientes bioativos é uma alternativa estudada para a melhoria dos perfis nutricionais e funcionais dos alimentos, a exemplo disso, a adição da microalga *Spirulina platensis*, cuja biomassa apresenta elevado teor proteico (60 a 70 %, dependendo das condições de cultivo), alto potencial antioxidante (PINERO ESTRADA et al., 2001). A inulina é um polissacarídeo solúvel, prebiótico, encontrado em larga escala na natureza em tubérculos, cebola, alho, raiz de chicória, promove melhoramento de textura, forma géis e se assemelha a gordura quanto a textura (SHOAIB et al., 2016).

O objetivo deste estudo é contribuir para o desenvolvimento de alimentos funcionais com redução de gordura e açúcar adicionados de compostos bioativos como a *Spirulina* e a inulina, que funcionam substituindo o emulsificante, a gordura e o açúcar das formulações de sorvete. Foram desenvolvidas 12 formulações de sorvete com redução de açúcar e gordura, adição de inulina, *Spirulina* e ficocianina.

2. Material e Métodos

2.1. Material

Para a elaboração dos sorvetes, foram utilizadas as seguintes matérias-primas obtidas comercialmente: Leite em pó desnatado; Creme de leite; Xarope de glucose; Sacarose; Liga Neutra em Pó; Topping; Emustab; Biomassa de *Spirulina* em pó, Inulina e saborizante.

2.2. Métodos

A metodologia de preparo e as concentrações dos ingredientes utilizados nas formulações dos sorvetes foram decididas após testes iniciais, levando-se em consideração metodologias e formulações de diversos estudos. Foram realizados 12 testes de formulação com o objetivo de obter as formulações com as alterações como redução de açúcar e gordura e adição de Inulina e *Spirulina*. As concentrações dos ingredientes utilizados encontram-se na Tabela 1.

2.3. Preparação das formulações de sorvete

Para elaboração dos sorvetes, o leite em pó foi dissolvido na água aquecida a 60 °C e homogeneizados em liquidificador por 2 minutos, a essa mistura foi adicionado a glicose diluída em parte da água (aproximadamente 20%) e homogeneizou novamente, após, adicionou os ingredientes secos já misturados anteriormente para evitar a formação de grumos, e liquidificou por 5 minutos para uma distribuição uniforme dos ingredientes dando início à fabricação da calda do sorvete. Em seguida, as caldas foram pasteurizadas a 75 °C por 15 minutos, após pasteurização a mistura foi transferida para um béquer de plástico de 1 litro e resfriada em banho de gelo sob constante agitação até 15 °C para que a cristalização das gotículas de gordura ocorresse de forma homogênea evitando a formação de grandes cristais de gelo. Os béqueres foram vedados com filme plástico e colocado em refrigerador, para ser maturado a 10 °C por 24 horas. Um tempo de maturação superior a 4 horas é recomendado antes do congelamento. Isto permite a hidratação das proteínas do leite, cristalização dos glóbulos de gordura e o rearranjo de membranas (GOFF, 1997).

A mistura foi mantida sob homogeneização durante todo o processo em agitador mecânico a 1200 rpm. De acordo Goff (1997), a agitação forma gotículas de gordura de tamanho mais homogêneo resultando em uma maior estabilidade dos glóbulos de gordura durante a maturação e conseqüentemente um produto final com uma textura mais macia e uniforme.

Após a maturação, as misturas foram submetidas ao processo de batimento e congelamento na sorveteira (Tramontina By Breville), com o movimento e a agitação constante, o ar foi incorporado à mistura que em seguida foi congelada, dando assim, origem ao sorvete. O produto foi armazenado em potes, previamente esterilizados, identificados com a descrição do conteúdo e congelados em freezer convencional a -20 °C, para que ocorresse o congelamento do restante da água evitando-se a formação de grandes cristais de gelo e para estabilização de todos os cristais formados durante o processo de congelamento.

2.4. Caracterização físico-química das formulações de sorvete

As formulações foram caracterizadas segundo o pH através de pHmetro digital; umidade e sólidos totais por meio de aquecimento direto em estufa com circulação forçada de ar a 75 °C, até obtenção de peso constante; gordura pelo método de extração de Rose Gottlieb; proteína bruta obtida pela determinação do teor de nitrogênio total por destilação em aparelho MicroKjedahl usando o fator 6,38 para cálculo da concentração de proteína em produtos lácteos. Todas as determinações foram realizadas segundo as Normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O teor de sólidos solúveis totais dos sorvetes foi obtido por leitura direta em refratômetro e os valores expressos em °Brix (PRADO, 2009). O teor de carboidrato totais foi calculado, em porcentagem, de acordo com a Equação 1:

$$\% \text{Carb. + fibras} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídeos} + \% \text{ cinzas})$$

(1)

2.5. Comportamento reológico

Os ensaios para determinar as características reológicas das amostras foram realizados em um viscosímetro Brookfield Viscometer LV DV2T à temperatura de 10 °C simulando a temperatura do refrigerador utilizado na maturação. Utilizou-se o sensor cone placa (C35/1 Ti polido), com gap de 0,024 mm. As análises foram realizadas com 10 pontos de resultados para cada amostra. Obteve-se os valores de viscosidade (cP), Torque (%), velocidade (rpm), tempo (segundos) e temperatura (°C).

A determinação do overrun foi determinada de acordo com o método descrito por Goff e Hartel (2004). Um volume definido da calda após a maturação foi pesado em um béquer de vidro de 50 mL, o valor foi anotado. Logo após o batimento e aeração do sorvete, o mesmo volume foi pesado no mesmo béquer, e o valor foi anotado. O overrun foi calculado conforme a Equação 2:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{\text{peso da mistura base do sorvete} - \text{peso do sorvete}}{\text{peso do sorvete}} \times 100 \quad (2)$$

O teste de derretimento (melting test) das amostras foi determinado de acordo com o procedimento descrito por Granger et al (2005) com modificações descritas a seguir. Amostras de sorvete de 100 mL, foram colocadas em congelador por 60 minutos e após isso, transferidas para tela metálica de abertura de 3,5 cm, conforme aparato experimental. A temperatura ambiente foi mantida a 25 ± 1 °C e o volume de sorvete drenado foi registrado a cada cinco minutos. A partir dos dados obtidos, foram construídos gráficos de tempo em função do volume derretido. Foi utilizada regressão linear para determinar o tempo inicial de derretimento e a velocidade de derretimento a partir da intersecção da reta com o eixo x e a inclinação da reta, respectivamente.

As análises de textura das formulações foram realizadas no texturômetro TA-XTplus (Stable Micro System) com Probe HDP/LKB (P/5S) e plataforma HDP/90. Os testes foram realizados em triplicata para todas as formulações com uma velocidade de cisalhamento do probe de 2 mm/s e uma distância percorrida de 5 mm. Os dados foram capturados pelo programa Texture Expert Exceed – versão 2.6, gerando as curvas características do perfil de textura das análises determinando-se a força máxima requerida para o cisalhamento das amostras de sorvete de todas as formulações. Os testes foram realizados após o congelamento. As amostras foram colocadas em copos descartáveis de 50 mL que foram descartados antes da análise para não interferir na força exercida pelo Probe.

A avaliação da cor das amostras de sorvete foi determinada utilizando o colorímetro UltraScan PRO (HunterLab). Foram obtidos os valores de L^* (luminosidade) que variam de zero (preto) a 100 (branco) e coordenadas de cromaticidade $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho), e $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo).

2.6. Avaliação sensorial do sorvete

Foram selecionados provadores não treinados, que se declararam consumidores de sorvete, os julgadores convidados para os testes deveriam ser: maior de idade (acima de 18 anos), de ambos os sexos e não apresentar alergia aos componentes das formulações.

A avaliação sensorial das formulações de sorvete desenvolvidos foi realizada com 50 provadores não treinados e o teste foi realizado em cabines individuais, durante o período matutino (09:00 as 11:00) e vespertino (14:00 as 17:00). Foram analisadas 4 amostras por dia, durante três dias. As amostras foram codificadas com números aleatórios de três dígitos, apresentados sob luz ambiente, oferecida a cada um dos provadores. As amostras de sorvete foram preparadas segundo as boas práticas de fabricação de produtos alimentícios, no laboratório de Leite do curso de Engenharia de Alimentos-UPF.

Os sorvetes estavam em temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento de servir, foram servidos em copos descartáveis brancos contendo em torno de 20 mL de amostra de sorvete, acompanhados de colher plástica. Foi solicitado aos provadores que consumissem entre uma amostra e a seguinte água para diminuir a interferência de sabor entre as amostras. As amostras foram servidas aos provadores seguindo os procedimentos indicados para uma análise sensorial. As amostras de sorvete foram apresentadas aos consumidores de forma monádica, aleatorizadas e codificadas.

Após provar cada amostra os julgadores preencheram as fichas de avaliação que estavam disponíveis em computadores postos em cada cabine individual. Para cada amostra o julgador respondia uma ficha online e submetia a resposta ao final.

A descrição sensorial dos sorvetes com o teor de açúcar e gordura reduzidos foi realizada por meio da metodologia Check-all-that-apply (CATA) ou (Marque tudo o que se aplica). Uma ficha contendo os termos descritivos e afetivos foi elaborada a partir de dados da literatura sobre caracterização descritiva de sorvetes.

A análise CATA foi realizada pelos mesmos 50 julgadores não treinados do teste de aceitação, como recomendado por Ares et al. (2014). Os consumidores foram orientados a marcar todos os atributos que julgassem conveniente para caracterizar as amostras de sorvetes analisadas. Os atributos foram selecionados com base em estudos anteriores de desenvolvimento de sorvete com redução de gordura e açúcar e adição de *Spirulina* (LEE et al., 2010).

2.7. Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos no teste de aceitação foram submetidos à análise estatística de variância (ANOVA) e ao teste Tukey para a verificação das diferenças entre as médias a um nível de significância de 5 % ($p < 0,05$).

Na avaliação dos resultados da metodologia descritiva CATA foi verificada a frequência de utilização de cada termo pelos avaliadores, por meio da contagem do número de julgadores que usaram determinado termo para descrever cada uma das amostras. A técnica multivariada da análise de correspondência (AC) foi usada na tabela de frequência, contendo os diferentes tratamentos em linhas e os termos descritivos nas colunas. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa (Statistic 5.5).

3. Resultados e Discussão

3.1. Elaboração e caracterização das formulações de sorvete

A partir de uma formulação de referência (formulação 1), foram feitas as alterações dos ingredientes, como redução de gordura e açúcar, adição de *Spirulina* e inulina, resultando em 12 formulações, conforme mostrado na Tabela 1.

3.2. Caracterização físico-química dos sorvetes

A Tabela 2 apresenta os resultados de caracterização físico-química dos sorvetes. O pH dos sorvetes analisados variou de 6,69 a 7,26, havendo diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as formulações. Os dados obtidos mostram que, em relação às determinações de pH, os sorvetes apresentaram valores próximos a neutralidade e essa elevação nos valores de pH ocorre devido à adição do leite e outras fontes de sólidos solúveis acrescentados.

Quanto aos parâmetros de Sólidos Solúveis Totais (SST), expressos em °Brix, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as formulações 2, 4, 7 e 12, as quais apresentaram maiores quantidades de sólidos solúveis (43,96, 43,66, 44,56 e 43,93), respectivamente. As formulações (10, 11 e 12) com redução de açúcar e glicose, apresentaram elevados SST devido a adição de inulina e *Spirulina*, que compensaram os sólidos, pois contêm sólidos solúveis em sua composição.

Foi possível observar que os resultados encontrados para sólidos totais se apresentam dentro dos valores estipulados pela Legislação Brasileira, onde estabelece que formulações de sorvete devem possuir concentrações mínimos de 28 % de sólidos totais de produto final (BRASIL, 2000). As formulações de sorvete apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos teores de sólidos totais. De acordo Goff e Hartel (2013) a composição padrão para um sorvete é de 28 a 40% de sólidos totais. Comparando os resultados, apenas com relação ao teor de sólidos totais que variou entre 36,93 a 40,70% as formulações atendem as orientações propostas pelos autores. As formulações 4 e 7 foram as que apresentaram os maiores valores de sólidos totais (40,70 e 40,53) respectivamente, em contraposição com as amostras 3, 6, 10 e 11, ao aumentar ou diminuir o teor de gordura, ocorre o mesmo com o teor de sólidos totais, demonstrando assim que são proporcionais (SILVA JUNIOR, 2008; MILLIATI, 2013).

A importância do teor de sólidos totais, é que estão diretamente relacionados à palatabilidade do sorvete, pois, influenciam quanto a intensidade e o tempo de permanência do sabor na boca e aumento da viscosidade (ORDÓÑEZ, 2005).

Estudos realizados por Trgo, Koxholt e Kessler (1999), pesquisando o efeito do teor de sólidos sobre o comportamento de sorvetes encontraram que a redução no conteúdo de matéria seca resultou em aumento na temperatura de congelamento e alterou o comportamento do produto durante o endurecimento, devido a modificações na entalpia de solidificação.

Foi possível observar que os resultados encontrados para gordura, se apresentam dentro dos valores estipulados pela Legislação Brasileira, onde estabelece que formulações de sorvete devem possuir concentrações mínimas de 2,5 % de produto final para gordura láctea (BRASIL, 2000). Esses valores dentro dos parâmetros são considerados indispensáveis para obter um produto final de boa qualidade, pois representam características importantes. As formulações 1 e 2 ($p > 0,05$) apresentaram os maiores valores de gordura, devido a adição de topping e emustab, que são constituídos basicamente de gordura. Enquanto que as formulações 4, 5, 7, 9, 10, 11 e 12 apresentaram os menores percentuais de gordura ($p < 0,05$) em função da redução de 50% do teor de gordura e exclusão de topping e emustab. Segundo classificação internacional, o sorvete light é aquele que apresenta um mínimo de 25% de redução do teor de gorduras comparado ao produto referência (IDFA, 2012), e tal classificação permite que os sorvetes desenvolvidos integrem esta categoria.

Em relação ao conteúdo de gordura, este geralmente é elevado em sorvetes em comparação com outros macros nutrientes. O tipo e a quantidade de gordura influenciam as características do sorvete resultante, modificando suas propriedades (LAMOUNIER, 2012; GOFF, 2018). A gordura favorece a qualidade do sorvete por melhorar suas características sensoriais, proporcionando melhor sabor e textura mais macia e cremosa, também contribui para a resistência à fusão do sorvete (MÉNDEZ-VELASCO; GOFF, 2012).

Nas formulações as quais foram incorporados 1% de *Spirulina*, que tem em sua composição 63% de teor de proteína, é possível perceber um aumento do valor proteico final. Entre a formulação 1 (2,29 g/100g) e a formulação 10 (3,03 g/100g) que apresentou maior teor

de proteínas, houve um aumento de mais de 30%. Entretanto, segundo a RDC nº 54 de 2012 (BRASIL, 2012) a qual trata o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar para ser considerado um produto fonte de proteína o produto precisa de 6 g/100g, portanto, como os valores de proteínas variaram entre 2,29 a 3,03 as formulações de sorvete desenvolvidas não podem ser consideradas como fonte de proteína.

As proteínas contribuem para o desenvolvimento da estrutura do sorvete, inclusive para emulsificação, aeração e desenvolvimento de corpo. A capacidade de retenção de água das proteínas conduz à melhoria da viscosidade da mistura, a retenção da água é importante, pois, quanto menor a quantidade de água livre no produto, menor será a quantidade e o tamanho dos cristais de gelo formados (SOUZA et al., 2010; KINSELLA, 1984).

Os teores de umidade das formulações de sorvete, diferiram significativamente ($p < 0,05$). O maior teor de umidade foi observado na formulação “padrão” (formulação 1) em função da menor concentração de sólidos quando comparado com as outras formulações.

Para os teores de cinzas nas formulações de sorvete, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as formulações de sorvete desenvolvidas, pois não houve alteração dos ingredientes usados nas formulações que pudessem modificar os valores deste componente.

Em relação aos teores de carboidratos não existem valores estabelecidos pela legislação e nas formulações de sorvete analisados foram quantificados entre 22,63 e 57,12 g/100g. Houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras. É possível observar uma diferença entre as formulações que não tinham adição de inulina para as que tinham como as formulações 5, 7, 9, 10, 11 e 12, indicando assim, a presença de fibras nestas formulações. As fibras são importantes agentes que influenciam na flora do trato gastrointestinal de humanos. Para um alimento ser considerado fonte de fibras é necessário que o mesmo tenha no mínimo de 3 g/100g de fibras em sua composição (BRASIL, 1998). O enriquecimento dos sorvetes com inulina e *Spirulina*,

difere dos sorvetes comercializados no mercado, tornando-os uma boa opção como fonte de fibras na dieta alimentar do dia a dia do consumidor. Além das fibras promovidas pela adição de 2% de inulina, o sorvete também possui antioxidantes, ácidos graxos polinsaturados, minerais e vitaminas devido a adição de 1% de *Spirulina*.

Em relação à composição química dos sorvetes em estudo, várias pesquisas vão ao encontro dos resultados obtidos. Ao desenvolver iogurte adicionado de inulina e sucralose, Bortolozo e Quadros (2007), obtiveram o melhor resultado no ensaio cuja concentração de inulina era de 5% e de sucralose 0,05%. Os autores concluíram que os objetivos propostos foram atingidos, obtendo-se um produto de boa aceitação, baixa concentração energética, isento de gorduras e rico em fibras solúveis, podendo ser classificado como um produto para fins especiais e produto funcional.

3.3. Avaliação das características físicas das formulações de sorvete

3.3.1. Análise de textura

A análise de textura determinou a firmeza das formulações de sorvetes. A firmeza foi medida como o pico da força máxima (g) necessária ao cisalhamento requerido para “cortar” o sorvete, simulando uma colher. Os resultados obtidos nas análises de textura, para as formulações de sorvetes são observadas no Figura 1.

A firmeza, indica a rigidez estrutural do produto: quanto mais firme a amostra maior a força necessária para cisalhá-la. A desejável leveza do sorvete pode ser relacionada com sua firmeza: o produto mais leve, apresentará menor firmeza, ou seja, menor força necessária para seu cisalhamento (AIME et al., 2001; SILVA, 2004).

De acordo com os resultados, a formulação 8 apresenta uma força máxima necessária para cisalhamento menor que as demais formulações. Isto indica que no momento do término do processo de congelamento a formulação 8, que tinha em sua composição o extrato de

ficocianina, apresentou uma massa mais macia. E a formulação 6 com adição de *Spirulina* sem adição de inulina mostrou uma força máxima necessária para cisalhamento maior que as demais formulações, apresentando uma massa mais firme. Ambas formulações 6 e 8, apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) das demais formulações.

A textura firme na formulação 6 pode ser explicada pela falta de emulsificante, a adição de *Spirulina* somente é insuficiente para que esta atue como emulsificante, pois embora a ficocianina esteja presente na biomassa, não foi extraída pelo processo de congelamento e descongelamento. Já a formulação 8, que apesar da falta de emulsificantes, tinha adição de ficocianina, que atua como emulsificante no sorvete.

3.3.2. Reologia

A Tabela 3 apresenta os resultados referentes à viscosidade das formulações de sorvetes. Os ensaios reológicos foram realizados a uma temperatura constante de 10 °C, para obtenção dos dados.

Aime et al., (2001), realizaram análises sensoriais e instrumentais de viscosidade e textura em quatro formulações de sorvetes de creme com diferentes percentuais de gordura, sendo as formulações com quantidade regular de gordura (10%), sorvete light (5%), sorvete com baixa quantidade de gordura (2,5%) e sorvete sem gordura (0,4%). Os autores obtiveram valores de viscosidade menores que um para as amostras, variando de 0,37 a 0,66, caracterizando comportamento pseudoplástico.

Kaya e Tekin (2001) estudaram o efeito de diferentes concentrações de um estabilizante natural na reologia de duas misturas de sorvete típicas da Turquia. Sendo uma mistura à base de leite e outra à base de água. Os ensaios foram realizados nas temperaturas de 10 °C, 20 °C, 30 °C, 40 °C e 50 °C. Os autores encontraram comportamento pseudoplásticos nas diferentes temperaturas utilizadas. Os índices de comportamento de diferentes misturas de sorvete a base

de leite variaram de 0,77 a 0,96, ao longo das diferentes temperaturas. Nas diferentes misturas de sorvetes a base de água, o índice de comportamento variou de 0,85 a 1,01, nas diversas temperaturas de ensaio. As propriedades reológicas da maioria dos sorvetes têm sido descritas como pseudoplásticas (GOFF e DAVIDSON, 1992, apud AIME et al., 2001).

3.3.3. Overrun

O overrun é definido como o aumento percentual do volume de sorvete (produto final) em relação à calda ou mistura (produto inicial), ou seja, a quantidade de ar incorporado durante o processo de batimento e congelamento simultâneo da calda para obtenção do sorvete (CRUZ et al., 2011). Os valores calculados de overrun das formulações de sorvete podem ser observados na Figura 2.

A incorporação de ar nos sorvetes proporciona uma textura leve e pode influenciar nas propriedades físicas de textura e de derretimento. No entanto, a qualidade desses parâmetros não é influenciada apenas pela a quantidade de ar incorporado no produto, mas também pela distribuição e pelo tamanho das partículas de ar. Diante da complexidade da estrutura sorvete, a fabricação requer controle cuidadoso, pois inúmeros fatores estão envolvidos no desenvolvimento do overrun do sorvete (SOFJAN; HARTEL, 2004; XINYU et al., 2010).

Silva Junior e Lannes (2011), observaram incorporação de ar entre 35% e 40% em sorvetes formulados com xarope de glicose e gordura de palma em substituição da sacarose e da gordura hidrogenada. Em geral, sorvetes são comercializados em unidades de volume. Portanto, a aeração é um recurso que diminui o custo destes alimentos.

Os valores encontrados são próximos aos valores encontrados por outros autores. No presente trabalho, as porcentagens de overrun (%) das diferentes formulações de sorvetes descritas na Figura 2 variaram entre 37,8 e 28,8. O maior valor de overrun obtido foi de 37,8% para a formulação 1, a qual não teve adição de inulina e *Spirulina* e não sofreu redução de

gordura. A formulação 4 foi a que apresentou o menor valor (28,8%) de overrun em função de ser igual a formulação padrão, no entanto sem adição de topping e emulsificante e redução de 50% de gordura.

A porcentagem de incorporação de ar diminui conforme diminui o teor de gordura e retira o emulsificante. Entretanto, ao adicionar a inulina, Spirulina e a ficocianina podem contribuir para a incorporação de ar. É possível perceber a ação da adição da inulina e da ficocianina nas formulações 9 e 12, que obtiveram valores mais elevados de overrun de 35,8 e 34,9%, respectivamente, em comparação a formulação 4.

Entretanto, quando foram diminuídos os teores de açúcar (formulação 12 – 25% de redução de açúcar), adicionada a inulina (formulação 5 – 2% de inulina), o extrato de ficocianina com inulina (formulações 9 e 12 – 1% de extrato e 2% de inulina) e adição de extrato de ficocianina (formulação 8 – 1% de extrato), obteve-se um aumento na incorporação de ar, melhorando desta forma o overrun. A adição de inulina e ficocianina contribuíram para que as texturas ficassem mais suaves e conseqüentemente obtivesse melhores taxas de incorporação de ar.

Em estudo realizado por Akin et al. (2007) também foi verificado um aumento do overrun de sorvetes quando suplementados com 2% de inulina. Aykan et al. (2008) utilizaram inulina e substituto de gordura para a fabricação de sorvetes de baunilha com diferentes teores de gordura e verificaram seus efeitos sobre as características de textura dos produtos. Os sorvetes com substitutos de gordura apresentaram maior viscosidade que o controle, devido à capacidade dos carboidratos e proteínas se ligarem com a água.

Segundo Goff (2018), os valores de overrun variam de 25% a 50% em produtos premium de alta qualidade, e de 110% a 120% em marcas econômicas. A agitação e aeração induzem uma desestabilização ou coalescência parcial da emulsão de gordura, fazendo com que

alguns glóbulos de gordura sejam absorvidos e estabilizar as interfaces da bolha de ar e também fazer com que alguns dos glóbulos de gordura desenvolvam uma rede de partículas de gordura em todo a fase descongelada do sorvete.

Durante o congelamento de sorvetes, o desenvolvimento das células de ar é influenciado por fatores relacionados à formulação, como, rede de gordura, proteínas do leite, emulsificantes e cristais de gelo. A estrutura da rede de gordura parcialmente coalescida está diretamente ligada à estabilização do ar incorporado na formulação de sorvete. Quanto maior a quantidade de gordura maior a incorporação de ar no sorvete. O overrun é um dos parâmetros mais importantes quando se pensa em processamento de sorvetes, uma pequena incorporação de ar ao sorvete torna-o denso, por outro lado, o excesso faz com que a taxa de fusão seja agilizada (GOFF; HARTEL, 2013).

Deve-se considerar que em linhas industriais o sistema de fabricação é contínuo e conta com bombas de injeção de quantidade pré-estabelecidas de ar ou nitrogênio gasoso, de modo que se pode facilmente expandir o alimento (CAMPBELL; MOUGEOT, 1999). Segundo Sofjan e Hartel (2004), o ar em sorvetes fornece uma textura mais suave e influencia as propriedades físicas de derretimento.

3.3.4. Teste de derretimento

O comportamento dos sorvetes durante o derretimento foi analisado através do acompanhamento do gráfico do tempo versus volume do sorvete drenado, e os parâmetros tempo inicial de derretimento e velocidade de derretimento obtidos por regressão linear, são mostrados na Figura 3.

A aparência do sorvete à medida que ele derrete é extremamente importante na percepção global do consumidor quanto à qualidade do produto. Além disso, a observação do processo de derretimento pode trazer informações quanto a outros fatores de variação da

qualidade, tais como estabilidade da proteína e aglomeração de gordura. O termo rápido demais ou lento demais são usados para caracterizar a taxa ou velocidade de derretimento do sorvete, o derretimento (conversão de gelo em água) acontece em velocidades quase iguais em porções de sorvetes de configuração e massa similares, independente da sua composição (THARP, 2007).

Observa-se que as amostras de sorvetes produzidos apresentaram comportamento similar entre si, tanto no registro visual quanto no volume de sorvete drenado com o tempo. As formulações de sorvetes iniciaram o processo de derretimento próximo aos 15 minutos praticamente em todas as formulações. As formulações 2 e 10 iniciaram o derretimento a partir de 20 minutos, ambas tiveram 50% de redução de gordura, conseqüentemente o teor de sólidos aumentou nestas formulações, isso pode explicar o tempo maior de início de derretimento.

A formulação 10 tinha em sua composição inulina e Spirulina e redução de 25% do teor de açúcar. A inulina e a Spirulina adicionadas substituíram a gordura e o açúcar reduzidos mantendo a estrutura da rede que é formada pela gordura. Entretanto, a formulação 8 apresentou menor tempo inicial de derretimento (6,59 minutos) e menor velocidade de derretimento (2,12 mL/min), e tinha em sua composição a ficocianina, porém não continha topping e emustab. A menor taxa de derretimento pode estar relacionada a uma rede de gordura bem formada. O derretimento do sorvete está principalmente relacionado com a estrutura formada pela rede gordurosa, podendo assim reduzir a taxa de derretimento dos sorvetes.

Já as formulações 6 e 12 apresentaram maiores velocidades de derretimento (2,50 e 2,49 mL/min), a interação da gordura com o emulsificante pode ter influenciado na velocidade de derretimentos dos sorvetes. A formação de cristais grandes e arredondados podem levar a uma maior velocidade de derretimento (SU, 2012). As formulações de sorvetes ao derreter apresentaram massa líquida, homogênea e uniforme, após 35 min cerca de 50% da massa de sorvetes já havia derretido, tempo considerado suficiente para o consumo do sorvete.

A agregação dos glóbulos de gordura por coalescência parcial durante a fase de congelamento parece ser o maior contribuinte para a resistência ao derretimento (MUSE e HARTEL, 2004; GRANGER et al., 2004; SUNG e GOFF, 2010). Conforme os cristais de gelo derretem e a estrutura do sorvete entra em colapso, é esperado que a rede de gordura parcialmente coalescida mantenha a forma original do sorvete durante e após o derretimento dos cristais (BOLLINGER et al., 2000).

Do ponto de vista físico, o sorvete é um sistema multifásico complexo, no qual bolhas de ar, glóbulos de gordura parcialmente coalescidos e cristais de gelo estão dispersos em uma solução viscosa. Esses elementos formam uma rede tridimensional responsável pela estrutura do sorvete (BARBOSA et al., 2010).

Durante o derretimento, dois eventos principais acontecem: o derretimento dos cristais de gelo e o colapso da estrutura espumosa lipídica estabilizada (BARBOSA et al., 2010; GOFF, 2005). O fenômeno do derretimento é governado por vários fatores, entre eles a taxa de incorporação de ar ou overrun (SOFJAN; HARTEL, 2004), as interações lipídicas e a cristalização da gordura (GRANGER et al., 2005).

As condições experimentais foram mantidas idênticas para todas as formulações de sorvetes de modo a minimizar a influência da temperatura exterior e taxa de transferência de calor, as quais, segundo Goff (2005), podem influenciar o derretimento de sorvetes.

3.3.5. Análise de cor

Os resultados das análises dos parâmetros de cor das formulações de sorvetes são apresentados na Tabela 4.

A coordenada L^* representa a luminosidade, mede a quantidade de luz que é refletida de uma determinada cor, sendo que 0 indica coloração preta e 100 indica a coloração branca. Houve diferença significativa entre todas as formulações de sorvetes ($p > 0,05$).

O parâmetro a^* com valores negativos indica a coloração em direção ao verde, enquanto que a^* positivo vai em direção ao vermelho. O parâmetro a^* apresentou valores negativos altos a partir da formulação 6 até a 12, variando de -6,60 até -9,02, essa tendência ao verde é devido a adição de *Spirulina*. As formulações de 5 a 2 que não continham adição de *Spirulina*, variaram entre -0,71 a -0,43, mostrando uma tendência ao verde, entretanto se aproximam do valor positivo, que indica tendência ao vermelho. Houve diferença significativa entre todas as formulações ($p > 0,05$).

O parâmetro b^* quando positivo, indica a coloração em direção ao amarelo, enquanto que valor negativo vai em direção ao azul. Os valores obtidos para o parâmetro b^* para as formulações de sorvetes apresentaram resultados positivos, indicando tendência ao amarelo. Todas as formulações foram diferentes significativamente ($p > 0,05$).

3.4. Características sensoriais dos sorvetes

3.4.1. Teste de aceitabilidade

As formulações de sorvetes com redução de gordura e açúcar, adição de inulina e *Spirulina*, foram analisadas sensorialmente segundo o teste de aceitabilidade através da escala hedônica de 9 pontos. Os resultados da ANOVA para aceitabilidade demonstraram que houve diferença entre as médias de aceitabilidade das formulações para todos os atributos analisados ($p < 0,05$). A Tabela 5 apresenta as médias dos valores de aceitabilidade em relação aos atributos de Aparência, Cor, Aroma/Sabor, Textura e Impressão global bem como os desvios padrões obtidos e as diferenças significativas segundo o teste de Tukey.

A primeira impressão que se tem de um alimento é geralmente visual, sendo que a Aparência é um dos aspectos considerados fundamentais na qualidade e aceitação do produto (LAMOUNIER, 2012). As médias para o atributo Aparência variou entre 6,20 a 7,69,

mostrando assim, que os julgadores verificaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as formulações.

A cor, uma das principais características de qualidade e aparência visual, do produto, desempenha papel fundamental no mercado de escolha do consumidor (ZEN, 2018). As formulações de sorvete desenvolvidas obtiveram médias entre 6,35 a 8,14, indicando a diferença significativa ($p < 0,05$).

Para o atributo Impressão global, que acaba por refletir a somatória dos demais atributos, nota-se o mesmo comportamento para as formulações que não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$).

Para que um produto seja considerado aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha Índice de aceitabilidade elevado (MONTEIRO et al, 2005; SABATINI et al, 2011; LAMOUNIER, 2012). Especificamente, em relação às formulações desenvolvidas, é importante destacar que as médias obtidas se situaram na faixa do conceito “gostei” (acima de 5,0) para todos os atributos avaliados, o que confere a estes produtos, um bom potencial de aceitação. As formulações de sorvete que obtiveram médias inferiores a 7 para todos os atributos, foram as formulações que continham adição da *Spirulina* (formulações 6, 7, 10 e 11), mesmo com uma apelação de sorvete funcional com adição de ingredientes bioativos, redução de gordura e açúcar, os consumidores ainda tem um “estranhamento” devido a adição de microalga. Entretanto, observa-se que houve boa aceitação dos consumidores em relação as formulações com adição de extrato de ficocianina (formulações 8, 9 e 12), com médias acima de 7, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$).

Sorvetes com teores reduzidos de gordura e açúcar já são realidade no Brasil, tendo em vista a maior conscientização dos consumidores com relação ao bem-estar e a saúde. Segundos dados de tendências para alimentos e bebidas, os consumidores relatam que quando se trata de

sobremesa, 85% dos consumidores se interessam por sorvetes saudáveis (KILIAN, 2018; MINTEL, 2018).

As notas obtidas para aceitabilidade das formulações de sorvete podem ser justificadas pela presença de ingredientes utilizados na fabricação dos sorvetes, como inulina e *Spirulina*, que muitas vezes são desconhecidos pelos consumidores, o que faz com que certas pessoas deem preferência para produtos tradicionais.

Desta forma, mesmo não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) para aceitabilidade das formulações de sorvetes desenvolvidas, as formulações 1 e 12 obtiveram notas mais elevadas para a maioria dos atributos avaliados. Outro fato observado, é que as formulações com redução de gordura e açúcar, adição de inulina e *Spirulina* não diferiram das formulações que continham o valor total ou não continham os outros ingredientes. Isto contribui para a elaboração de produtos saudáveis e com redução de gordura e açúcar, pois o uso de ingredientes funcionais não afetou as características sensoriais dos sorvetes. Os sorvetes formulados no presente trabalho, ofereceram boas perspectivas de consumo e, portanto, apresentam potencial para serem produzidos em escala industrial e comercial.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lamounier (2012), utilizou em sua pesquisa substitutos de gordura e açúcar e adição de frutos do cerrado. Akin (2005), relatou em sua pesquisa que a adição de inulina melhorou a viscosidade do sorvete funcional sem comprometer as propriedades sensoriais.

Aykan et al. (2008) também obtiveram resultados semelhantes ao utilizarem inulina e substituto de gordura para fabricação de sorvetes de baunilha com diferentes teores de gordura e verificaram seus efeitos sobre as características sensoriais. A avaliação sensorial mostrou que o sorvete com zero de gordura apresentou sabor mais agradável que os demais.

Isik et al. (2011) fabricaram sorvete com inulina, isomalte e reduziram o teor de gordura e açúcar. A análise sensorial mostrou que as amostras contendo 6,5% de inulina e isomalte foram semelhantes à amostra controle. Os resultados globais mostraram que é possível produzir sorvete com a incorporação de ingredientes funcionais sem alterar as características do produto.

Em uma pesquisa realizada por Akin et al. (2007) foram compradas amostras de sorvete probiótico com diferentes concentrações de sacarose (15, 18 e 21%) e adicionados de 1 e 2% de inulina em sorvetes não suplementados com inulina. Foi evidenciado que sorvetes com maiores concentrações de açúcar apresentaram melhores propriedades físicas e sensoriais e com relação à adição de inulina, embora tenha sido constada melhora na viscosidade, não foi verificado efeito nas características sensoriais dos sorvetes.

A aceitabilidade do consumidor de vários alimentos com baixo teor de gordura que contêm inulina em sua formulação, como sorvete, biscoitos, muffins, bolos e salsichas de carne bovina foi investigado por Devereux et al (2003). Os resultados mostraram que estes alimentos com baixo teor de gordura foram classificados, por um painel de provadores, como aceitável. A análise de regressão do estudo mostrou que a textura é mais importante do que sabor na determinação da aceitabilidade global dos alimentos com baixo teor de gordura.

3.4.2. Cata

O questionário CATA tem como finalidade reunir as informações dos produtos em relação à percepção das características sensoriais do consumidor (ZEN, 2018). A frequência de escolha de cada atributo pelos consumidores é apresentada na Tabela 6

Os termos, de maior frequência nas 12 formulações de sorvete foram sabor de leite, macio, cremoso / suave, derrete rapidamente, aparência cremosa, sabor doce e sabor de creme / nata. Isso indica que a textura e a aparência das formulações de sorvete, em geral, foram

agradáveis aos julgadores. O termo presença de cristais de gelo foi menos selecionado em relação a textura e aparência das 12 formulações de sorvetes.

Os termos menos citados para as 12 formulações de sorvete foram: compacto, duro / denso, extremamente doce e pouco doce. Mesmos as formulações sem redução de açúcar não se mostraram ruins ou enjoativas para os julgadores.

Para as formulações com adição de Spirulina e extrato de ficocianina os termos mais citados foram cor verde e cor azul-esverdeada. As cores dessas formulações eram uniformes e homogêneas. Os termos menos citados para essas formulações foram sabor residual de peixe / alga, sabor de algas, odor de peixe / alga e pontos verdes. A adição de Spirulina e extrato de ficocianina não interferiu quanto ao sabor ou aroma das formulações que tinham estes ingredientes. Os julgadores perceberam pouco ou não perceberam o odor / aroma ou sabor característico da microalga Spirulina. A Figura 5 apresenta as características de cada amostra de sorvete em relação aos atributos mais e menos citados no teste CATA.

A análise de componentes principais (ACP) das frequências de citação dos atributos obtidas no teste CATA demonstrou que a variabilidade entre as amostras pôde ser explicada em 67% por dois componentes principais, como mostrado na Figura 5, que apresenta os autovalores do teste.

A Figura 6 apresenta a representação das amostras e dos atributos do teste CATA nas dimensões da Análise de Componentes Principais. Os atributos mais representados pelo componente principal 1 foram cor creme, cor verde, pontos verdes, macio, cremoso/suave, pouco doce, sabor de leite, residual de peixe/alga, sabor de algas, odor de peixe/alga, sabor doce, sabor de creme ou nata, aroma de leite e impressão global. Os atributos mais representados pelo componente principal 2 foram duro/denso, presença de cristais de gelo, compacto, derrete rapidamente e sensação gordurosa na boca. O componente principal 1

representa melhor os atributos relacionados a aparência e sabor/aroma, enquanto o componente principal 2 representa os parâmetros mais relacionados à textura, conforme mostrado na Tabela 7

. Em relação as amostras, verifica-se que a formulações 1, 2 3, 4 e 5 foram mais representadas pelos atributos cor creme, sabor de leite, aroma de leite e sabor de creme/ nata. Esses atributos são característicos de um sorvete de creme (CADENA, 2013). Os atributos macio, cremoso/suave e aparência cremosa representam todas as formulações, esses atributos estão relacionados com a textura e aparência do sorvete, estes atributos são indicativos de qualidade em formulações de sorvete.

As formulações 6, 7, 10 e 11 adicionadas de Spirulina foram mais representadas pela cor verde, sabor residual de peixe/alga e sabor de algas. Já as formulações 8, 9 e 12 foram mais representadas pelos atributos cor azul-esverdeada devido a adição do extrato de ficocianina. Os atributos sabor residual de peixe/alga e sabor de algas também caracterizou as formulações 8, 9 e 12, porém em menor intensidade de citação pelos julgadores.

Verifica-se que as amostras 7 e 8 se diferenciam por estarem no quadrante 2, que é representado pelos atributos de derretimento e umidade. A formulação 7 foi mais representada pelo atributo derrete rapidamente e cor verde. As amostras 6, 10 e 11 são representadas pelos atributos do quadrante 4, que é representado pelos atributos duro/denso, presença de cristais de gelo, sensação gordurosa na boca e compacto, estes atributos estão diretamente relacionados a textura das formulações de sorvete e pode ser devido a adição da Spirulina.

As formulações 12, 9 e 2 são representadas pelos atributos do quadrante 1, aparência cremosa, macio e cremoso/suave, atributos relacionados a textura dos sorvetes. A formulação 2 apresentou maior frequência do atributo extremamente doce, também se encontra neste quadrante.

Em relação à aparência, os julgadores acharam mais relevante a aparência cremosa e úmido, de forma positiva, ou seja, a aparência das formulações de sorvete foi positiva para a aceitação dos julgadores. Para textura, os atributos macio e cremoso/suave mostraram a importância de ambos nas formulações de sorvete para que estes tenham boa aceitação

4. Conclusão

As formulações de sorvete são influenciadas pelos teores de gordura e açúcar adicionados. Entretanto, a substituição ou redução dos teores de gordura e açúcar nas formulações por inulina, a *Spirulina* ou extrato de ficocianina possibilitou obter-se produtos com características físicas próximas das formulações sem alterações.

As análises de overrun e textura demonstraram que as formulações produzidas com o extrato de ficocianina apresentam uma textura mais suave e macia, conseqüentemente maiores valores de overrun. A incorporação de ar nos sorvetes proporciona uma textura leve e pode influenciar nas propriedades físicas de textura e de derretimento. O perfil de derretimento mostrou um comportamento similar entre si, tanto no registro visual quanto no volume de sorvete drenado com o tempo. As formulações de sorvete apresentaram melhores resultados para as formulações com adição de inulina e extrato de ficocianina.

Foi possível reduzir 50% do teor de gordura, 25% do teor de açúcar e glicose, e inserir como substitutos destes componentes a inulina, a *Spirulina* e o extrato de ficocianina, o uso de ingredientes funcionais não afetou as características sensoriais dos sorvetes. As formulações de sorvete apresentaram boa aceitabilidade, obtendo notas entre 6 (gostei ligeiramente) a 9 (gostei extremamente).

A realização do teste descritivo com consumidores (CATA) permitiu concluir que a adição de *Spirulina* ou o extrato de ficocianina mesmo alterando a coloração das formulações de sorvete não alterou de forma negativa para os consumidores quanto ao sabor/aroma, pois os

termos menos escolhidos pelos julgadores para essas formulações foram sabor residual de peixe/alga, sabor de algas, odor de peixe/alga e pontos verdes. Isso demonstra que os julgadores não perceberam ou perceberam pouco o odor/aroma característico da microalga Spirulina.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Tabela 1 – Formulações desenvolvidas com redução de açúcar e gordura, adição de inulina e *Spirulina*.

Formulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Água (mL)	400	400	400	400	400	400	400	142	172	400	400	181
Leite em pó desnatado (g)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Açúcar (g)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	67,5	67,5	67,5
Glicose (g)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	22,5	22,5	22,5
Liga neutra (g)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Topping (g)	15	15	-	-	15	-	-	-	-	15	-	-
Emustab (g)	10	10	-	-	10	-	-	-	-	10	-	-
Creme de leite (g)	200	100	200	100	100	200	100	200	100	100	100	100
Saborizante (g)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Inulina (g)	-	-	-	-	14,8	-	14,8	-	14,8	14,6	14,6	14,6
Spirulina em pó (g)	-	-	-	-	-	8,6	7,6	-	-	7,3	7,3	-
Extrato de ficocianina (mL)	-	-	-	-	-	-	-	258	228	-	-	219

*Extrato de ficocianina (preparado com 1 g de *Spirulina* para 30 mL de água, seguido de congelamento e descongelamento (3 ciclos e filtração posterior)

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*.

Fonte: o autor (2019)

Tabela 2 – Caracterização físico-química das formulações de sorvete

F	Umidade (%)*	ST (%)*	Proteínas (g/100g) *	Cinzas (g/100g) *	SST*	CHO + fibras (g/100g) *	pH *	Gordura (g/100g) *
1	66,99 ± 3,41 ^c	38,16 ± 0,07 ^{ab}	2,29 ± 0,03 ^a	1,20 ± 0,02 ^a	35,76 ± 0,33 ^a	22,63 ± 6,32 ^a	6,98 ± 0,03 ^{de}	6,72 ± 0,85 ^c
2	62,40 ± 0,15 ^{bc}	38,25 ± 0,08 ^{ab}	2,30 ± 0,06 ^a	2,27 ± 1,02 ^a	43,96 ± 0,48 ^e	27,76 ± 1,66 ^{ba}	6,85 ± 0,05 ^{bcd}	5,33 ± 0,25 ^{bc}
3	64,20 ± 0,01 ^{bc}	37,39 ± 0,4 ^a	2,37 ± 0,06 ^{ab}	1,17 ± 0,01 ^a	38,66 ± 0,33 ^b	28,26 ± 0,39 ^{ba}	6,81 ± 0,02 ^{abc}	3,95 ± 0,15 ^{ab}
4	61,07 ± 0,06 ^b	40,70 ± 0,34 ^b	2,61 ± 0,04 ^{abc}	1,51 ± 0,06 ^a	43,66 ± 0,33 ^e	32,18 ± 0,19 ^b	6,79 ± 0,02 ^{ab}	2,59 ± 0,21 ^a
5	36,04 ± 0,05 ^a	39,63 ± 0,39 ^{ab}	2,54 ± 0,06 ^{abc}	1,28 ± 0,03 ^a	41,76 ± 0,38 ^{cd}	57,12 ± 0,34 ^c	6,93 ± 0,02 ^{bcde}	2,90 ± 0,16 ^a
6	37,48 ± 0,12 ^a	36,93 ± 0,21 ^a	2,52 ± 0,05 ^{ab}	1,30 ± 0,04 ^a	41,93 ± 0,48 ^{cd}	54,81 ± 0,91 ^c	7,26 ± 0,03 ^f	3,76 ± 0,43 ^{ab}
7	59,92 ± 0,09 ^b	40,53 ± 0,07 ^b	2,85 ± 0,03 ^{abc}	1,45 ± 0,06 ^a	44,56 ± 0,23 ^e	32,24 ± 0,33 ^b	6,96 ± 0,02 ^{cde}	3,42 ± 0,12 ^a
8	36,61 ± 0,06 ^a	38,62 ± 1,47 ^{ab}	2,79 ± 0,06 ^{abc}	1,37 ± 0,04 ^a	40,30 ± 0,30 ^c	54,96 ± 0,34 ^c	6,69 ± 0,06 ^a	4,29 ± 0,15 ^{ab}
9	60,05 ± 1,1 ^b	39,46 ± 0,03 ^{ab}	2,77 ± 0,05 ^{abc}	1,07 ± 0,35 ^a	43,40 ± 0,35 ^{de}	32,86 ± 1,52 ^b	6,97 ± 0,02 ^{cde}	3,12 ± 0,04 ^a
10	63,53 ± 0,04 ^{bc}	37,02 ± 0,06 ^a	3,03 ± 0,03 ^c	1,29 ± 0,07 ^a	41,01 ± 0,02 ^d	28,17 ± 0,15 ^{ba}	7,03 ± 0,02 ^e	3,86 ± 0,09 ^{ab}
11	63,40 ± 0,13 ^{bc}	37,32 ± 0,04 ^a	2,76 ± 0,3 ^{abc}	1,49 ± 0,03 ^a	41,01 ± 0,02 ^d	29,55 ± 0,94 ^b	7,09 ± 0,02 ^e	2,68 ± 0,09 ^a
12	38,31 ± 0,24 ^a	37,91 ± 0,88 ^{ab}	3,00 ± 0,03 ^{bc}	1,59 ± 0,02 ^a	43,93 ± 0,03 ^e	53,46 ± 0,93 ^c	6,98 ± 0,02 ^{de}	3,51 ± 0,58 ^a

*Resultados expressos como média e desvio padrão. Nos valores dos resultados com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*..

Fonte: O autor (2019)

Tabela 3: Valores de viscosidade das formulações de sorvetes analisadas em diferentes velocidades.

Velocidade (RPM)	Formulações											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
70	1,11	0,73	0,23	0,24	0,18	0,44	0,47	0,48	0,41	0,47	0,62	0,57
80	1,00	0,67	0,22	0,23	0,18	0,42	0,44	0,45	0,38	0,44	0,58	0,54
90	0,91	0,65	0,21	0,22	0,17	0,39	0,42	0,42	0,36	0,42	0,56	0,51
100	0,84	0,61	0,19	0,21	0,16	0,37	0,40	0,42	0,34	0,39	0,53	0,48

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*..

Fonte: o autor (2019)

Tabela 4: Parâmetros de cor das formulações de sorvetes.

Formulações	L*	a*	b*
1	84,47±0,01 ^h	4,58±0,04 ^j	28,25±0,13 ^l
2	87,27±0,02 ^j	-0,62±0,01 ^h	10,86±0,03 ^d
3	87,61±0,01 ^k	-0,43±0,01 ⁱ	10,08±0,00 ^c
4	86,43±0,03 ⁱ	-0,50±0,01 ⁱ	11,04±0,03 ^e
5	88,60±0,01 ^l	-0,71±0,00 ^h	9,28±0,05 ^b
6	54,58±0,12 ^b	-9,02±0,05 ^a	18,60±0,02 ⁱ
7	54,87±0,05 ^c	-8,59±0,05 ^d	17,99±0,08 ^h
8	67,49±0,08 ^g	-8,79±0,03 ^c	6,11±0,02 ^a
9	66,05±0,04 ^f	-6,60±0,03 ^g	17,82±0,02 ^g
10	57,17±0,14 ^d	-8,88±0,03 ^b	19,20±0,02 ^j
11	53,95±0,08 ^a	-7,40±0,03 ^e	22,11±0,01 ^k
12	63,56±0,11 ^e	-7,08±0,03 ^f	17,29±0,01 ^f

*Resultados expressos como média e desvio padrão. Nos valores dos resultados com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*..

Fonte: O autor (2019)

Tabela 5: Médias de aceitabilidade das formulações de sorvetes em relação aos atributos de aparência, cor, aroma/sabor, textura e impressão global.

Formulação	Atributos				
	Aparência	Cor	Aroma	Textura	Impressão global
1	7,69±1,04 ^e	8,14±1,00 ^b	7,48±1,21 ^{abc}	8,00±1,17 ^b	7,84±0,85 ^c
2	7,28±1,31 ^{bcde}	7,79±1,18 ^b	7,61±1,30 ^c	7,16±1,49 ^{ab}	7,61±1,06 ^{bc}
3	7,59±1,40 ^e	7,94±1,08 ^b	7,33±1,46 ^{abc}	7,43±1,53 ^{ab}	7,65±1,37 ^c
4	7,04±1,48 ^{abcde}	7,36±1,63 ^{ab}	7,40±1,61 ^{abc}	6,74±1,96 ^a	7,17±1,62 ^{abc}
5	7,47±1,44 ^{cde}	7,75±1,33 ^b	7,47±1,40 ^{abc}	7,37±1,54 ^{ab}	7,53±1,24 ^{bc}
6	6,45±2,01 ^{ab}	6,35±2,39 ^a	6,55±2,02 ^a	6,67±2,10 ^a	6,39±1,77 ^a
7	6,20±1,90 ^a	6,53±2,04 ^a	6,61±1,89 ^{ab}	6,61±1,86 ^a	6,44±1,83 ^a
8	7,04±1,67 ^{abcde}	7,31±1,79 ^{ab}	7,22±1,66 ^{abc}	7,14±1,57 ^{ab}	7,16±1,67 ^{abc}
9	7,53±1,32 ^{de}	7,63±1,33 ^a	7,55±1,24 ^{bc}	7,31±1,89 ^{ab}	7,55±1,43 ^{bc}
10	6,48±1,80 ^{abc}	6,55±1,90 ^b	7,16±1,46 ^{abc}	6,94±1,79 ^{ab}	6,67±1,66 ^{ab}
11	6,53±1,85 ^{abcd}	6,55±1,95 ^b	6,97±1,64 ^{abc}	6,47±1,84 ^a	6,55±1,68 ^a
12	7,56±1,35 ^e	7,68±1,43 ^a	7,85±1,13 ^c	7,46±1,79 ^{ab}	7,60±1,33 ^{bc}

*Resultado expresso como média ± desvio padrão. Nos valores dos resultados seguidos de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*..

Fonte: O autor (2019)

Tabela 6: Frequência dos termos descritores atributos no questionário CATA das formulações de sorvete.

Termos	Formulações											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cor creme	45	42	39	40	41	0	0	0	0	0	0	0
Pouco doce	14	5	8	8	7	12	11	10	11	16	17	11
Sabor de leite	27	26	30	28	31	8	7	16	27	7	12	21
Macio	35	30	37	28	27	22	28	28	33	23	16	34
Cor verde	0	0	0	0	0	48	55	5	2	45	46	0
Úmido	15	21	17	19	15	19	21	21	17	19	18	12
Cremoso / suave	36	33	36	31	34	26	29	26	29	25	14	33
Derrete rapidamente	20	24	21	23	17	27	44	29	22	20	24	25
Aparência cremosa	35	1	31	25	31	20	27	26	36	23	18	36
Extremamente doce	5	21	7	10	15	4	11	10	9	7	7	9
Duro / denso	5	3	3	6	4	7	2	2	4	8	9	4
Cor azul-esverdeada	0	0	0	0	0	0	0	42	45	3	0	44
Presença de cristais de gelo	15	11	17	26	16	25	7	14	12	19	21	9
Derrete lentamente	12	12	15	11	11	10	8	6	11	15	9	12
Aerado	16	15	12	13	15	8	11	11	9	12	14	17
Sabor residual de peixe / alga	0	0	0	0	0	12	12	4	6	16	20	7
Sabor de algas	0	0	0	0	0	14	17	4	4	27	23	3
Odor de peixe / alga	0	0	0	0	0	2	4	1	2	5	4	0
Sensação gordurosa na boca	7	6	7	13	10	9	7	4	5	8	11	5
Aroma de leite	28	23	24	25	29	14	5	18	19	16	17	24
Sabor doce	25	27	29	29	28	19	19	20	25	22	19	28
Pontos verdes	0	0	0	0	0	7	9	1	4	7	7	0
Sabor de creme / nata	31	29	30	25	29	8	5	14	18	5	5	20
Compacto	4	4	3	7	3	4	2	2	4	4	7	3

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*..

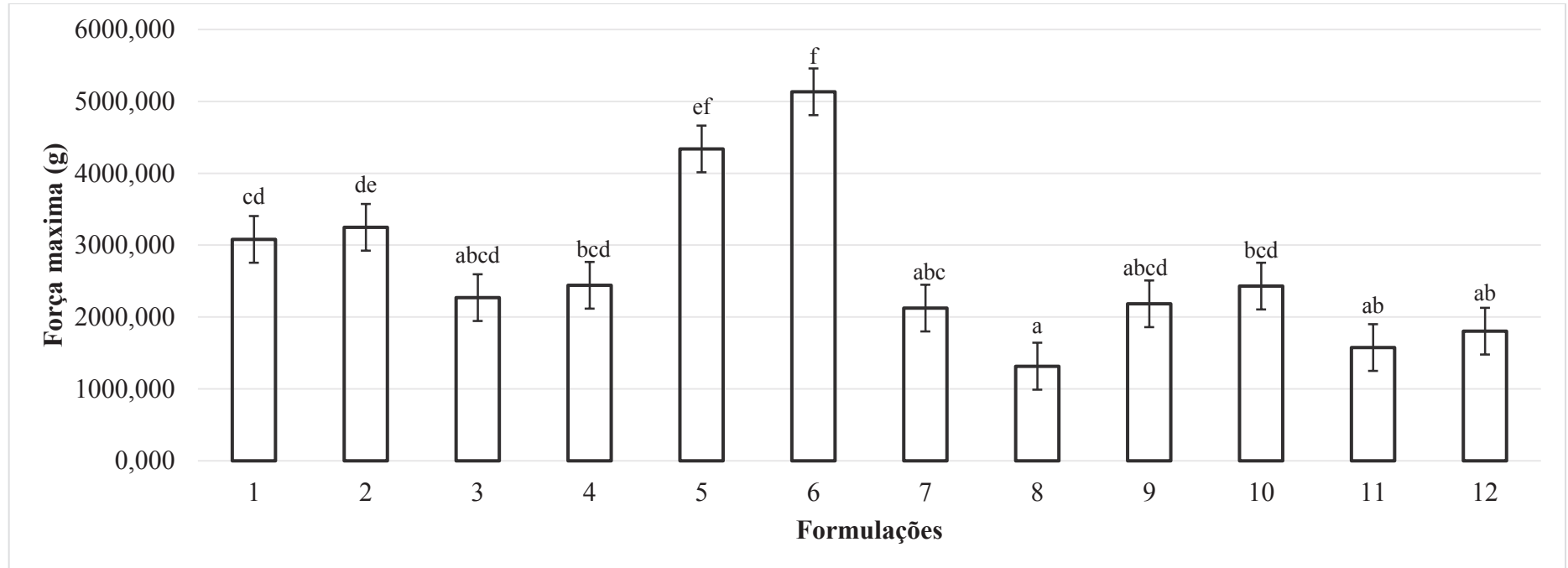
Fonte: o Autor (2019)

Tabela 7: Coordenadas dos fatores das variáveis, baseado nas correlações de frequência.

Atributos	Fator 1	Fator 2
CC	-0,776397	-0,387108
CV	0,943456	-0,022901
CAE	-0,119431	0,566315
PV	0,943223	0,082654
M	-0,787947	0,397742
U	0,449824	0,197647
CrS	-0,852602	0,207328
ApCr	-0,232905	0,180252
DD	0,522955	-0,802018
PCG	0,214823	-0,802640
AER	-0,505433	-0,245970
COMP	0,165732	-0,826368
PD	0,709430	-0,242341
SL	-0,931851	-0,172925
ExD	-0,401331	0,216198
ResPA	0,940847	-0,082600
SA	0,939164	-0,129647
OPA	0,922024	0,017302
SD	-0,895496	-0,230348
SCN	-0,972923	-0,144945
DerR	0,480543	0,651616
DerL	-0,350913	-0,423247
SGB	0,172014	-0,820742
AL	-0,842260	-0,441377
*IG	0,936377	-0,058177

CC=Cor creme; PD = Pouco doce; SL = Sabor de leite; M= Macio; CV = Cor; verde; U= úmido; CrS=Cremoso/Suave; DerR=derrete rapidamente; ApCr=Aparência cremosa; ExD= Extremamente doce; DD = Duro/denso; CAE = Cor azul esverdeada; PCG = presença de cristais de gelo; DerL = derrete lentamente; Aer = Aerado; ResPA=Residual de peixe/alga; SA= Sabor de Algas; OPA = odor de peixe/alga; SGB = sensação gordurosa na boca; AL = aroma de leite; SD = sabor doce; PV = pontos verdes; SCN = Sabor de creme ou nata; Comp = compacto; Ig impressão global como variável suplementar.

Figura 1: Resultados das análises de textura das formulações de sorvetes.

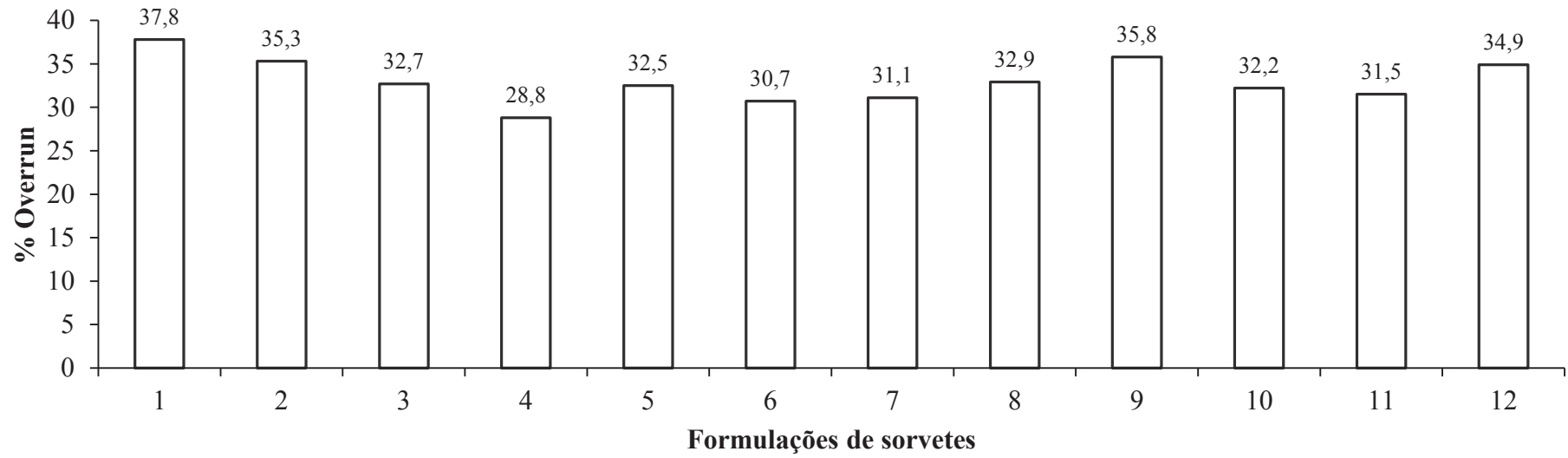


*Resultados expressos como média e desvio padrão. Nos valores dos resultados com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*.

Fonte: O autor (2019)

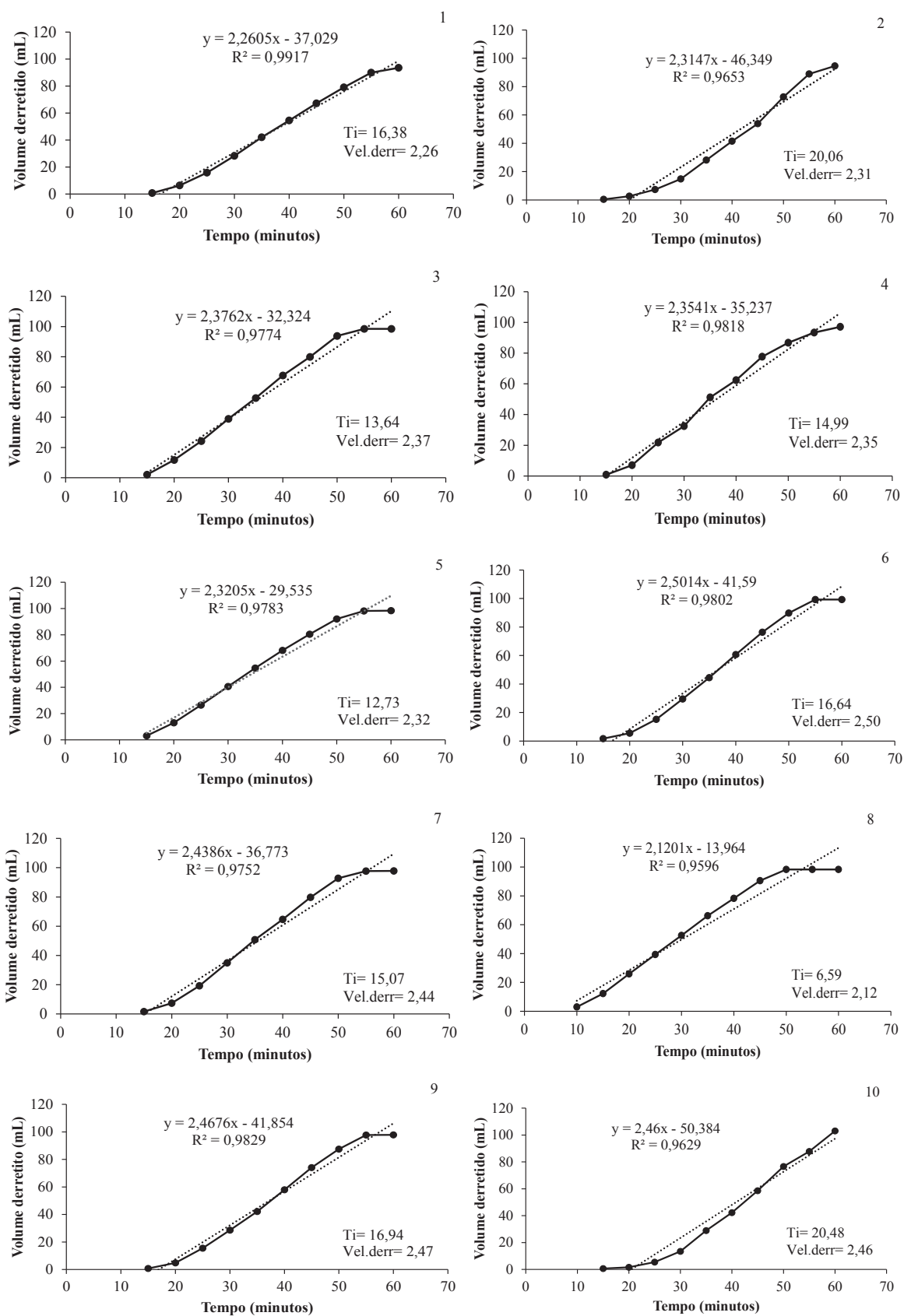
Figura 2: Valores de rendimento (% overrun) das formulações de sorvetes durante a etapa de batimento/congelamento parcial dos sorvetes.

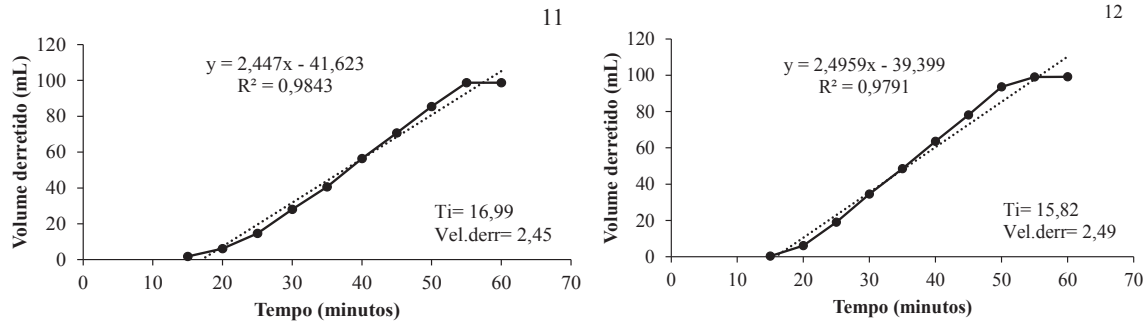


1 = Formulação padrão; 2 = Formulação com redução de 50% de gordura; 3 = Formulação sem emulsificante; 4 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante; 5 = Formulação com redução de 50% de gordura + inulina; 6 = Formulação sem emulsificante com *Spirulina*; 7 = Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e com *Spirulina*; 8 = Formulação sem emulsificante e com extrato de *Spirulina*; 9 = Formulação com redução de 50% de gordura, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*; 10 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar+ inulina e *Spirulina*; 11 = Formulação com redução de 50% de gordura e redução de 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e *Spirulina*; 12 = Formulação com redução de 50% de gordura, redução de 25% de açúcar, sem emulsificante com inulina e extrato de *Spirulina*..

Fonte: O autor (2019)

Figura 3: Derretimento das formulações de sorvete.

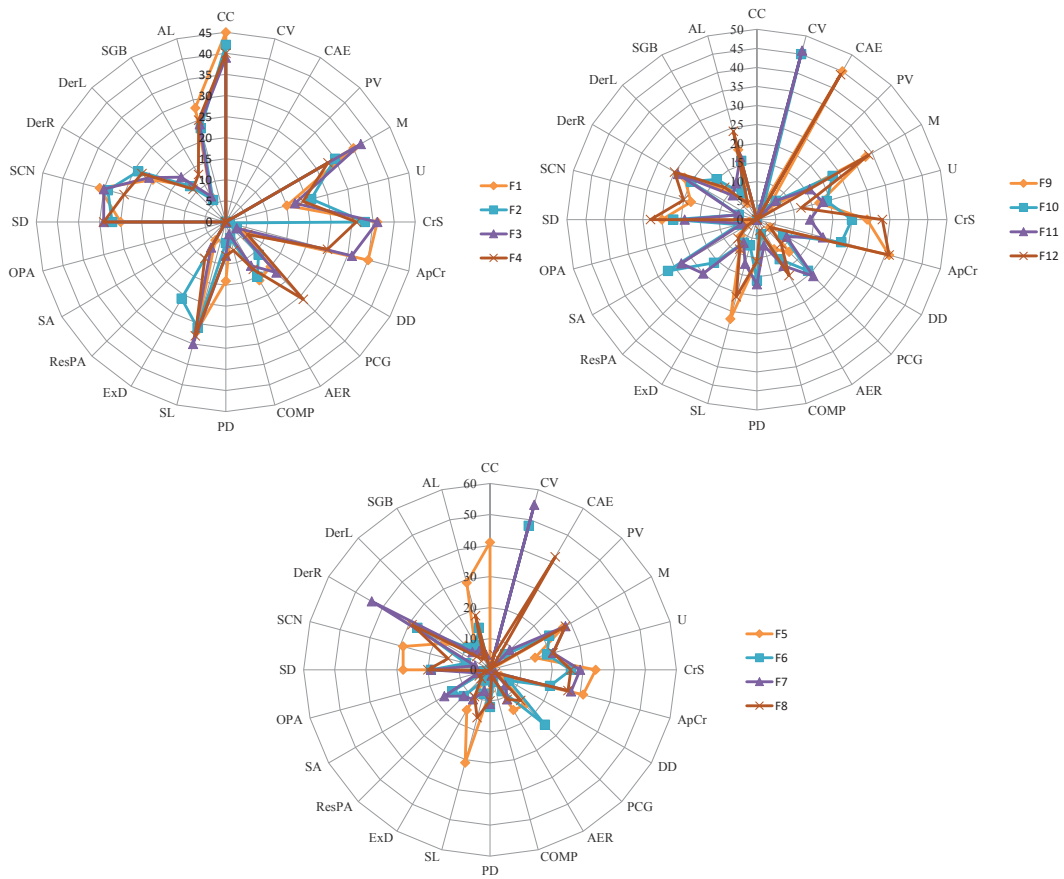




Ti = tempo inicial de derretimento (minutos); Vel.derr = velocidade de derretimento (mL.min-1).

Fonte: o autor (2019)

Figura 4: Distribuição da frequência atribuída pelos julgadores aos atributos sensoriais do teste CATA para as diferentes formulações de sorvete.



CC=Cor creme; PD = Pouco doce; SL = Sabor de leite; M= Macio; CV = Cor; verde; U= úmido; CrS=Cremoso/Suave; DerR=derrete rapidamente; ApCr=Aparência cremosa; ExD= Extremamente doce; DD = Duro/denso; CAE = Cor azul esverdeada; PCG = presença de cristais de gelo; DerL = derrete lentamente; Aer = Aerado; ResPA=Residual de peixe/alga; SA= Sabor de Algas; OPA = odor de peixe/alga; SGB = sensação gordurosa na boca; AL = aroma de leite; SD = sabor doce; PV = pontos verdes; SCN = Sabor de creme ou nata; Comp = compacto;

Figura 5: Autovalores da ACP das frequências dos termos do teste CATA e percentuais de explicação obtidos.

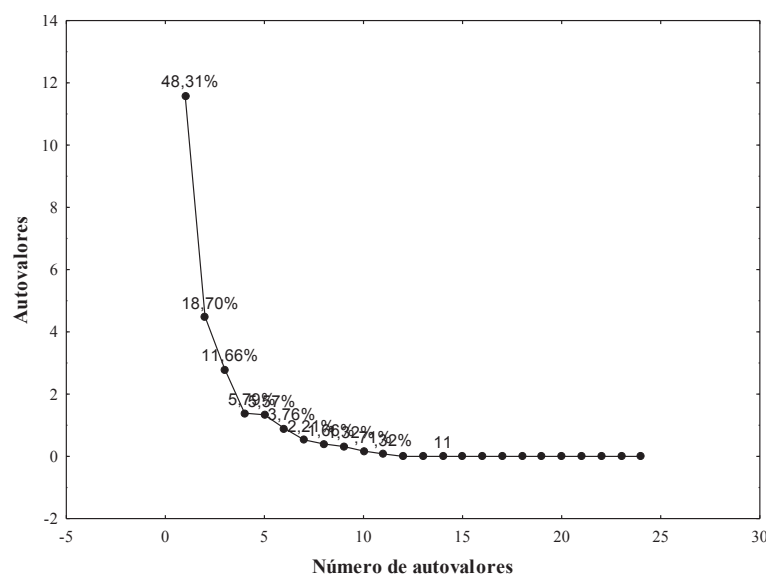
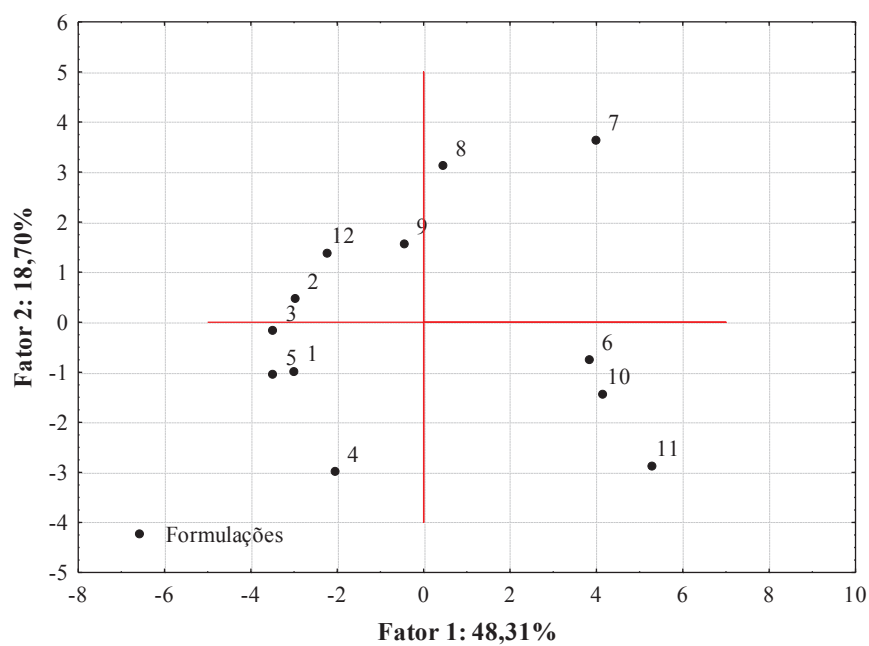
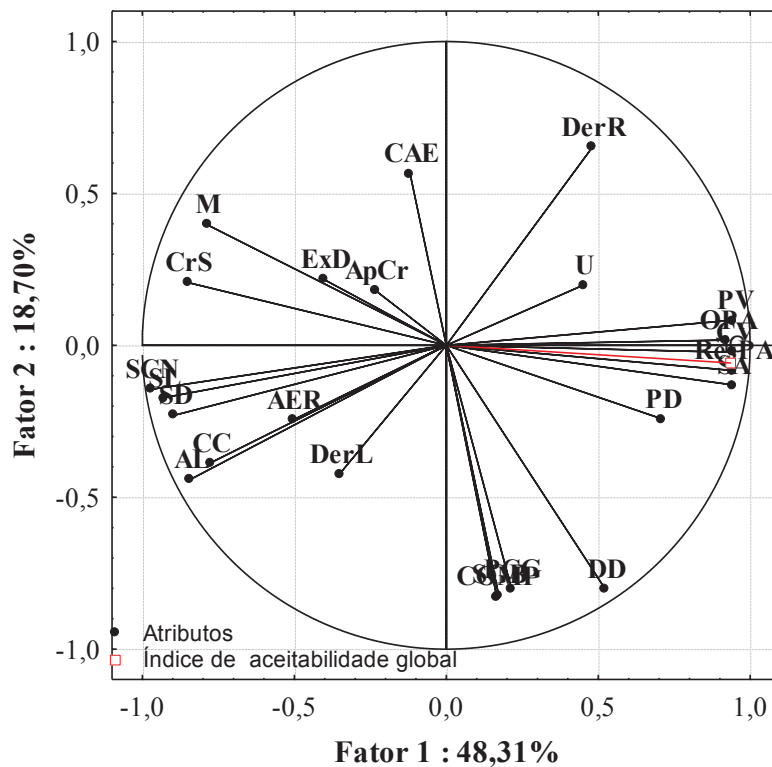


Figura 6: Representação das amostras de sorvete (a) e dos atributos (b) na primeira e segunda dimensões da Análise de Componentes Principais realizada com os dados do teste CATA.





Números na figura representam as formulações; CC=Cor creme; PD = Pouco doce; SL = Sabor de leite; M= Macio; CV = Cor; verde; U= úmido; CrS=Cremoso/Suave; DerR=derrete rapidamente; ApCr=Aparência cremosa; ExD= Extremamente doce; DD = Duro/denso; CAE = Cor azul esverdeada; PCG = presença de cristais de gelo; DerL = derrete lentamente; Aer = Aerado; ResPA=Residual de peixe/alga; SA= Sabor de Algas; OPA = odor de peixe/alga; SGB = sensação gordurosa na boca; AL = aroma de leite; SD = sabor doce; PV = pontos verdes; SCN = Sabor de creme ou nata; Comp = compacto; Ig impressão global como variável suplementar.

Referências

AIME D.B.; MALCOLMSON L.J.; RYLAND, D. e ARNTFIELD, S.D. Textural analyses of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Research International**, v.34, n.3, p.237-246, 2001.

AKALIN, A.S.; ERISIR, D. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. **JFSM: Food Microbiology and Safety**, Menlo Park, v. 73, n. 4, p. 184-188, 2008.

AKALÂN, A.S.; KARAGOZLU, C.; UNAL, G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. **Journal European Food Research and Technology**, New York, v. 227, p. 889-895, 2008.

AKIN, M. S. Effects of inulin and different sugar levels on viability of probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics of probiotic fermented ice-cream. **Milchwissenschaft. Milk Science International**, v. 60(3), p. 297-301. 2005.

AKIN, M. B.; AKIN, M. S.; KIRMACI, Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. *Food Chemistry*, v. 104(1), p. 93–99. 2007.

ARES, G.; TÁRREGA, A.; IZQUIERDO, L.; JAEGER, S. R. Investigation of the number of consumers necessary to obtain stable sample and descriptor configurations from check-all-that-apply (CATA) questions. **Food Quality and Preference**, v. 31, p. 135–141. 2014.

AYKAN, V.; SEZGIN, E.; GUZEL-SEYDIM, Z. B. Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 110, p. 516-520, 2008.

BARBOSA, A. S.; ARAÚJO, A. S.; MARTINS, W. F.; RODRIGUES, M. S. A.; FLORENTINO, E. R. Avaliação do Perfil Microbiológico de Gelados Comestíveis Comercializado em Campina Grande – PB. **Revista Verde, Mossoró**, v. 5, n. 3, p. 63-79, 2010.

BOLLIGER, S.; GOFF, H.D.; THARP, B.W. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. **International Dairy Journal**, v.10, n.10, p.303-309, 2000.

BORTOLOZO, E. Q.; QUADROS, M. H. R. Aplicação de inulina e sucralose em iogurte. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 37-47, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária – SVS/MS. Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo da portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Diário Oficial da União; Poder Executivo, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária – SVS/MS. Regulamento Técnico Mercosul Sobre Informação Nutricional Complementar (Declarações De Propriedades Nutricionais). Resolução - RDC Nº 54, de 12 de Novembro de 2012. 2012.

CAMPBELL, G.; MOUGEOT, E. Creation and characterisation of aerated food products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10(9), p. 283–296, 1999.

CARVALHO, J. A., SANTOS, C. S. S., CARVALHO, M. P.de, SOUZA, L.S. O alimento como remédio: considerações sobre o uso dos alimentos funcionais. **Revista Científica do ITPAC**, Araguaína, v.6, n.4, Pub.1, Outubro 2013.

CRUZ, A. G.; ANTUNES, A. E. C.; ARAMI, J. B.; SOUSA, A. L. O. P.; FARIA, J. A. F.; SAAD, S. M. I. Sorvetes probióticos e prebióticos. In: SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. (Ed). **Probióticos e prebióticos em alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas**. São Paulo: Livraria Varela, p. 359-388, 2011.

DEVEREUX, H. M.; JONES, G. P.; MCCORMACK, L.; HUNTER, W. C. Consumer Acceptability of Low Fat Foods Containing Inulin and Oligofructose. **Journal of Food Science**, v. 68 (5), p. 1850–1854. 2003.

ESTRADA, J. E. P.; BESCÓS, P. B.; DEL FRESNO, A. M. V. Antioxidant activity of different fractions of *Spirulina platensis* protean extract. **II Farmaco**, v. 56, n. 5-7, p. 497-500, 2001

GOFF, H.D. Ice cream. In: GUNSTONE, F.D., PADLEY, F.B., eds. **Lipid Technologies and applications**. New York: Marcel Dekker, cap. 12, p. 329-354, 1997.

GOFF, H.D.; HARTEL, R. Ice cream and frozen desserts. **Handbook of frozen foods**. Local: CRC Press, p. 429-500, 2004

GOFF, H. D. **The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts**. Reference Module in Food Science, Canada, 2018.

GOFF, H. D.; DAVIDSON, V. J. Flow Characteristics and Holding Time Calculations of Ice Cream Mixes in HTST Holding Tubes. **Journal of Food Protection**, v 55(1), p 34–37, 1992.

Goff, H. D., Hartel, R. W. Ice Cream. **Springer Science & Business Media**, New York, 2013.

GOFF, H. D. Ice cream manufacture: Dairy Science and technology website. University of Guelph. Disponível em <<http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/icmanu.html>>, 2005a.

GOFF, H. D. Structure off ice cream: Dairy Science and technology website. University of Guelph. Disponível em <<http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/icmanu.html>>, 2005b.

GRANGER, C., SHOPE, A., LEGER, A., BAREY, P., CANSSELL, M. Influence of formulation on the thermal behavior of ice cream mix and ice cream. **Journal of American Oil Chemists Society**, v.82, n.6, p.427-431, 2005a.

GRANGER, C.; LANGERDORFF, V.; RENOUF, N.; BAREY, P.; CANSSELL, M. Short communication: impact of formulation on ice cream microstructures: an oscillation thermorheometry study. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.810-812, 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª ed., 1 ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

INTERNATIONAL DAIRY FOODS ASSOCIATION. **Ice cream labeling**. Disponível em: <<http://www.idfa.org/news--views/media-kits/ice-cream/ice-cream-labeling/>> Acesso em: 10 jan. 2019.

SIK, U.; BOYACIOGLU, D.; CAPANOGLU, E.; NILUFER, D.E. Frozen yogurt with added inulin and isomalt. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, p. 1647-1656, 2011.

KHAN, R.S.; GRIGOR, J.V.; WIN, A.G.; BOLAND, M. Differentiating aspects of product innovation processes in the food industry **British Food Journal**, v. 116 (8), p. 1346-1368, 2014

KILIAN, J. **Recuperação e caracterização de proteínas do soro de leite obtidas por ultrafiltração e aplicação em sorvetes**. Dissertação de mestrado. URI - Erechim, 2018.

Kinsella, J. E., & Morr, C. V. Milk proteins: Physicochemical and functional properties. **C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 21(3), p. 197–262, 1984.

LAMOUNIER, M., L. **Sorvete a base do preparado em pó**. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.

LEE, Y. S.; DOOLEY, L.; MEULLENET, J. F. The application of *check-all-that-apply* (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, v.21, p.394-401, 2010.

MENDEZ-VELASCO, C., GOFF, H.D. Fat aggregation in ice cream: a study on the types of fat interactions. **Food Hydrocoll**, v. 29, p. 152–159, 2012

MILLIATTI, M. C. **Estudo reológico de formulações para sorvetes produzidos com diferentes estabilizantes**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo. São Paulo. 2013.

MINTEL. **TENDÊNCIAS GLOBAIS EM ALIMENTOS & BEBIDAS 2018**. Disponível em: <<http://brasil.mintel.com/tendencias-globais-em-alimentos-e-bebidas/>>.

MONTEIRO, R.A.; COUTINHO, J.G.; RECINE, E. Consulta aos rótulos de alimentos e bebidas por frequentadores de supermercados em Brasília. **Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, v. 18, n. 3, p. 172-177, 2005.

Muse, M. R.; Hartel, R. W. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. **J. Dairy Sci**, v 87, p. 1–10, 2004.

ORDÓÑEZ, P. J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SABATINI, D.R.; et al. Composição centesimal e mineral da alfarroba em pó e sua utilização na elaboração e aceitabilidade em sorvete. **Alimentos e Nutrição**, v.22, n. 1, p. 129-136, 2011.

SHOAIB M.; SHEHZAD, A.; OMAR, M.; RAKHA, A.; RAZA, H.; SHARIF, H. R.; SHAKEEL, A.; ANSARI, A.; NIAZI, S. Inulin: Properties, health benefits and food applications. **Carbohydrate Polymers**. v. 147, p. 444-454, 2016.

SILVA JUNIOR, E. **Formulações especiais para sorvete**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

SILVA JUNIOR, E.; LANNES, S.C.S. Effect of different sweetener blends and fat types on ice cream properties. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, p. 217-220, 2011.

SOFJAN, R. P.; HARTEL, R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, v. 14(3), p. 255–262, 2004.

SOUZA, J. C. B.; COSTA, M. R.; DE RENSIS, C. M. V. B.; SILVIERI, K. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara. v.21, n.1, p. 155-165, jan./mar. 2010.

SU, F. **Comportamento estrutural de formulações de gelado comestível com variações da base gordurosa**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012

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**, v.75, n.3, p. C274-C279, 2010.

THARPS, B.; **Estrutura do sorvete.** Sorvetes e Casquinhas. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/146.pdf >. Acesso em 10 jan. 2019.

TRGO, C.; KOXHOLT, M.; KESSLER, G. Effect of freezing point and texture regulation parameters on the initial ice crystal growth in ice cream. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.3, p. 460-465, 1999.

ZEN, C. K. **Microencapsulação da microalga Spirulina sp. para a adição em massa fresca tipo talharim.** Dissertação de mestrado. Universidade de Passo Fundo, 2018.

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa sobre aceitabilidade de produtos alimentícios e avaliação de atributos sensoriais de alimentos incorporados da microalga *Spirulina sp.* ou de seu antioxidante principal, a ficocianina. Os bioativos podem estar adicionados na forma em pó, ou microencapsulados com agentes encapsulantes, a fim de preservar as propriedades funcionais e contribuir com a maior palatabilidade do alimento. O projeto é de responsabilidade da pesquisadora Luciane Maria Colla.

Esta pesquisa justifica-se pelo uso da microalga *Spirulina sp.*, rica em proteínas, além de apresentar em sua composição vitaminas, minerais, antioxidantes. É uma microalga considerada segura para o consumo. A finalidade do uso desta microalga é agregar valor ao sorvete, um produto constituído principalmente por lipídios, de forma a reduzir os teores de gorduras deste. Para isso, a microalga *Spirulina platensis*, o extrato de ficocianina e a inulina estão sendo adicionados às formulações, a fim de reduzir os teores de gorduras e açúcares do sorvete.

A sua participação na pesquisa será em três encontros, a serem agendados e desenvolvidos no Laboratório de Análise Sensorial do Centro de Pesquisa em Alimentação, prédio L1, na Universidade de Passo Fundo, com duração aproximada de 1 hora cada encontro. Você não terá nenhum custo para a realização da análise, assim como não receberá pagamento pela sua participação. Os alimentos desenvolvidos não oferecem riscos ao consumidor. Além da *Spirulina sp.* os demais ingredientes serão os presentes em produtos lácteos. Caso possua intolerância ou alergia ou qualquer outra reação adversa a qualquer um dos ingredientes, como por exemplo leite, ovos, lactose, você não poderá participar da pesquisa.

Ao participar da pesquisa, você será informado sobre os benefícios do produto. Você terá a garantia de receber esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada à pesquisa e poderá ter acesso aos seus dados em qualquer etapa do estudo. Sua participação nessa pesquisa não é obrigatória, e, portanto, tem caráter voluntário. Os riscos da sua participação são mínimos. Caso você apresente evidência de qualquer tipo de desconforto o pesquisador se comprometerá em solicitar auxílio e/ou encaminhá-lo para outros profissionais. Você poderá desistir da pesquisa a qualquer momento, retirando seu consentimento sem qualquer prejuízo.

Os dados relacionados à sua identificação não serão divulgados. Os resultados da pesquisa serão divulgados, mas você terá a garantia do sigilo e da confidencialidade dos dados.

Caso você tenha dúvidas sobre o comportamento dos pesquisadores ou sobre as mudanças ocorridas na pesquisa que não constam no TCLE, e caso se considera prejudicado (a) na sua dignidade e autonomia, você pode entrar em contato com a responsável pelo projeto, Profa. Dra. Luciane Maria Colla (54) 98100-5433, ou com o curso de Engenharia de Alimentos (54-3316-8490), ou também pode consultar o Comitê de Ética em Pesquisa da UPF, pelo telefone (54) 3316-8157, no horário das 8h às 12 h e das 13h30min às 17h30min, de segunda a sexta-feira.

Dessa forma, se você concorda em participar da pesquisa como consta nas explicações e orientações acima, coloque seu nome no local indicado abaixo. Desde já, agradecemos a sua colaboração e solicitamos a sua assinatura de autorização neste termo, que será também assinado pela pesquisadora responsável em duas vias, sendo que uma ficará com você e outra com a pesquisadora.

Passo Fundo, ____ de ____ de ____.

Nome do (a) participante: _____

Assinatura: _____

Nome do (a) pesquisador (a): Luciane Maria Colla

Assinatura: _____

APÊNDICE C – ALEATORIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

PRIMEIRO DIA	
Codificação	Amostra
A	Formulação padrão (FP)
B	Formulação com redução de 50% de gordura (FRG)
C	Formulação sem emulsificante (FSE)
D	Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante (FRGSE)

Julgador	Aleatorização	Amostra A	Amostra B	Amostra C	Amostra D
1	ABCD	134	247	383	683
2	ABDC	296	382	516	455
3	ACBD	381	831	182	747
4	ACDB	452	453	258	517
5	ADBC	514	957	687	259
6	ADCB	685	515	454	384
7	BACD	749	686	746	840
8	BADC	837	745	839	957
9	BCAD	956	907	958	908
10	BCDA	182	217	194	219
11	BDAC	216	392	218	394
12	BDCA	391	463	393	465
13	CABD	462	525	464	527
14	CADB	524	696	526	698
15	CBAD	695	755	697	758
16	CBDA	754	896	756	898
17	CDAB	895	967	897	969
18	CDBA	966	912	968	913
19	DABC	121	227	123	229
20	DACB	226	303	228	305
21	DBAC	302	473	304	475
22	DBCA	472	535	474	537
23	DCAB	534	610	536	612

24	DCBA	606	766	611	768
25	ABCD	765	806	767	804
26	ABDC	805	977	825	979
27	ACBD	976	917	978	918
28	ACDB	132	237	134	239
29	ADBC	236	313	238	315
30	ADCB	312	483	314	485
31	BACD	482	545	484	547
32	BADC	544	620	546	622
33	BCAD	619	776	621	778
34	BCDA	795	815	734	817
35	BDAC	814	987	816	989
36	BDCA	986	923	985	643
37	CABD	146	252	148	254
38	CADB	251	323	253	325
39	CBAD	322	493	324	495
40	CBDA	492	565	494	567
41	CDAB	564	630	566	632
42	CDBA	629	786	631	782
43	DABC	785	825	787	827
44	DACB	824	997	826	953
45	DBAC	996	927	998	928
46	DBCA	163	272	165	274
47	DCAB	271	333	273	335
48	DCBA	332	405	334	407
49	ABCD	404	574	406	576
50	ABDC	573	639	575	640

SEGUNDO DIA	
Codificação	Amostra
E	Formulação com redução de 50% de gordura + inulina (FRGI)
F	Formulação sem emulsificante com <i>Spirulina</i> (FSES)
G	Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e <i>Spirulina</i> (FRGSEIS)
H	Formulação sem emulsificante (FSE-EP)

Julgador	Aleatorização	Amostra E	Amostra F	Amostra G	Amostra H
1	EFGH	193	217	154	213
2	EFHG	214	286	219	386
3	EGFH	385	457	387	459
4	EGHF	456	519	458	521
5	EHFG	518	690	520	692
6	EHGF	689	749	691	751
7	FEGH	748	851	750	853
8	FEHG	850	961	852	963
9	FGEH	962	901	962	910
10	FGHE	136	251	128	273
11	FHEG	220	396	297	398
12	FHGE	395	467	397	469
13	GEFH	466	529	468	531
14	GEHF	528	601	530	603
15	GFEH	699	760	602	762
16	GFHE	759	859	761	802
17	GHEF	892	971	801	973
18	GHFE	970	914	972	915
19	HEFG	125	231	127	233
20	HEGF	230	307	232	309
21	HFEG	306	471	308	479
22	HFGE	476	539	478	541
23	HGEF	538	614	540	616
24	HGFE	613	740	615	782

25	EFGH	769	810	731	812
26	EFHG	809	981	811	983
27	EGFH	980	919	982	920
28	EGHF	136	241	138	243
29	EHFG	240	317	242	319
30	EHGF	316	487	318	489
31	FEGH	486	549	488	561
32	FEHG	548	624	560	626
33	FGEH	623	780	625	782
34	FGHE	739	819	781	821
35	FHEG	818	931	820	993
36	FHGE	952	924	972	925
37	GEFH	153	246	152	258
38	GEHF	258	327	257	329
39	GFEH	326	497	328	499
40	GFHE	496	569	498	571
41	GHEF	568	634	570	636
42	GHFE	633	790	635	792
43	HEFG	789	829	791	831
44	HEGF	828	902	830	904
45	HFEG	901	929	903	930
46	HFGE	167	276	169	278
47	HGEF	275	337	277	349
48	HGFE	336	409	348	411
49	EFGH	408	579	410	581
50	EFHG	578	641	580	642

TERCEIRO DIA	
Codificação	Amostra
I	Formulação com redução de 50% de gordura e sem emulsificante com inulina e extrato de <i>Spirulina</i> (FRGSE-IEP)
J	Formulação com redução de 50% de gordura e 25% de açúcar+ inulina e <i>Spirulina</i> (FRGAI)
K	Formulação com redução de 50% de gordura e 25% de açúcar sem emulsificante com inulina e com <i>Spirulina</i> (FRGSEISA)
L	Formulação com redução de 50% de gordura e com redução de 25% de açúcar e sem emulsificante com inulina e extrato de <i>Spirulina</i> (FRGSE-IEPA)

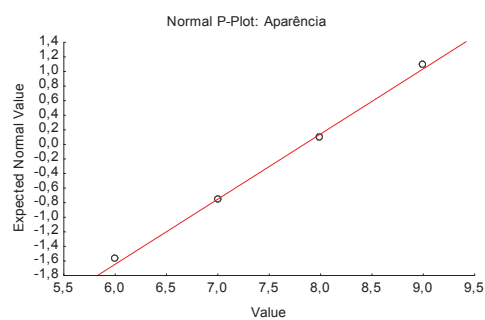
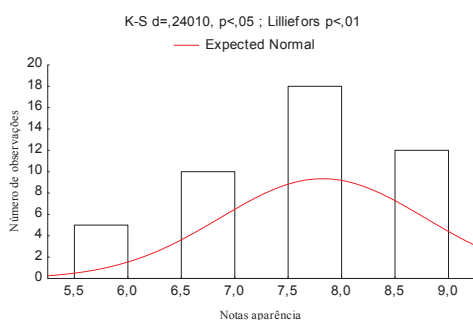
Julgador	Aleatorização	Amostra I	Amostra J	Amostra K	Amostra L
1	IJKL	175	219	134	247
2	IJLK	214	394	296	382
3	IKJL	389	461	381	831
4	IKLJ	460	523	452	453
5	ILJK	528	694	514	957
6	ILKJ	693	753	685	515
7	JKL	752	852	749	686
8	JILK	854	965	837	745
9	JKIL	964	911	956	907
10	JKLI	120	295	182	217
11	JLIK	254	389	216	392
12	JLKI	399	471	391	463
13	KIJL	470	533	462	525
14	KILJ	532	605	524	696
15	KJIL	604	764	695	755
16	KJLI	763	804	754	896
17	KLIJ	803	975	895	967
18	KLJI	974	916	966	912
19	LIJK	129	235	121	227
20	LIKJ	234	311	226	303
21	LJIK	310	481	302	473

22	LJKI	480	543	472	535
23	LKIJ	542	618	534	610
24	LKJI	617	734	606	766
25	IJKL	793	813	765	806
26	IJLK	812	985	805	977
27	IKJL	984	921	976	917
28	IKLJ	140	245	132	237
29	ILJK	244	321	236	313
30	ILKJ	320	491	312	483
31	JIKL	490	563	482	545
32	JILK	562	628	544	620
33	JKIL	627	784	619	776
34	JKLI	783	823	795	815
35	JLIK	822	995	814	987
36	JLKI	964	923	986	923
37	KIJL	154	260	146	252
38	KILJ	259	331	251	323
39	KJIL	330	402	322	493
40	KJLI	401	573	492	565
41	KLIJ	572	638	564	630
42	KLJI	637	794	629	786
43	LIJK	793	833	785	825
44	LIKJ	832	906	824	997
45	LJIK	905	931	996	927
46	LJKI	171	280	163	272
47	LKIJ	279	351	271	333
48	LKJI	350	413	332	405
49	IJKL	412	583	404	574
50	IJLK	582	643	573	639

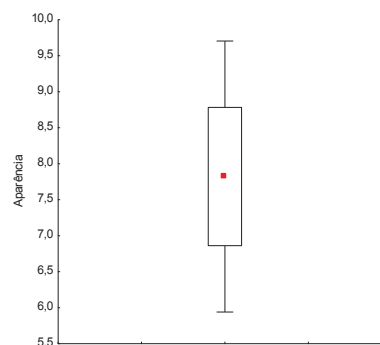
APÊNDICE D – NOTAS DE FREQUENCIA TESTE DE ACEITABILIDADE

Figura 17: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 1, em número de julgadores.

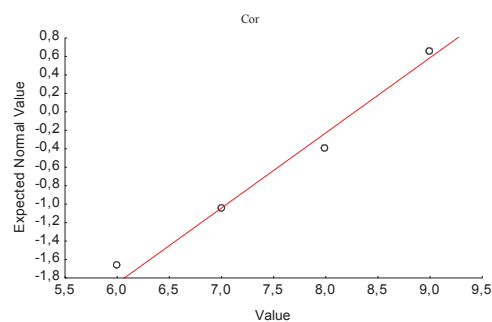
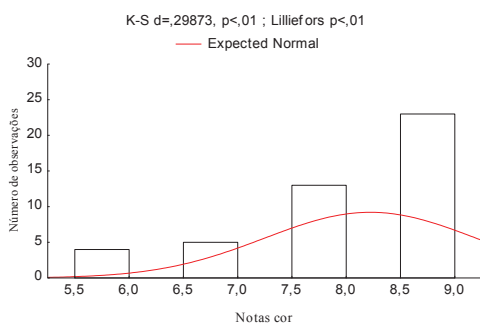
Aparência



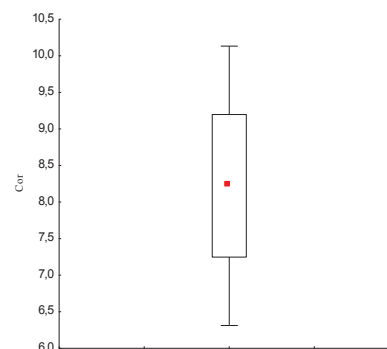
Summary Statistics:Aparência
Valid N=45
Mean= 7,822222
Confidence -95,000%= 7,533709
Confidence 95,000%= 8,110735
Minimum= 6,000000
Maximum= 9,000000
Variance= 0,922222
Std.Dev.= 0,960324
Coef.Var.= 12,276870
Standard Error= 0,143157



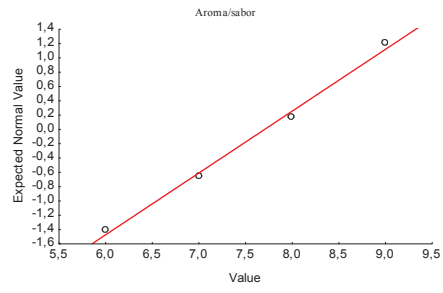
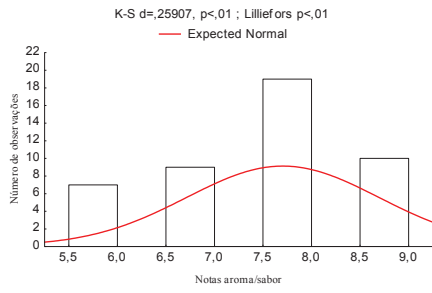
Cor



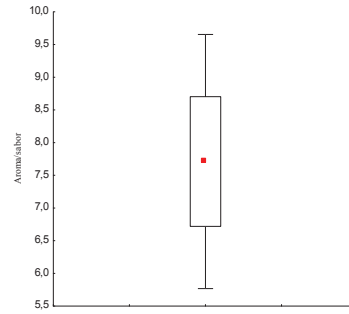
Summary Statistics:cor
Valid N=45
Mean= 8,222222
Confidence -95,000%= 7,929474
Confidence 95,000%= 8,514970
Minimum= 6,000000
Maximum= 9,000000
Variance= 0,949495
Std.Dev.= 0,974420
Coef.Var.= 11,851058
Standard Error= 0,145258



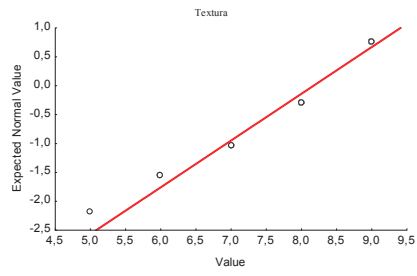
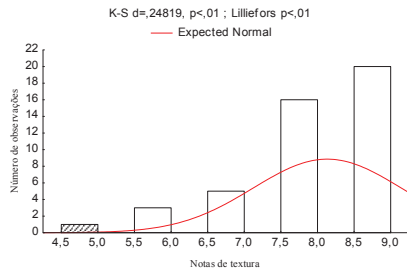
Summary: aroma



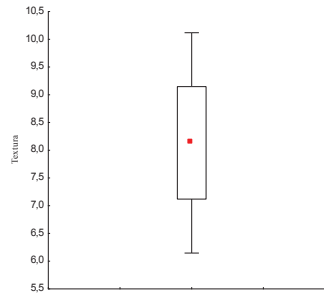
Summary Statistics:aroma
Valid N=45
Mean= 7,711111
Confidence -95,000%= 7,413268
Confidence 95,000= 8,008954
Minimum= 6,000000
Maximum= 9,000000
Variance= 0,982828
Std.Dev.= 0,991377
Coef.Var.= 12,856474
Standard Error= 0,147786



Textura



Summary Statistics:textura
Valid N=45
Mean= 8,133333
Confidence -95,000%= 7,828831
Confidence 95,000= 8,437836
Minimum= 5,000000
Maximum= 9,000000
Variance= 1,027273
Std.Dev.= 1,013545
Coef.Var.= 12,461614
Standard Error= 0,151090



Impressão global

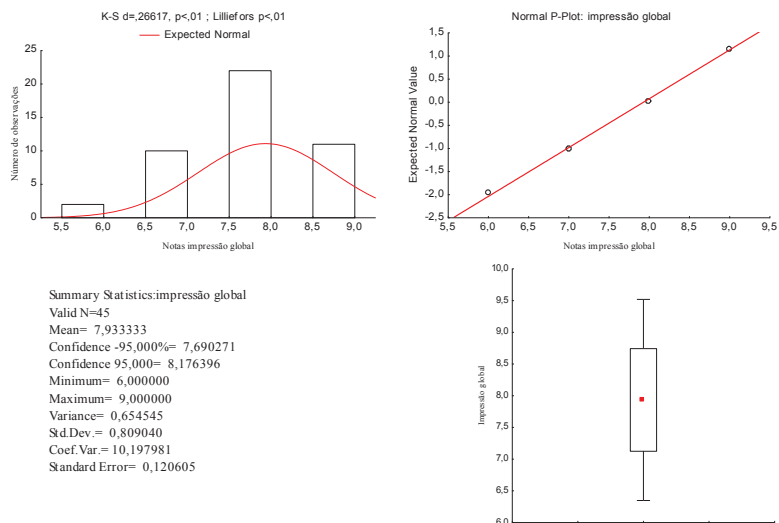
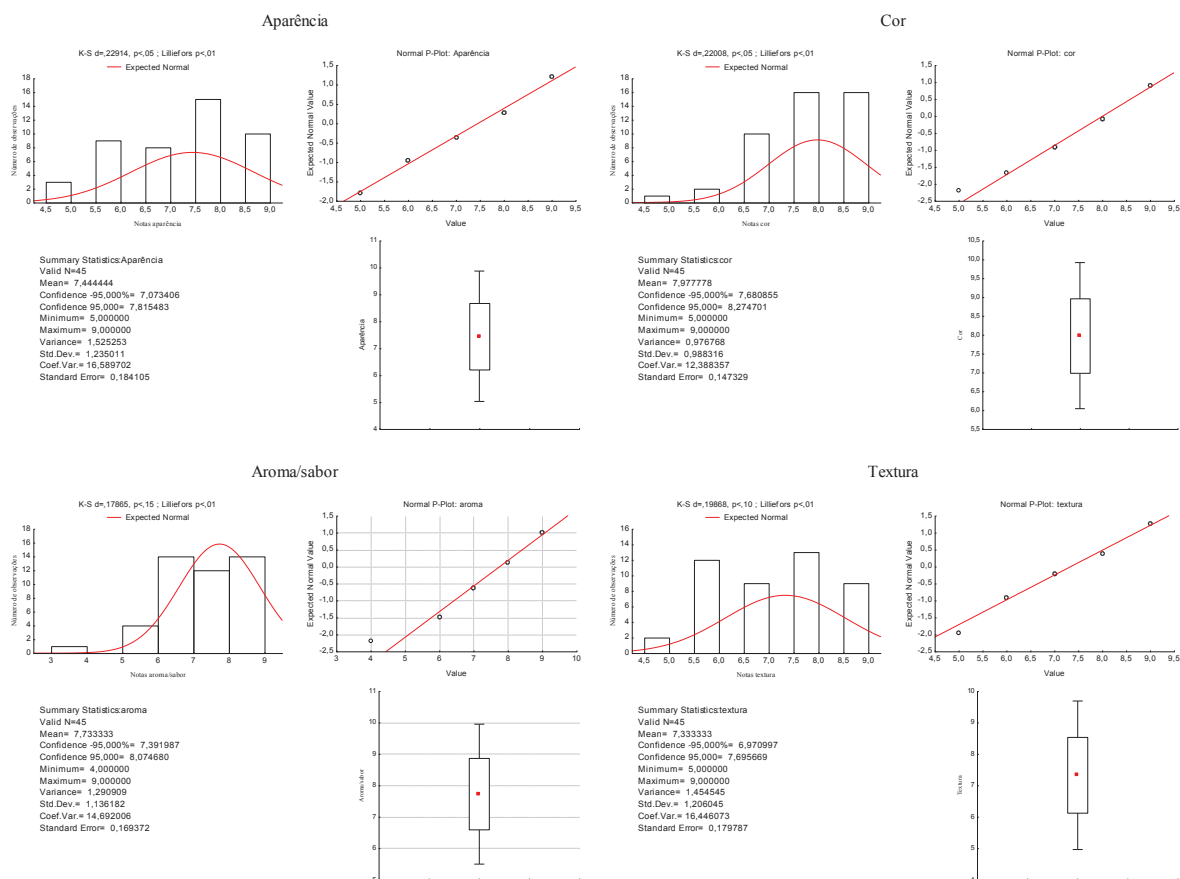


Figura 18: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 2, em número de julgadores.



Impressão global

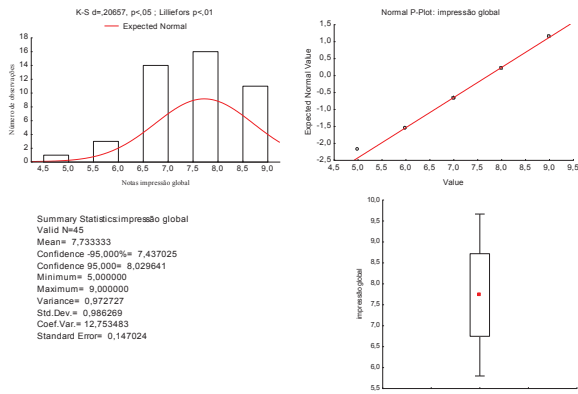
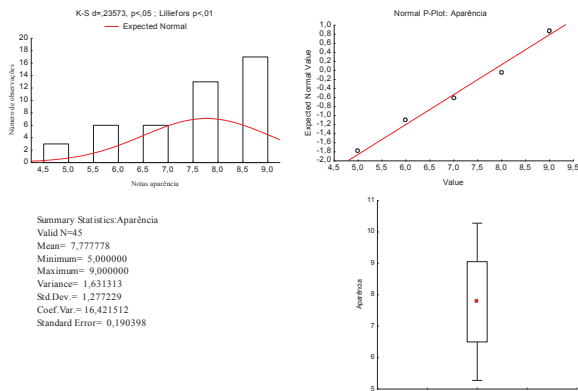
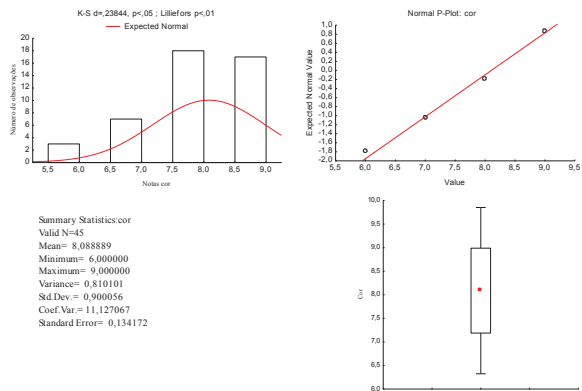


Figura 19: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 3, em número de julgadores.

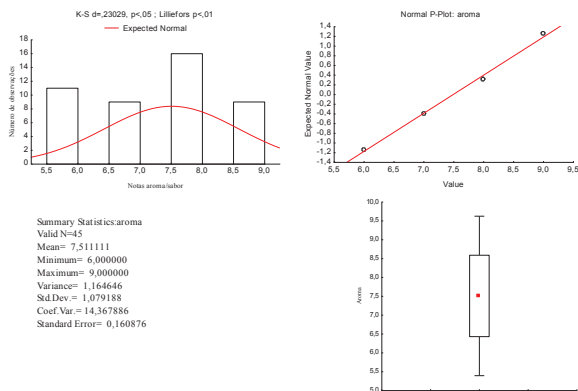
Aparência



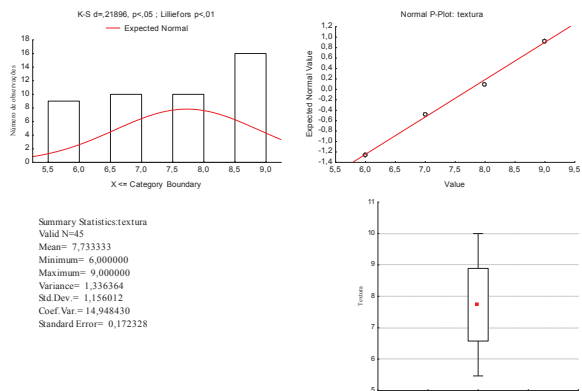
Cor



Aroma/sabor



Textura



Impressão global

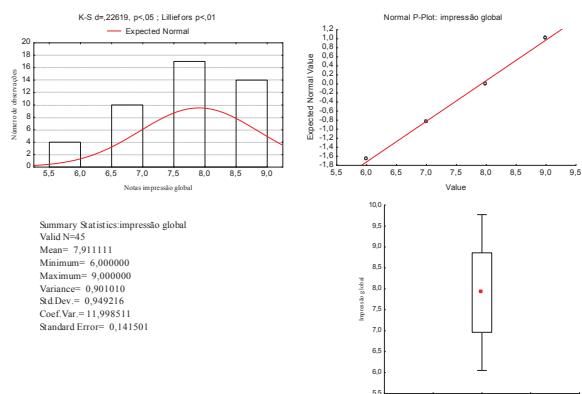
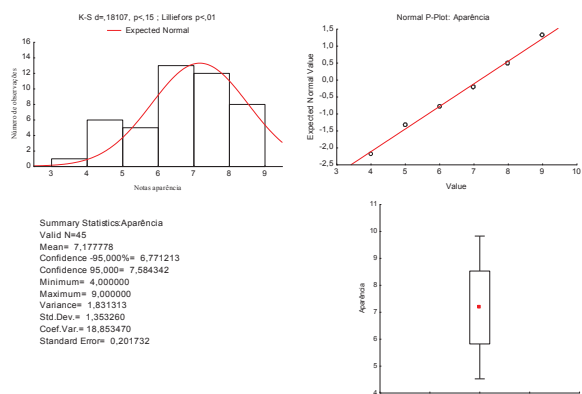
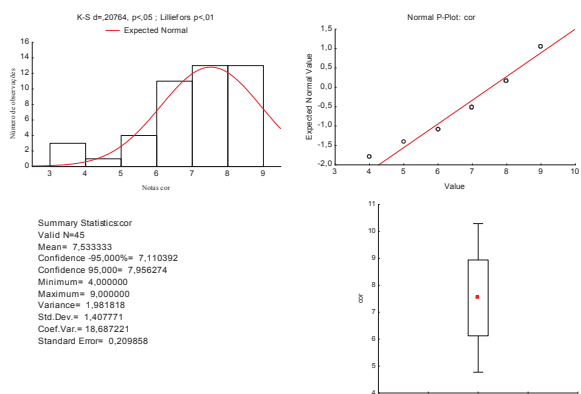


Figura 20: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 4, em número de julgadores.

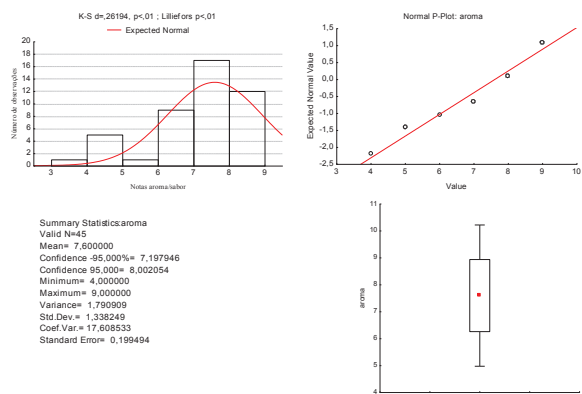
Aparência



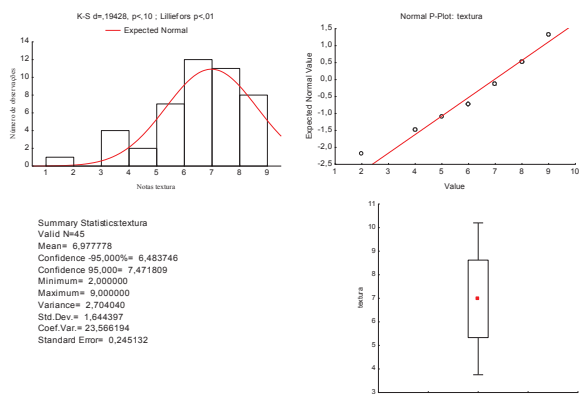
Cor



Aroma/sabor



Textura



Impressão global

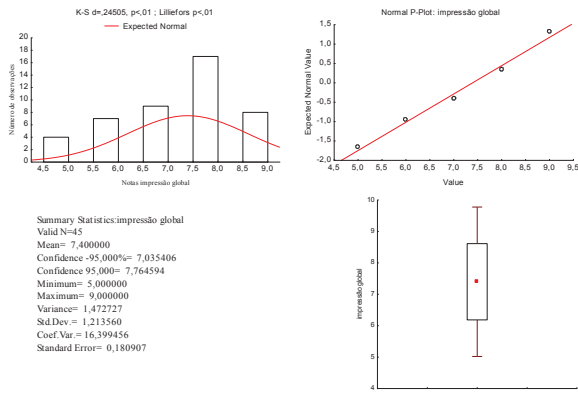
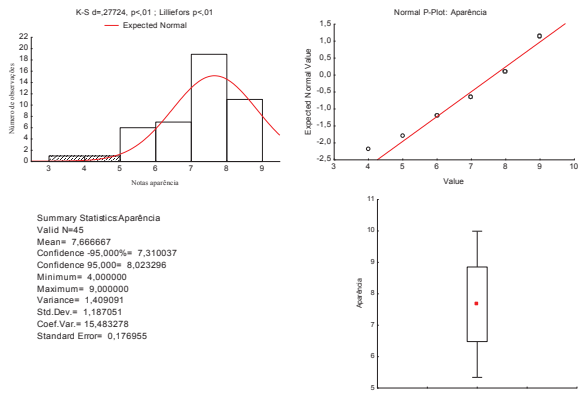
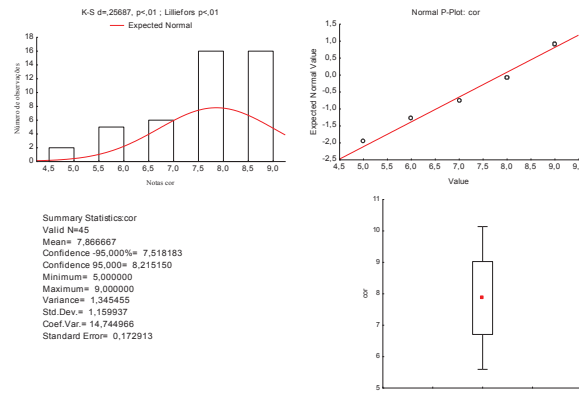


Figura 21: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 5, em número de julgadores.

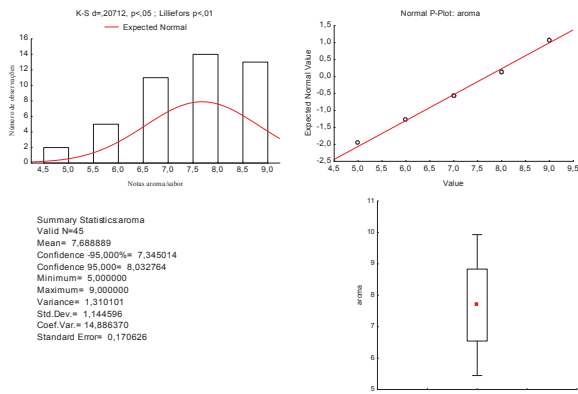
Aparência



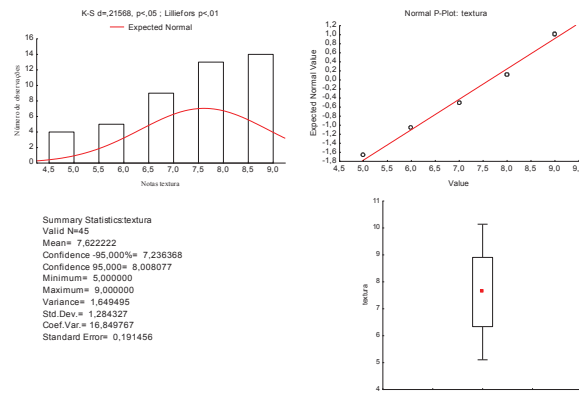
Cor



Aroma



Textura



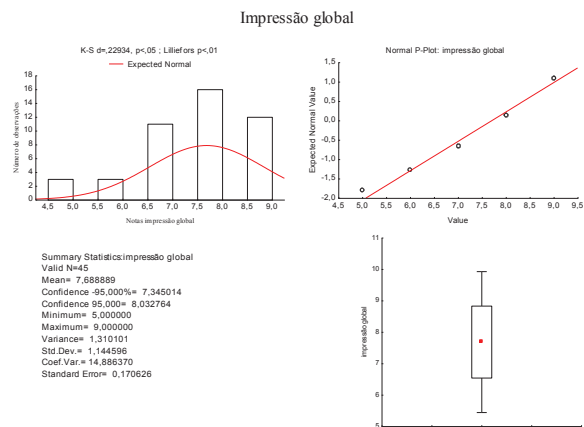
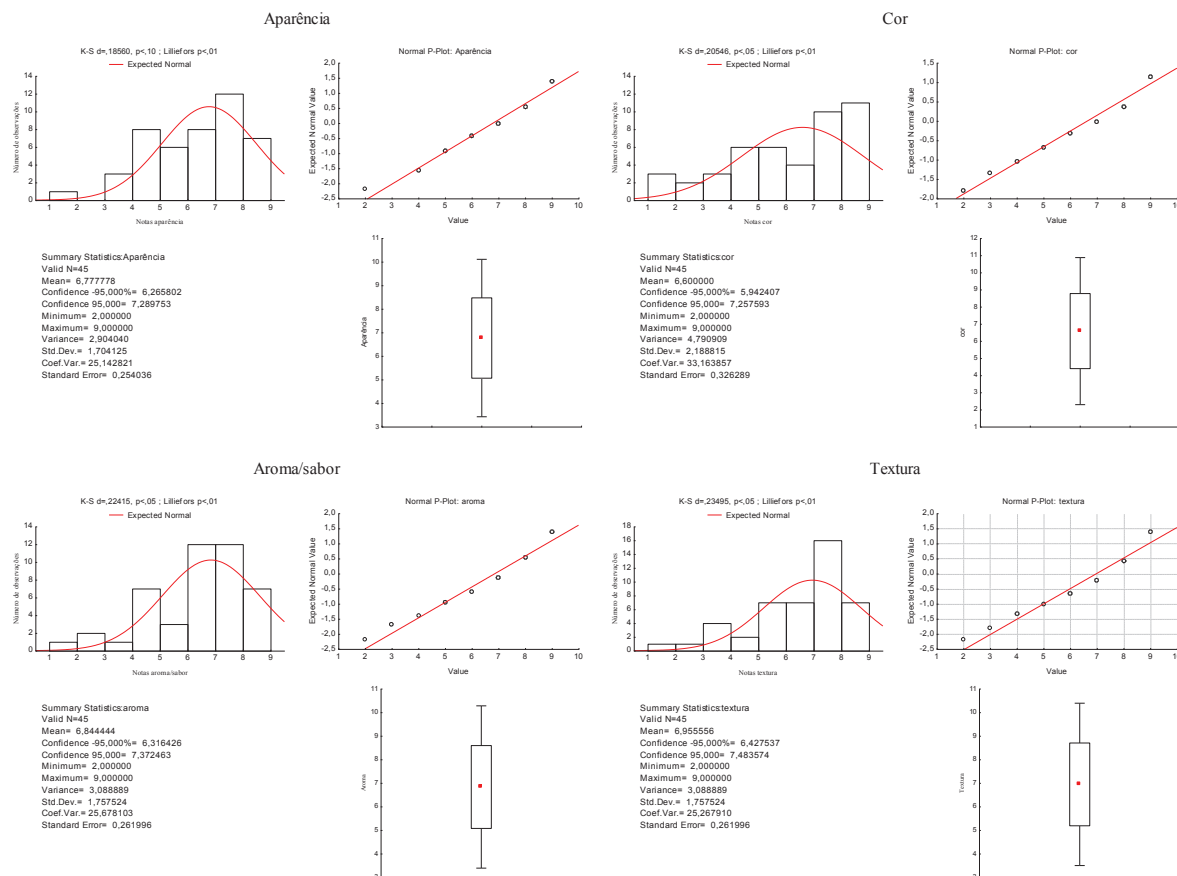


Figura 22: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 6, em número de julgadores.



Impressão global

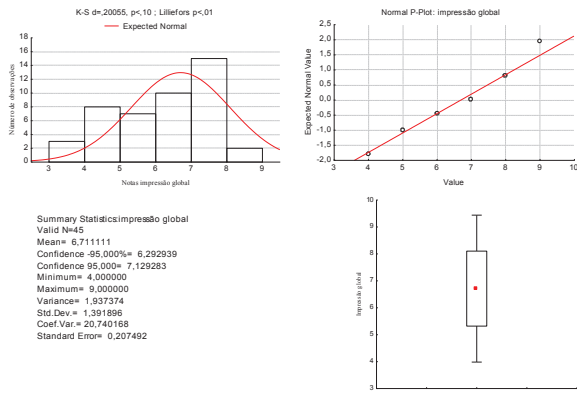
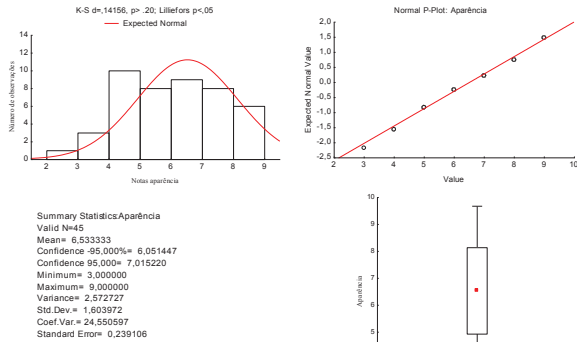
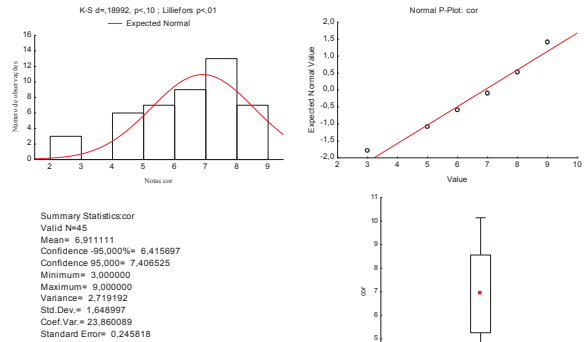


Figura 23: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 7, em número de julgadores.

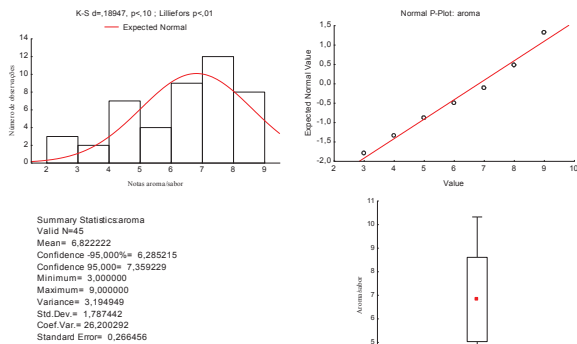
Aparência



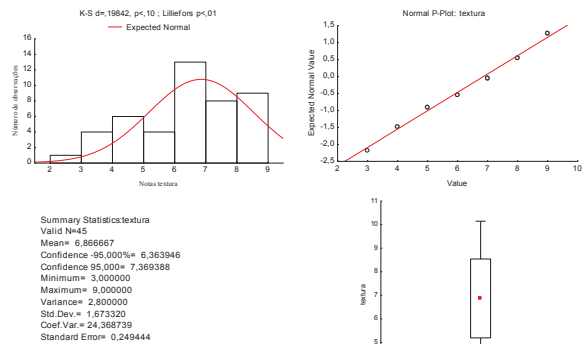
Cor



Aroma/sabor



Textura



Impressão global

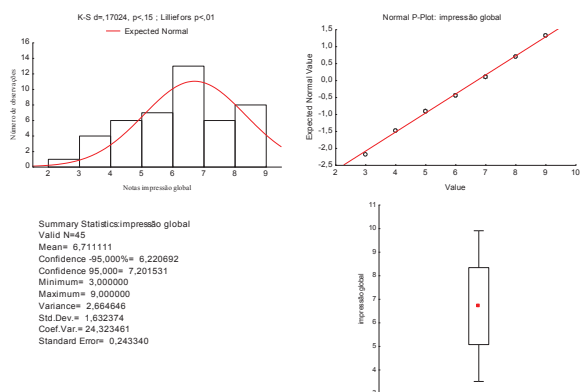
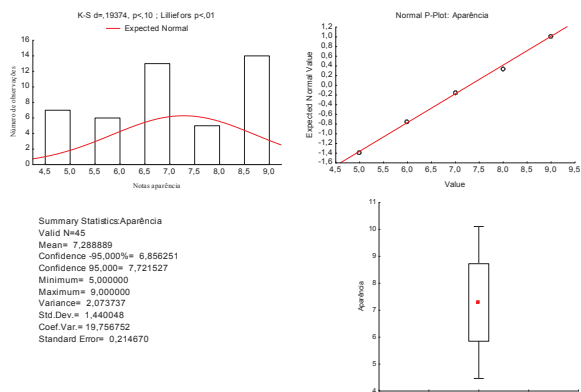
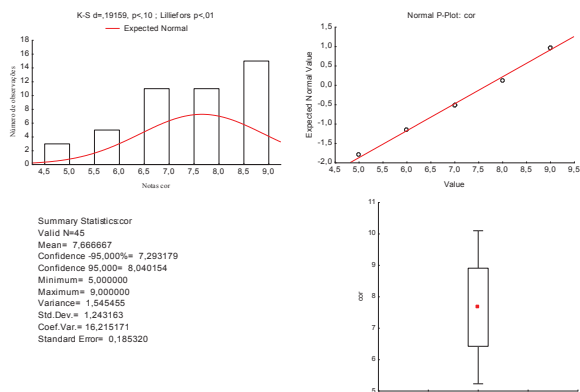


Figura 24: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 8, em número de julgadores.

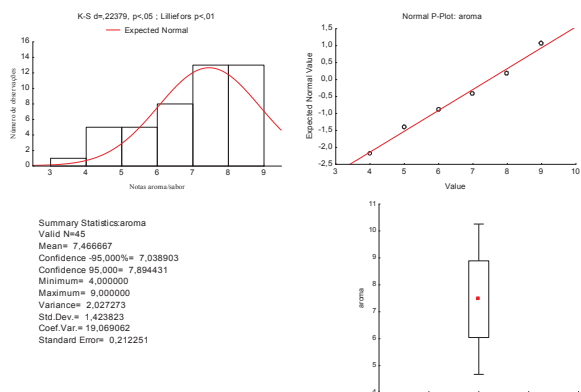
Aparência



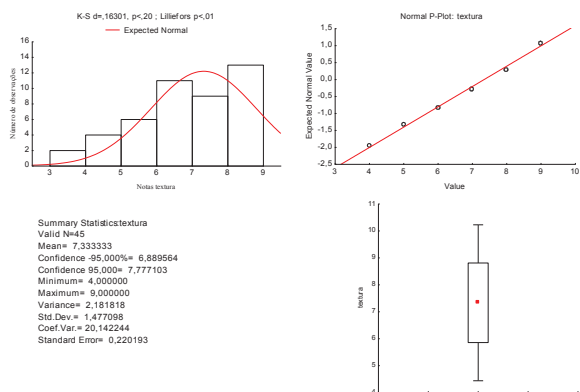
Cor



Aroma/sabor



Textura



Impressão global

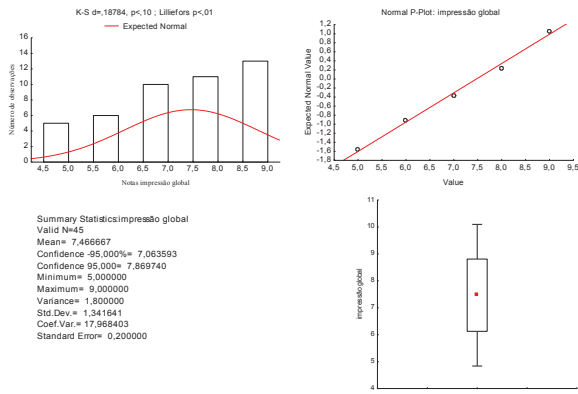
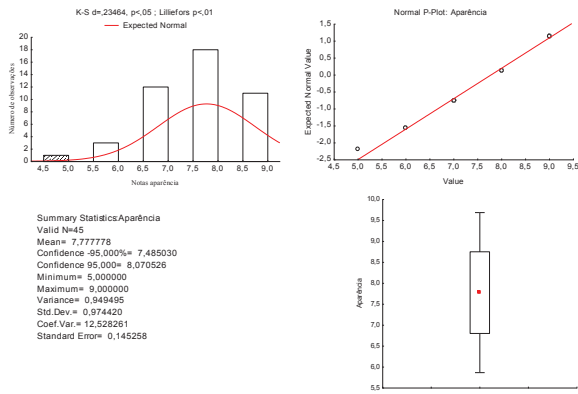
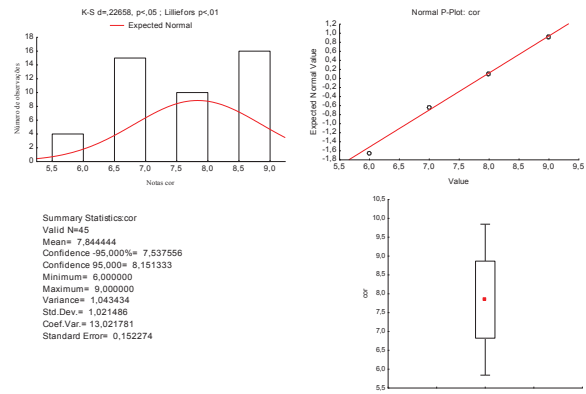


Figura 25: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 9, em número de julgadores.

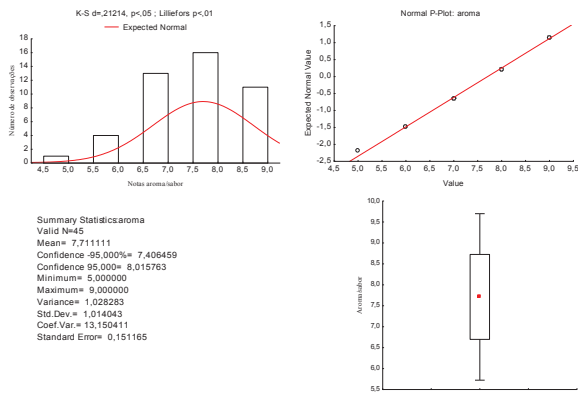
Aparência



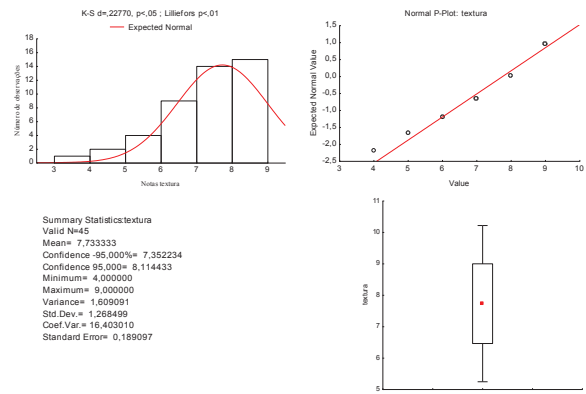
Cor



Aroma/sabor



Textura



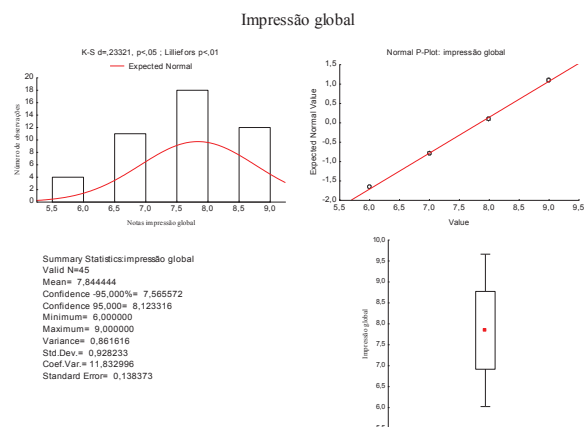
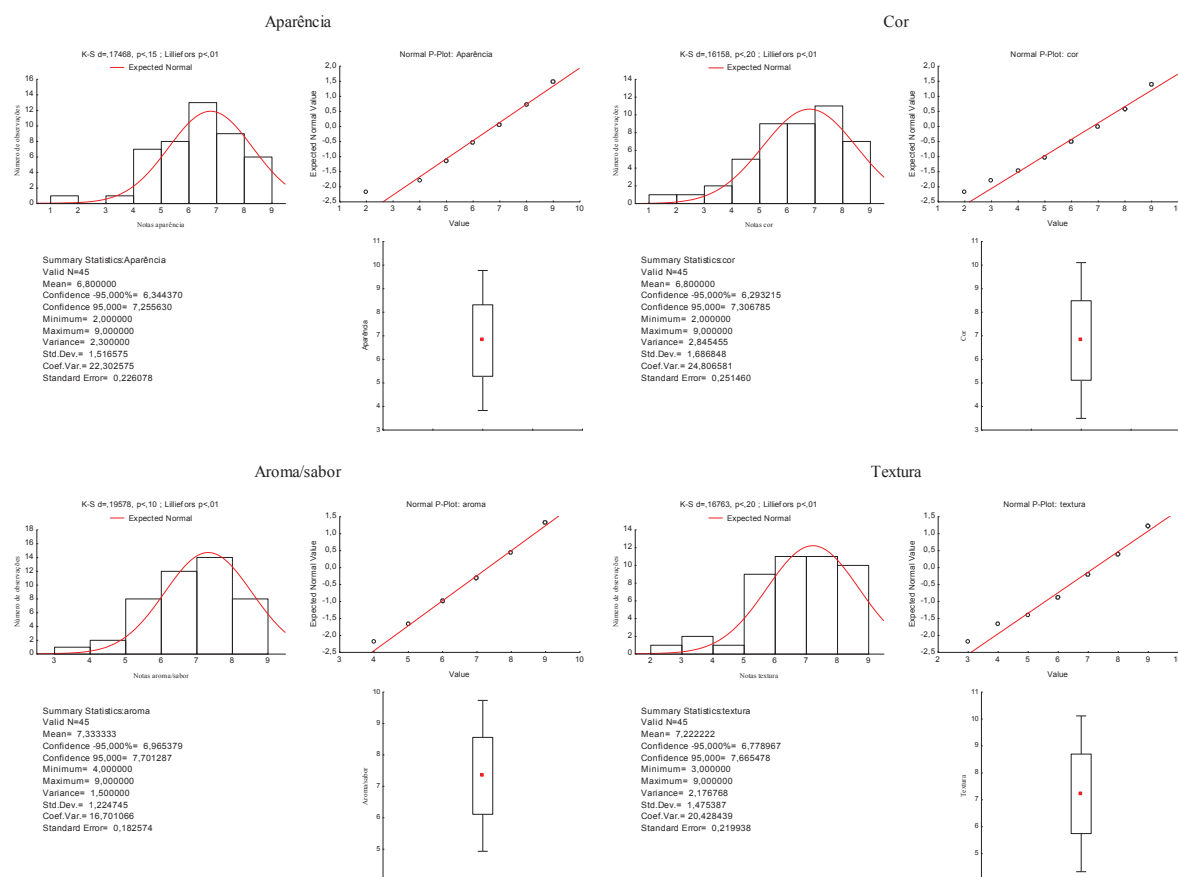


Figura 26: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 10, em número de julgadores.



Impressão global

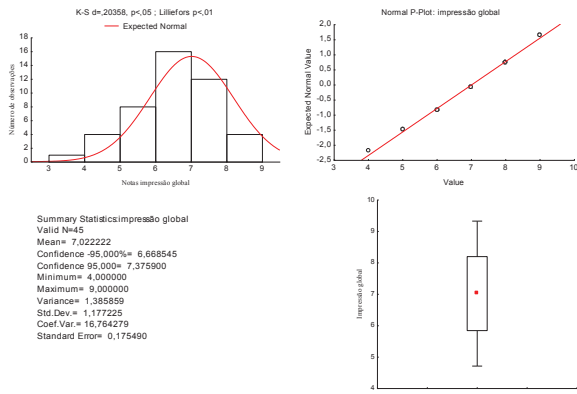
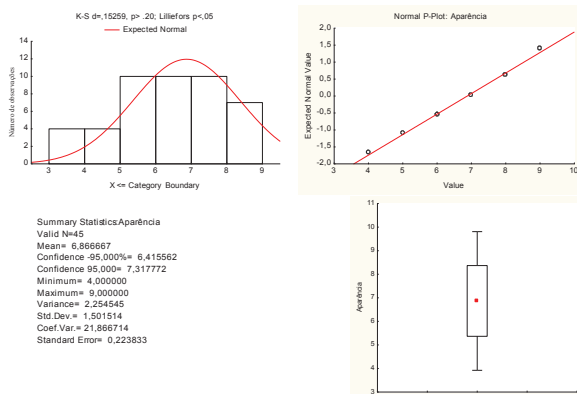
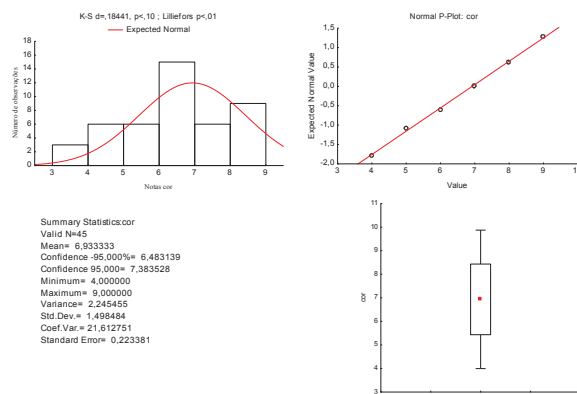


Figura 27: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 11, em número de julgadores.

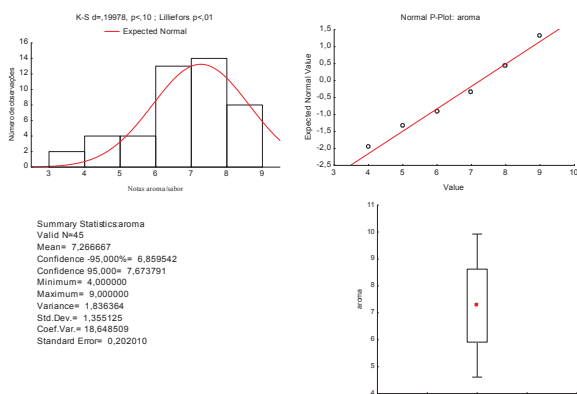
Aparência



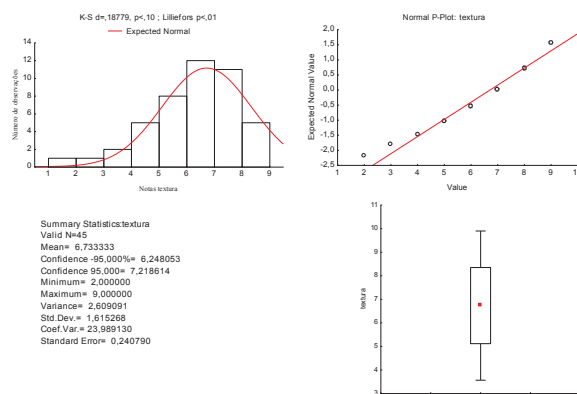
Cor



Aroma/sabor



Textura



Impressão global

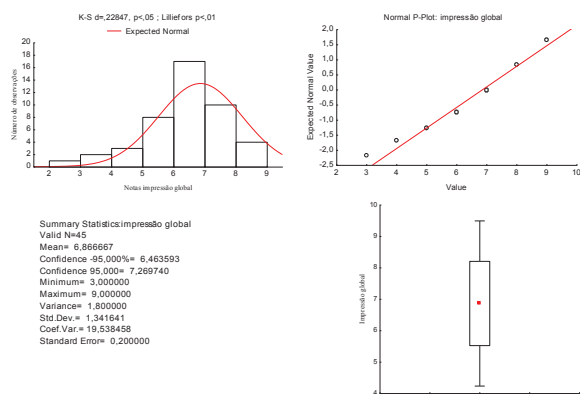
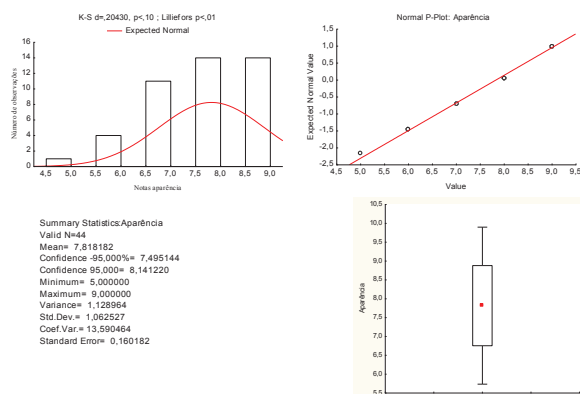
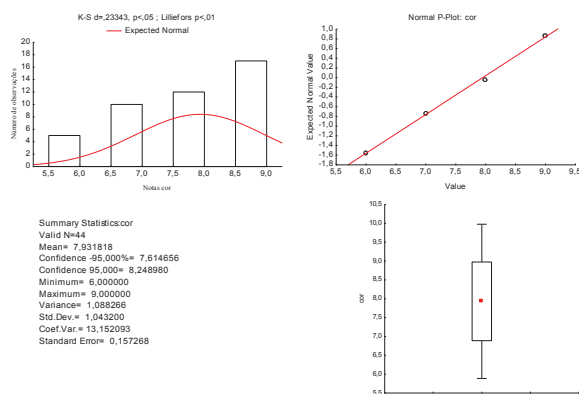


Figura 28: Frequência das notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, Cor, Aroma, Textura e Impressão global da Formulação 12, em número de julgadores.

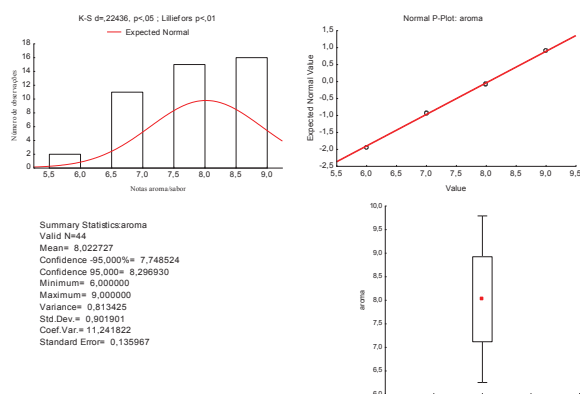
Aparência



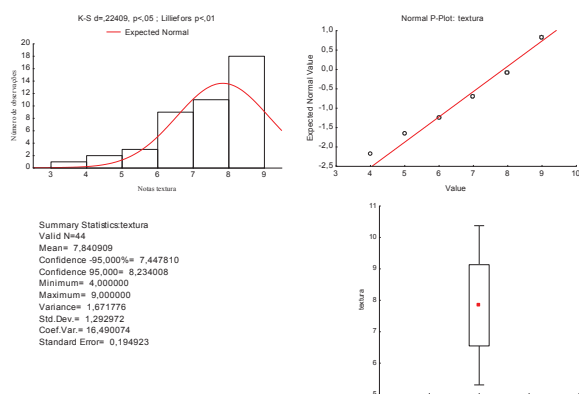
Cor



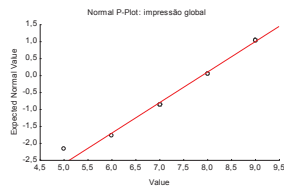
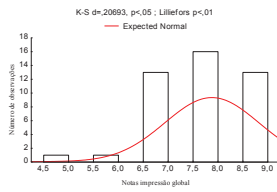
Aroma/sabor



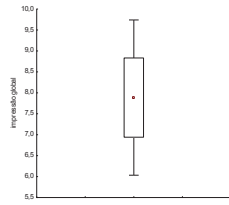
Textura



Impressão global



Summary Statistics impressão global
 Valid N=44
 Mean = 7,886364
 Confidence -95,000% = 7,598939
 Confidence 95,000% = 8,173789
 Minimum = 5,000000
 Maximum = 9,000000
 Variance = 0,893763
 Std. Dev. = 0,945391
 Coef. Var. = 11,987661
 Standard Error = 0,142523



7. 5. Impressão Global **Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Desgostei muitoíssimo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Gostei muitoíssimo

8. Comentários:

Cheque tudo que se aplica ao produto

Você está recebendo uma amostra de sorvete. Por favor, avalie quanto à aparência, sabor, textura e sensações residuais.

9. Marque todas as opções que você considera adequadas para descrever o produto: **Marcar tudo o que for aplicável.*

- Cremoso / suave
- Derrete rapidamente
- Aparência cremosa
- Extremamente doce
- Duro / denso
- Cor azul-esverdeada
- Presença de cristais de gelo
- Derrete lentamente
- Aerado
- Sabor residual de peixe / alga
- Sabor de algas
- Odor de peixe / alga
- Sensação gordurosa na boca
- Aroma de leite
- Sabor doce
- Pontos verdes
- Sabor de creme / nata
- Compacto
- Outra: _____