



Universidade Norte do Paraná

UNOPAR

MESTRADO ACADÊMICO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO LEITE

KAMILLA AVELINO LUNARDELLO

**INFLUÊNCIA DO USO COMBINADO DE
HIDROCOLÓIDES NAS CARACTERÍSTICAS DO
IOGURTE NATURAL DESNATADO**

**Londrina
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

KAMILLA AVELINO LUNARDELLO

**INFLUÊNCIA DO USO COMBINADO DE
HIDROCOLÓIDES NAS CARACTERÍSTICAS DO
IOGURTE NATURAL DESNATADO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Ciência e Tecnologia do Leite da Universidade Norte do Paraná para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia do Leite

Orientadora: Prof^a. Dr^a Christiane Maciel Vasconcellos Barros De Rensis

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a Marta de Toledo Benassi

**LONDRINA
2009**

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu pai e irmã, Odair Benedito Lunardello e Karinne Avelino Lunardello, e a memória de minha amada mãe Maria de Fátima Avelino Lunardello pelo seu amor e apoio incondicional durante toda sua vida.

Agradecimentos

Agradeço a DEUS por me conceder uma vida repleta de bênçãos e realizações.

À Professora Dra. Christiane Barros De Rensis pela amizade, confiança, apoio e dedicação na competente orientação do trabalho.

À Professora Dra Marta de Toledo Benassi por ter me acolhido, pelo voto de confiança, valiosa co-orientação, acompanhamento e revisão do estudo durante a realização deste trabalho.

Ao Prof Dr. Fabio Yamashita pelas sugestões e auxílio.

Aos professores membros das bancas de qualificação e defesa pelas sugestões e contribuições apresentadas.

Às colegas de mestrado, em especial queridas amigas Vanessa André Romanholi, Marilsa Santini e Beatriz Ulate.

Ao auxílio dos técnicos dos laboratórios Donato, Elaine e Joelma, e dos alunos de iniciação científica Rafael e Heitor.

À minha família, em especial as tias Lourdes e Nice, e priminhas amadas Bárbara, Brenda, Daiane e Deisielli pelo apoio durante todo esse período.

À Be, Caryna, Leo, Vivi e Gregory Felipe pelo incentivo, apoio, carinho, força, colaboração e amizade.

À todas as pessoas que de uma maneira ou de outra sempre me incentivaram e contribuíram para tornar possível a realização deste trabalho;
Meus mais sinceros agradecimentos...

Uma paixão forte por qualquer objeto assegurará o sucesso, porque o desejo pelo objetivo mostrará os meios.

William Hazlitt

LUNARDELLO, Kamilla Avelino. **Influência do uso combinado de hidrocolóides nas características do iogurte natural desnatado**. 2009. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite) Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2009.

RESUMO

Iogurte desnatado pode apresentar defeitos como, gel fraco e sinérese, devido ao reduzido conteúdo lipídico. Na tentativa de solucionar estes problemas, pode ser feita a adição de hidrocolóides, que atuam como agentes de corpo, espessantes, estabilizantes e geleificantes, melhorando a textura e aumentando a capacidade de retenção de água do produto. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do uso combinado dos hidrocolóides carragena, xantana e alginato nas características do iogurte natural desnatado. Esses hidrocolóides e suas concentrações foram selecionados através de testes preliminares que verificaram a compatibilidade da carragena, pectina, xantana, LBG, guar e alginato, aplicados isolados e combinados, no iogurte natural desnatado. Os iogurtes com adição de hidrocolóides foram analisados quanto à composição química, perfil de textura instrumental e capacidade de retenção de água. O delineamento estatístico adotado foi um planejamento fatorial completo 2^3 , com níveis -1 e +1. Os iogurtes estudados apresentaram composição química semelhante. Na análise dos perfis de textura, os parâmetros considerados foram dureza, adesividade, elasticidade, coesividade e gomosidade. Comparando os perfis de textura dos iogurtes desnatados elaborados com iogurtes naturais desnatados comercial foi possível verificar que todos os iogurtes elaborados apresentaram maior adesividade que os de mercado. Os valores de dureza, 0,59N a 2,33N, e gomosidade, 0,25N a 0,70N, apresentaram grande variação. A elasticidade e a coesividade apresentaram menor variabilidade em relação às diferentes concentrações de hidrocolóides utilizados. Os iogurtes desnatados elaborados apresentaram capacidade de reter água de 40,11% a 71,40%. A carragena foi o hidrocolóide que mais influenciou nos resultados, aumentando os atributos dureza, adesividade, gomosidade, e CRA na concentração máxima (0,30%), enquanto o alginato causou efeito inverso na dureza, adesividade e CRA. Já a xantana influenciou apenas a CRA que demonstrou resposta positiva ao aumento da sua concentração. Os iogurtes desnatados que apresentaram maior capacidade de retenção de água agregados a perfis de textura semelhantes a dos iogurtes de mercados foram submetidos a análise sensorial no teste de Diferença do Controle. O iogurte selecionado como controle foi o tratamento com concentração máxima de xantana e alginato. Os iogurtes desnatados não apresentaram diferença significativa entre si, permitindo concluir que pequenas variações nas formulações dos iogurtes naturais desnatados com adição de carragena, xantana e alginato permitem produtos com alta capacidade de retenção de água e perfis de textura semelhantes aos de mercado sem apresentar diferença significativa em suas características sensoriais.

Palavras-chave: iogurte desnatado; hidrocolóides; sinérese; textura.

LUNARDELLO, Kamilla Avelino. **Influência do uso combinado de hidrocolóides nas características do iogurte natural desnatado.** 2009. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite) Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2009.

ABSTRACT

Skim milk yogurt may have defects such as weak gel and syneresis. In an attempt to solve these problems is the addition of hydrocolloids, which can act as thickening, stabilizing and gelling agents, improving the texture and increasing the water holding capacity of the product. The aim of this study was to evaluate the influence of combined use of hydrocolloids: carrageenan, xanthan and alginate on the characteristics of skim milk natural yoghurt, by analyzing the profile of texture and water holding capacity. The statistical design was a full 2^3 factorial, with levels -1 and +1. The hydrocolloids and their concentrations were selected through tests that verified the compatibility of carrageenan, pectin, xanthan, LBG, guar and alginate, applied alone and combined in the skim natural yogurt. The parameters of texture profile were considered hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness and gumminess. The texture's profile of produced yogurt and commercial skim milk natural yogurt were different. All the produced yogurts showed high values for the attribute adhesiveness. The values of hardness, 0.59 N to 2.33 N, and gumminess, 0.25 N to 0.70 N, showed great variation. Springiness and cohesiveness showed lower variability in relation to different concentrations of hydrocolloids used. The water holding capacity of the yogurts ranged from 40.11% to 71.40%.

The carrageenan was the hydrocolloid that most influenced the results leading to increased hardness, adhesiveness, gumminess, and the CRA maximum concentration (0.30%), while alginate caused the opposite effect in hardness, adhesiveness and CRA. Already a xanthan influenced only the CRA that showed positive response to the increase of its concentration. The sensory evaluation of yogurts selected, found that small variations in the formulations of skim natural yogurt allow products with high water holding capacity and texture similar to the profiles of the market without significant difference in their sensory characteristics.

Key-words: Skim yogurt; hydrocolloids; syneresis; texture

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estruturas da k-carragena(a); λ -carragena (b) e i-carragena (c).	19
Figura 2	Estrutura da xantana.....	20
Figura 3	Possível mecanismo de cross-linking de alginato com íon cálcio.....	22
Figura 4	Curva típica da análise do perfil de Textura.....	25
Figura 5	Fluxograma do preparo do iogurte natural desnatado adicionado de hidrocolóides.....	30
Figura 6	Ficha utilizada para o teste de diferença do controle dos iogurtes naturais desnatados.....	33
Figura 7	Iogurte natural desnatado com adição de pectina (A) e carragena (B).....	36
Figura 8	Iogurte natural desnatado com adição de xantana (A) e guar (B).....	36
Figura 9	Perfis de textura dos iogurtes desnatados elaborados (A) e comerciais (B).....	41
Figura 10	Gráfico de superfície e curva de contorno do efeito da dureza no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides carragena e xantana.....	43
Figura 11	Gráficos de superfície e curvas de contorno do efeito da dureza no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides alginato com: carragena (A); e xantana (B).....	44
Figura 12	Gráfico de superfície e curva de contorno do efeito da adesividade no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides carragena e xantana.....	45
Figura 13	Gráficos de superfície e curvas de contorno do efeito da adesividade no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides alginato com: xantana (A), e carragena (B).....	46
Figura 14	Gráfico de superfície e curva de contorno do efeito da gomosidade no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides carragena e xantana.....	47
Figura 15	Gráficos de superfície e curvas de contorno do efeito da gomosidade no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides alginato com: carragena (A), e xantana (B).....	48
Figura 16	Gráfico de superfície e curva de contorno da CRA no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides carragena e xantana.....	51
Figura 17	Gráficos de superfície e curvas de contorno da CRA do iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides xantana com: carragena (A), e alginato (B).....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Fatores pertinentes na seleção de hidrocolóides.....	16
Tabela 2	Testes para medida de textura de alimentos.....	24
Tabela 3	Formulações testadas na produção do iogurte natural desnatado.....	29
Tabela 4	Níveis codificados e valores reais das variáveis independentes: carragena, xantana e alginato.....	34
Tabela 5	Planejamento fatorial completo 2 ³ dos hidrocolóides utilizados nas formulações do iogurte natural desnatado.....	34
Tabela 6	Comportamento dos hidrocolóides testados isoladamente.....	35
Tabela 7	Composição físico-química dos iogurtes desnatados obtidos a partir de diferentes concentrações de hidrocolóides.....	36
Tabela 8	Médias (n=5) das respostas da análise do perfil de textura para os iogurtes desnatados elaborados.....	40
Tabela 9	Médias (n=5) das respostas da análise do perfil de para os iogurtes desnatados comerciais.....	40
Tabela 10	Efeitos das concentrações dos hidrocolóides carragena, xantana e alginato nas respostas de dureza, adesividade e gomosidade dos iogurtes naturais desnatados.....	42
Tabela 11	Equações para os efeitos das variáveis do processo nas respostas de perfil de textura dos iogurtes desnatados.....	42
Tabela 12	Média para a resposta de capacidade de retenção de água dos iogurtes desnatados, pelas diferentes concentrações de hidrocolóides.....	49
Tabela 13	Efeitos das concentrações dos hidrocolóides carragena, xantana e alginato para a capacidade de retenção de água dos iogurtes desnatados.....	50
Tabela 14	Equação para os efeitos das variáveis do processo nas respostas da capacidade de retenção de água dos iogurtes desnatados.....	50
Tabela 15	Níveis recomendados das variáveis para iogurte natural desnatado.....	53
Tabela 16	Médias das notas atribuídas aos tratamentos no teste de diferença do controle.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
B.O.D.	Biological Demand of Oxygen (equipamento)
°C	Graus centígrados
CMC	Carboximetilcelulose
g	Gramas
ISO	International Organization for Standardization
LBG	Locuste Bean Gum
N	Newton
mL	Militros
mm	Milímetros
pH	Potencial Hidrogeniônico
rpm	Rotações por minuto
s	Segundos
UHT	Ultra High Temperature
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 IOGURTE	13
2.1.1 Iogurte Natural Desnatado	14
2.2 HIDROCOLÓIDES COMO SUBSTITUTOS DE GORDURA	15
2.2.3 Principais hidrocolóides aplicados em alimentos	18
2.2.3.1 Carragena.....	18
2.2.3.2 Xantana	19
2.2.3.3 Alginato.....	21
2.2.3.4 Outros.....	22
2.3 TEXTURA	23
2.4 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA)	26
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 EXPERIMENTOS EXPLORATÓRIOS – COMPATIBILIDADE E EFEITO DOS HIDROCOLÓIDES NO IOGURTE NATURAL DESNATADO	28
3.1.1 Hidrocolóides adicionados isoladamente	28
3.1.2 Hidrocolóides adicionados combinados	29
3.2 IOGURTE NATURAL DESNATADO COM USO COMBINADO DE HIDROCOLÓIDES.....	29
3.2.1 Processo de Fabricação do iogurte.....	29
3.2.2 Análises Físico-químicas.....	31
3.2.3 Análise de Textura	31
3.2.4 Capacidade de Retenção de Água.....	32
3.2.5 Análise Sensorial.....	32
3.2.6 Planejamento Experimental	33
3.2.7 Análise Estatística.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 EXPERIMENTOS EXPLORATÓRIOS – COMPATIBILIDADE E EFEITO DOS HIDROCOLÓIDES NO IOGURTE NATURAL DESNATADO	35
4.1.1 Hidrocolóides adicionados isoladamente	35
4.1.2 Hidrocolóides adicionados combinados	37
4.2 IOGURTE NATURAL DESNATADO COM USO COMBINADO DE HIDROCOLÓIDES.....	37
4.2.1 Composição físico- química	37
4.2.2 Perfil de Textura (TPA).....	39
4.2.2.1 Análise dos efeitos.....	42
4.2.3 Capacidade de Retenção de Água (CRA).....	49
4.2.3 Análise Sensorial.....	53
5 CONCLUSÃO	55
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

O iogurte natural é considerado um alimento saudável, devido seus altos conteúdos de proteínas, de cálcio e de vitaminas, e ausência de aditivos como aromatizantes, corantes e edulcorantes (McBEAN, 2007).

Devido à crescente demanda por produtos com composição nutricional balanceada e aos vários problemas que o consumo de gordura pode trazer a saúde, o leite desnatado tem sido utilizado para produção de iogurte, reduzindo, assim, seu teor de gordura para um máximo de 0,5% (SAHAN;YASAR; HAYALOGLU, 2007). No entanto, esta redução no teor de gordura pode resultar em defeitos tecnológicos como a formação de coágulo frágil e quebradiço, com liberação de soro. Para melhorar a textura, aparência e aceitabilidade desses iogurtes são adicionados ingredientes que fornecem características tecnológicas e sensoriais semelhantes às das gorduras. Uma classe de aditivos que podem ser usados como substitutos de gordura são os hidrocolóides (ÜNAL; METIN; ISIKLI, 2003).

Hidrocolóides ou gomas são polissacarídeos de alto peso molecular e têm duas funções básicas: ligar-se à água e promover viscosidade (BOBBIO; BOBBIO, 1992). São capazes de formar uma rede de ligações com os constituintes do leite, devido à presença de cargas negativas, como radicais hidroxil e carboxil, ou pela presença de sais capazes de seqüestrarem íons cálcio (SYRBE; BAUER; KLOSTERMEYER, 1998). Podem ser adicionados sozinhos ou combinados, com o objetivo de obter a funcionalidade desejada para o produto (GALLARDO-ESCAMILLA; KELLY ;DELAHUNTY,2007). Implícitas nesta funcionalidade estão geleificação, estabilidade em meio ácido, compatibilidade com outros hidrocolóides e proteínas do leite e desenvolvimento de aroma e sabor característico do iogurte natural desnatado.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da combinação de diferentes concentrações dos hidrocolóides carragena, xantana e alginato nas características físicas e sensoriais do iogurte natural desnatado firme.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IOGURTE

Provavelmente a origem do iogurte e a sua evolução sejam atribuídas à culinária qualificada dos nômades no Oriente Médio. Inicialmente, esses povos, utilizavam recipientes de cerâmica ou pele de animais para armazenar o leite que fermentava, acidentalmente, pela ação da flora láctea. Essa microbiota passou a ser selecionada nos recipientes, e mais tarde, as tribos começaram a preparar o iogurte, assim como queijo e outros produtos, de forma intencional. As características sensoriais apreciáveis e a crença na influência benéfica do iogurte na saúde humana fizeram com que ele se dissipasse por muitas civilizações durante ao longo do tempo (TAMINE; ROBINSON, 1999). No século passado, os avanços científicos tornaram possível passar da produção artesanal à industrial, submetida a um rígido controle com a finalidade de obter um produto final totalmente padronizado (ORDÓÑEZ, 2005).

O iogurte é definido como o produto adicionado ou não de outras substâncias alimentícias, obtido por coagulação e diminuição do pH do leite, adicionado ou não de outros produtos lácteos, por fermentação láctica “mediante ação de cultivos proto-simbióticos de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* aos quais pode-se acompanhar, de forma complementar, outras bactérias ácido-lácticas que, por sua atividade, contribuem para a determinação das características do produto final” (BRASIL, 2000). Ao diminuir o pH, reduzem-se as forças de repulsão entre as micelas e induzem-se as interações hidrofóbicas, provocando a formação de uma rede tridimensional (TAMINE; ROBINSON, 1999). Em relação ao desenvolvimento da estrutura do iogurte, o comportamento reológico dos géis pode ser afetado por métodos de transformação, tempos e temperatura, e a adição de compostos (ÜNAL; METIN; ISIKLI, 2003).

Existem no mundo diversos tipos de iogurtes e sua consistência, sabor e aroma variam dependendo do costume do consumidor local. Em alguns lugares, é produzido na forma de um líquido altamente viscoso, e, em outros países, na forma de um gel macio. Também é produzido na forma congelada ou como bebida. O sabor e aroma diferem de outros produtos acidificados, e as substâncias aromáticas

voláteis incluem pequenas quantidades de ácido acético e acetaldeído (TETRA PAK, 1995). Segundo Ordóñez (2005), iogurtes podem ser classificados por critérios como:

a) Porcentagem de gordura:

- Com creme: aqueles cuja base láctea tenha um conteúdo de matéria gorda mínima de 6,0g/100 g;
- Integrais: aqueles cuja base láctea tenha um conteúdo de matéria gorda mínimo de 3,0 g/100g;
- Parcialmente desnatados: aqueles cuja base láctea tenha um conteúdo de matéria gorda máximo de 2,9 g/100g;
- Desnatados: aqueles cuja base láctea tenha um conteúdo de matéria gorda máximo de 0,5g/100g.

b) Métodos de produção do gel:

- Firme: incubado e resfriado na própria embalagem;
- Batido: incubado em tanques e resfriado na embalagem;
- Bebida: similar ao batido, mas seu coágulo é quebrado até ficar líquido e é, então embalado.

c) Aroma e sabor:

- Natural;
- Aromatizado – aromatizados artificialmente e/ou com cereais ou frutas.

2.1.1 Iogurte Natural Desnatado

O iogurte natural é aquele para o qual tenham sido utilizados exclusivamente ingredientes lácteos na formulação. No caso do produto desnatado é permitida adição de “amidos modificados, em uma proporção não superior a 1% (m/m), e/ou espessantes/estabilizantes em proporção não superior a 0,5% (m/m) cada um, como únicos ingredientes não lácteos” (BRASIL, 2000).

O iogurte com teor reduzido de gordura é, especialmente, consumido por indivíduos preocupados com obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares, hipertensão, entre outros (McBEAN, 2007). No entanto, a gordura é responsável por diversas características sensoriais e tecnológicas nos alimentos como: aumento da sensação de saciedade durante as refeições, cremosidade e maciez do alimento na boca, aparência, palatabilidade e lubrificação dos alimentos além de ser uma

importante fonte de energia (FOX; McSWEENEY, 1998).

Diante da ausência de atributos sensoriais fornecidos pela gordura e com a redução no teor de sólidos, o produto desnatado tende a apresentar como principais defeitos tecnológicos textura mais frágil e sinérese (HASSAN; MISTRY, 1992; ISTEN; KARAGUL-YUCEER, 2006). Existem muitos estudos destinados a melhorar a textura e capacidade de retenção de água de iogurtes desnatados, como por exemplo, uso de fermentos especiais que produzem exopolissacarídeos (ZOON; RUAS-MADIEDO, 2003), aplicação de pressão hidrostática (HARTE et al., 2003), de tratamento térmico no leite (PARNELL-CLUNIES; KAKUDA; MULLEN, 1986) e adição de compostos que, além de aumentar o nível de sólidos, atuam como substitutos de gordura (ÜNAL; METIN; ISIKLI, 2003).

2.2 HIDROCOLÓIDES COMO SUBSTITUTOS DE GORDURA

Um método que pode ser utilizado na produção de iogurte com baixa ou sem concentração de gordura envolve o uso de aditivos, utilizados como substitutos de gordura. Esses substitutos são ingredientes com propriedades funcionais e sensoriais similares as das gorduras, mas não lipídicos. Podem ser amidos modificados, hidrocolóides, proteínas de leite ou compostos sintéticos (TAMINE; ROBINSON, 1999).

Os hidrocolóides ou gomas tiveram várias aplicações através dos séculos, desde adesivos para mumificar faraós até embalagens comestíveis para astronautas explorarem o espaço. Com capacidade de produzir misturas ou soluções viscosas, esta propriedade é a base para seu uso como espessante, estabilizante, emulsificante e geleificante em muitos alimentos (GLICKSMAN, 1969).

No passado era costume classificar a maior parte dos hidrocolóides como polissacarídeos e os grupos deles de acordo com sua planta de origem. Porém, nesta classificação não havia lugar para todos, como a gelatina, por ser uma proteína, e os sintéticos. Como uma classificação deve abranger todos os tipos de hidrocolóides que são utilizados na indústria de alimentos, e deixar espaço para os novos que certamente serão desenvolvidos no futuro, Glicksman (1969), propôs a seguinte classificação:

- a) Naturais: aqueles encontrados na natureza.

b) Modificados: baseados em modificações químicas de polissacarídeos naturais.

c) Sintéticos: preparados por síntese química, como ação de certos microrganismos.

Apesar das propriedades funcionais serem a principal razão para o uso deste material como aditivo em alimentos, a seleção dos melhores para algumas aplicações específicas envolve mais do que somente as requeridas propriedades. Outros fatores (Tabela 1) devem ser considerados a fim de selecionar o melhor hidrocolóide e o nível a ser utilizado.

Tabela 1 - Fatores pertinentes na seleção de hidrocolóides

1. Tipo de aplicação no produto - Mix seco, líquido concentrado, desidratado, congelado, gel
 2. Aparência final do produto - Corpo, porosidade, maciez, gelatinabilidade
 3. Propriedades ópticas finais do produto
Transparente, translúcido, opaco, colorido
 4. Custo
 6. Textura - Viscosidade, gomosidade, adesividade, gelatinabilidade
 7. Tato - Oleoso, arenoso, uniforme
 8. Odor
 9. Propriedades emulsificantes - Primária ou secundária
 10. Propriedades especiais - Não iônico, estabilidade em ácido, para formar filmes
 11. Efeitos sinérgicos e antagônicos com outras gomas
 12. Compatibilidade - Com constituintes funcionais do alimento; com aditivos funcionais ou inertes para o sistema
 13. Estabilidade - Temperatura, tempo, umidade, embalagem
 14. Considerações legais e toxicidade
-

Fonte: Glicksman, 1969.

A escolha do tipo e quantidade de hidrocolóide usado é um dos fatores mais importantes na fabricação de produtos lácticos fermentados. A maioria dos polissacarídeos de uso comercial é incompatível com proteínas do leite, ocorrendo uma fase de separação (SCHORSCH; JONES; NORTON, 1999). Além disso, é necessária uma avaliação cuidadosa da concentração de polissacarídeos a ser empregada, sendo recomendável uma otimização para permitir a máxima interação

entre os hidrocolóides e as proteínas. Se a concentração hidrocolóide-proteína não é otimizada, então as interações hidrocolóide-hidrocolóide ou proteína-proteína podem predominar, afetando a reatividade com o leite. A divisão das gomas em hidrocolóides aniônicos e hidrocolóides neutros permite considerar esses efeitos. (SYRBE; BAUER; KLOSTERMEYER, 1998; BOURRIOT; GARNIER; DOUBLIER, 1999a).

Os hidrocolóides aniônicos, carboxilatados ou sulfatados, interagem com as cargas positivas na superfície das micelas de caseína para fortalecer a rede e reduzir a sinerese (SYRBE; BAUER; KLOSTERMEYER, 1998). Exercem, no entanto, pouca influência no sabor e aroma do iogurte natural desnatado (SOUKOLIS et al., 2007). São exemplos de hidrocolóides aniônicos, carboximetilcelulose, pectina e carragena. Já os hidrocolóides neutros, como xantana, guar e goma locusta (LBG), agem pelo aumento da viscosidade da fase contínua, melhorando a textura e prevenindo a dessoragem (SYRBE; BAUER; KLOSTERMEYER, 1998; EVERETT; McLEOD, 2005; SOUKOLIS et al., 2007).

Quando hidrocolóides são aplicados em alimentos tornam-se capazes de formar géis rígidos, com sistemas de duas fases, composto por uma rede contínua de material sólido formando uma matriz gel e uma fase líquida dispersa. Embora géis possam ser considerados primariamente sólidos, eles exibem propriedades de ambos sólidos e líquidos. São parecidos com sólidos na sua rigidez estrutural e resposta elástica quando forças de distorção são aplicadas, e parecem líquidos na sua pressão de vapor, compressibilidade e condutividade elétrica (GLICKSMAN, 1969). As propriedades reológicas de soluções de polissacarídeos podem ser modificadas pela interação com outros polissacarídeos (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

A ocorrência do efeito sinérgico dos hidrocolóides é frequentemente aceita e empregada na indústria de alimentos, apesar do mecanismo específico não ser completamente conhecido. Ocorre, muitas vezes, devido as diferentes taxas de hidratação e capacidade de retenção de água dos hidrocolóides (BOURRIOT; GARNIER; DOUBLIER, 1999a). Como resultado da interação, pode haver a interferência de um hidrocolóide nas características de formação do gel de outro hidrocolóide, sendo o resultado final da combinação de dois ou três hidrocolóides, mesmo quando usados em pequenas quantidades, algumas vezes mais efetivo em algumas aplicações específicas do que alguns hidrocolóides sozinhos (CAMACHO; MARTINEZ-NAVARRETE; CHIRALT, 2005).

O efeito sinérgico da adição de hidrocolóides em um produto lácteo pode ser exemplificado na produção de sorvete utilizando uma mistura de carragena com goma locusta (LBG) ou carboximetilcelulose (CMC). Numa aplicação como esta, o estabilizante primário, LBG ou CMC, funciona como agente espessante, enquanto uma quantidade comparativamente pequena do estabilizante secundário, carragena, é utilizado para prevenir a separação do soro. Outra aplicação bem sucedida é a combinação de carragena com LBG. Géis de carragena são muito frágeis, com uma textura que se desfaz. A adição de uma pequena quantidade de LBG resulta numa alteração do gel que passa a apresentar uma textura elástica e mais forte que o gel de carragena sozinha (GLICKSMAN, 1969; EVERETT; McLEOD, 2005).

2.2.3 Principais hidrocolóides aplicados em alimentos

2.2.3.1 Carragena

A carragena é um polissacarídeo extraído de algas marinhas vermelhas, que apresenta estrutura linear com resíduos de galactose nas posições α - 1,4 e β - 1,3 e variando proporções e posições de grupos sulfato (BOURRIOT; GARNIER; DOUBLIER, 1999b).

Por ser fortemente carregada, de grande tamanho e peso molecular é capaz de participar de reações com outras partículas maiores ou menores. Através de mecanismos envolvendo ligações iônicas, pontes de hidrogênio, ou forças de van der Waals. A formação de complexos é usualmente acompanhada por mudanças nas propriedades físicas do sistema (WHISTLER; BeMILLER, 1973).

São bastante estáveis em pH acima de 7, mas em pH abaixo desse valor, sua estabilidade diminui, especialmente com o aumento da temperatura. A carragena é solúvel a baixa temperatura, quando tratada com calor desenvolve baixa viscosidade e não mascara sabores (YANES; COSTELL; DURAN, 2002).

Mundialmente, é utilizada para produção de géis lácticos e estabilização de produtos como emulsões de gordura/leite, sorvete e achocolatados (PENNA; NIKAEDO; AMARAL, 2004), pois apresenta alta reatividade com as proteínas do leite, em especial com a k-caseína (LANGENDORFF et al., 2000).

Segundo Thaiudom e Goff (2003), a carragena é capaz de prevenir macroscopicamente a separação de fases, também denominado mecanismo de

depleção de flocculação, entre proteínas lácticas e gomas, como LBG, guar ou xantana, que são incompatíveis com proteínas do leite desnatado.

A habilidade da carragena, que é carregada negativamente, de reagir com proteínas é dependente de muitos fatores, entre eles, o ponto isoelétrico (pI) da proteína. Quando o pH da solução está abaixo do pI da proteína, esta está carregada positivamente, ocorrendo uma interação. Inversamente, se carragena e proteína são misturadas em pH acima do pI da proteína, ambas carregadas negativamente, ocorre repulsão eletrostática, e esta reatividade é a base de muitas aplicações em sistemas lácteos (WHISTLER; BeMILLER, 1973).

A estrutura das três principais formas de carragena, kappa (k), lambda (λ) e iota (i) (Figura 1) .

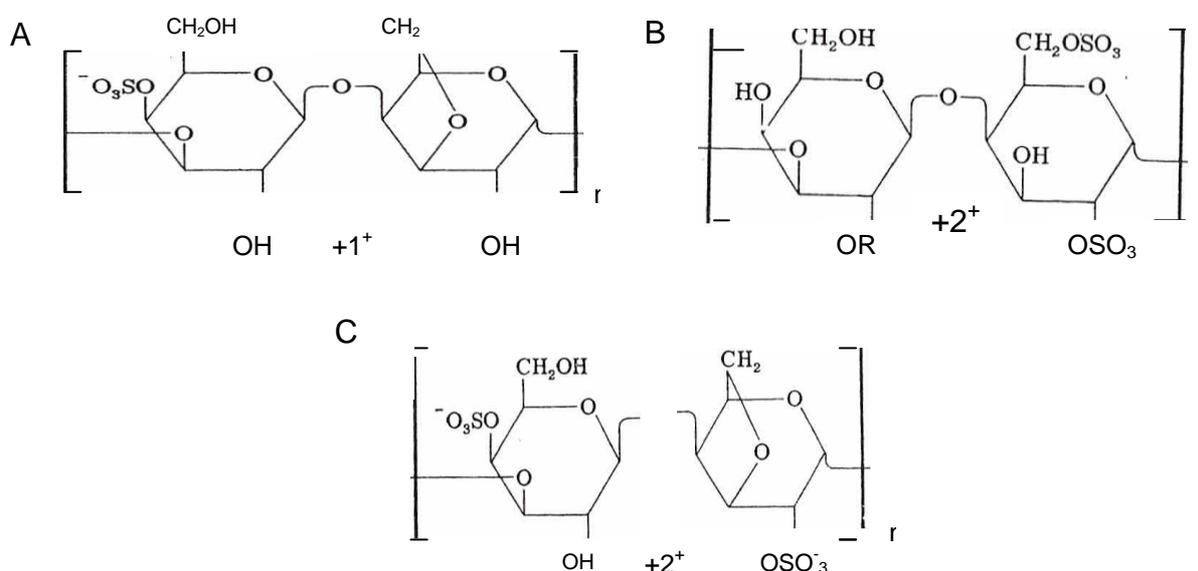


Figura 1 – Estruturas da k-carragena (A); λ -carragena (B) e i-carragena (C)
Fonte: WHISTLER; BeMILLER, 1973.

A diferença no número e posição de grupos sulfato por dissacarídeo altera, conseqüentemente, suas propriedades . A kappa e a iota sofrem, em solução aquosa, uma transição do estado desordenado para uma estrutura de hélice (ordenado). A formação hélice está associada à gelatinização, entretanto a relação entre estes dois eventos ainda não é entendida. Enquanto que λ-carragena adota conformação coloidal e em qualquer condição iônica e de temperatura é incapaz de formar gel (LANGENDORFF et al., 2000).

2.2.3.2 Xantana

Alguns polissacarídeos hidrossolúveis são resultados da produção extracelular de microrganismos, em meios com presença de carboidratos. Um desses polímeros é a goma xantana sintetizada pela fermentação microbiológica da planta patógena *Xanthomonas campestris*. Sua estrutura é composta por uma repetição de 16 unidades de D-glicose, D-manose e D-glucuronato na proporção molar de 2,8:2,0:2,0, com aproximadamente 4,7% de grupos acetil (GLICKSMAN, 1969; WHISTLER; BeMILLER, 1973). Na Figura 2 é apresentada a estrutura da xantana.

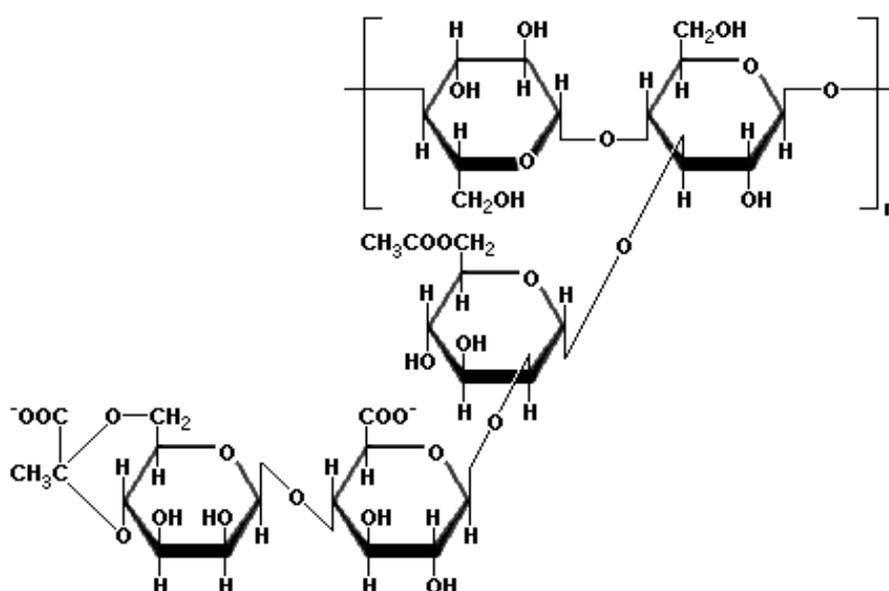


Figura 2 – Estrutura da xantana
Fonte: WHISTLER; BeMILLER, 1973

Entre as propriedades deste hidrocolóide que conduziram à situação de desenvolvimento comercial e uso em várias aplicações podem ser listadas as seguintes: solubilidade em água quente e fria com alta viscosidade em baixas concentrações; praticamente sem mudança de viscosidade com variação da proteína; excelente solubilidade e estabilidade em soluções ácidas; excelente estabilidade em soluções alcalinas; excelente propriedade de suspensão e emulsificante; excelente compatibilidade e estabilidade na presença de sais; excelente estabilidade a altas temperaturas, ao gelo e degelo (GLICKSMAN, 1969; MARUYAMA et al., 2006). Além disso, não mascara o aroma do iogurte natural desnatado (GALLARDO-ESCAMILLA; KELLY; DELAHUNTY, 2007).

2.2.3.3 Alginato

Este polissacarídeo de cadeia linear longa foi descoberto em aproximadamente 1881 por E.C.C. Standford, que desenvolveu um processo de extração alcalina de obtenção de um material viscoso a partir de espécies de alga marrom. E em 1934, alginatos solúveis em leite tornaram-se importantes estabilizantes comerciais de sorvete, pelo aumento da viscosidade da fase aquosa (GLICKSMAN, 1969; WHISTLER; BeMILLER, 1973). Soluções de alginato são, em geral, altamente viscosas e demonstram comportamento pseudoplástico (YANES; COSTELL; DURAN, 2002).

Uma vez que este material é extremamente hidrofílico, quando em pó, há uma tendência para que ele fique granuloso mediante adição de água. Problema que pode ser reduzido pela sua gradual adição com alta velocidade de agitação ou combinações com outros ingredientes, como açúcar e dextrina, para facilitar a dispersão (GLICKSMAN, 1969).

O mecanismo de gelatinização do alginato é baseado na reação de sua molécula com o cálcio, numa reação tanto intra como intermolecular. Como ilustrada na Figura 3, ligações cruzadas acontecem através dos grupos carboxil na valência primária e grupos hidroxil de valência secundárias.

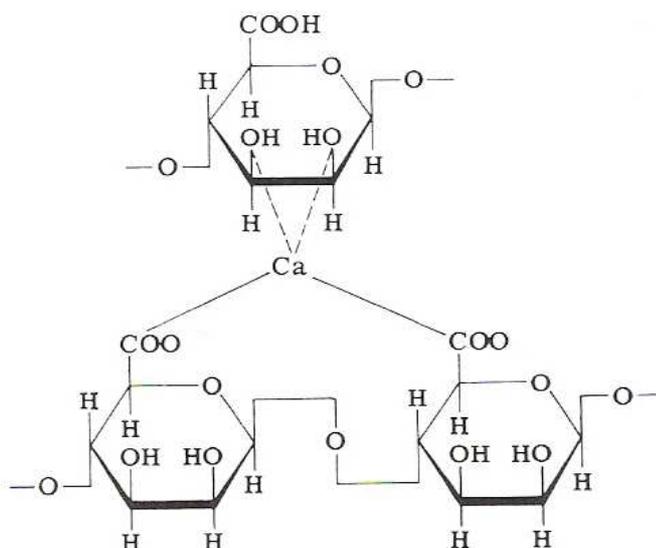


Figura 3 - Possível mecanismo de cross-linking de alginato com íon cálcio.
Fonte: Glicksman, 1969.

O cálcio, por meio de suas valências primárias, se liga com grupos carboxil, provavelmente pelas unidades moleculares adjacentes. As ligações coordenadas alargam-se a dois grupos hidroxil próximos da terceira unidade que pode ser na mesma cadeia molecular para manter a macromolécula na forma enrolada ou, a unidade pode ser em outra cadeia, que resulta na formação de uma enorme molécula com uma rede tridimensional (GLICKSMAN, 1969). A força do gel aumenta com o aumento da concentração e o grau de polimerização do alginato e as espécies de algas que é originário (WHISTLER; BeMILLER, 1973).

Para controlar a formação de géis em formulações contendo sais solúveis, como em bebidas lácteas que possuem cálcio, podem ser adicionados agentes sequestrantes como polifosfato ou anions solúveis. O sequestrante ou precipitante reage com os íons metal que são libertados inicialmente e atrasam ou inibem a gelatinização até todo o agente ser utilizado (YANES; COSTELL; DURAN, 2002).

Devido as propriedades do alginato, a indústria de alimentos tem encontrado numerosas aplicações. Por ser um polímero linear de alto peso molecular, é facilmente hidratado, podendo agir como espessante, formando alta viscosidade em baixas concentrações; estabilizante, reduzindo sedimentação pelo espessamento de soluções; emulsificante; geleificante e; formador de filme sem inibir ou mascarar sabor. (GLICKSMAN, 1969; WHISTLER; BeMILLER, 1973).

2.2.3.4 Outros

Com seu campo de aplicação em bebidas lácticas de baixo pH, a pectina é capaz de minimizar problemas como aspecto arenoso e dessoragem durante a estocagem (SYRBE; BAUER; KLOSTERMEYER, 1998). Fiszman, Lluch e Salvador (1999) relataram que a pectina em variadas concentrações forma uma rede uniforme que interage com a caseína melhorando as propriedades reológicas e de textura do iogurte desnatado dificultando o defeito de sinérese.

A goma guar é extraída do endosperma da semente de *Cyamopsis tetragonolobus* (GLICKSMAN, 1969). Não forma gel, é compatível com outros hidrocolóides, amidos, e agentes geleificantes (naturais e sintéticos), e é efetiva em produtos ácidos (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004). Interage sinergicamente com as gomas xantana, ágar e carragena, fornecendo espessamento, estabilização, controle reológico e de viscosidade, suspensão e formação de corpo, modificação de textura e consistência, e retenção de água (PENNA; NIKAEDO; AMARAL, 2004).

Uma das maiores vantagens deste hidrocolóide é o fato de não precisar ser exposto a altas temperaturas por longos períodos para desenvolver sua máxima viscosidade (SCHIMIDT; SMITH, 1992).

A goma locusta (LBG) tem uma ampla variedade de aplicação industrial e em alimentos devido a sua habilidade de formar soluções viscosas em concentrações relativamente baixas, que quase não é afetada pelo pH ou processamento térmico, principalmente devido à característica neutra desta goma (CAMACHO; MARTINEZ-NAVARRETE; CHIRALT, 2005).

2.3 TEXTURA

Várias tentativas para definir textura de alimentos resultaram numa padronização internacional, ISO 5492 (International Organization for Standardization, 1992). De acordo com essa norma, a textura foi definida como “Todos os atributos mecânicos, geométricos e superficiais de um produto, perceptíveis pelos sentidos da visão, audição, tato e paladar” (ROSENTHAL, 1999).

Em muitos produtos lácticos, a textura é controlada pela adição de hidrocolóides que interagem com a rede de caseínas. Tanto, proteínas como hidrocolóides contribuem para as propriedades microestruturais dos alimentos (MARUYAMA et al., 2006; GALLARDO-ESCAMILLA; KELLY; DELAHUNTY, 2007).

Os alimentos exibem diferentes características de textura e propriedades reológicas, necessitando, conseqüentemente, de uma ampla variedade de métodos para medir estas propriedades (BOURNE, 1982). A Tabela 2 apresenta os tipos de testes que são usados para medir textura de alimentos. Eles podem ser divididos em testes objetivos que são realizados por instrumentos e testes subjetivos que são realizados pelas pessoas.

Tabela 2 - Testes para medida de textura de alimentos

Objetivo		Subjetivo	
Direto	Indireto	Oral	Não Oral
Fundamental	Óptico	Mecânico	Dedos
Empírico	Químico	Geométrico	Mão
Imitativo	Acústico	Químico	Outros

Fonte: Bourne, 1982.

Os testes objetivos são classificados em diretos, aqueles que medem a

propriedade de textura dos alimentos, e testes indiretos, que medem as propriedades físicas e correlacionam com uma ou mais propriedades de textura. Já os testes subjetivos podem ser classificados em oral (testes realizados na boca) e não oral (em que alguma parte do corpo que não seja a boca é usada para medir as propriedades de textura) (BOURNE, 1982).

Apesar, da grande variedade de métodos e equipamentos para medida instrumental de textura todos se baseiam em três elementos: um sensor, “probe”, (objeto de aplicação da força); uma fonte de movimento e um elemento registrador. As propriedades mecânicas do alimento são estudadas submetendo-o a uma força de compressão, corte, punção ou extrusão e observando a deformação produzida pelo esforço correspondente (ANZALDÚA-MORALES, 1994).

Uma técnica que merece destaque por ser utilizada com eficiência para uma grande variedade de alimentos é o Perfil de Textura Instrumental (TPA), criada pela General Foods em meados de 1960 (ROSENTHAL, 1999). Esta técnica consiste em um teste que comprime, pela utilização de um “probe”, uma porção definida de alimento duas vezes em um movimento alternado que imita a ação da mandíbula (BOURNE, 1982). Dessa avaliação, é possível, extrair uma curva de força vs tempo, como a apresentada na Figura 4, resultando em informações sobre parâmetros como dureza, fraturabilidade, coesividade, adesividade e gomosidade.

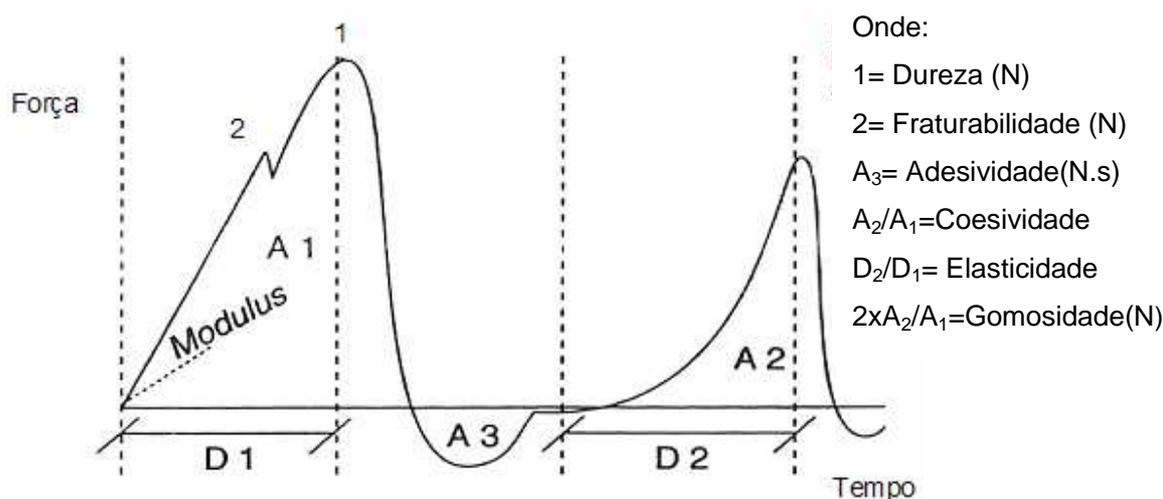


Figura 4 – Curva Típica da Análise do Perfil de Textura
Fonte: Rosenthal, 1999.

Sensorialmente, para avaliar a dureza de semi-sólidos, o alimento é colocado

na boca avaliando-se a força para comprimí-lo no palato com a língua (SZCZESNIAK, 2002). Fisicamente, pode ser definida como a força observada no pico do primeiro ciclo de compressão, representado como número 1 na Figura 4 (BOURNE, 1982), que corresponde a força necessária para produzir uma deformação no alimento.

Fraturabilidade é definida como a força pela qual amostra quebra, desmancha, ou despedaça. Para avaliá-la sensorialmente, o alimento é colocado entre o dente molar, e é feita a mordida de maneira uniforme até que se quebre. Representada na Figura 4 como número 2, a fraturabilidade é uma quebra na curva do primeiro ciclo (BOURNE, 1982). Esse parâmetro é específico para alimentos que fraturam.

A relação (força/tempo) das áreas positivas sob a primeira e segunda compressão (Figura 4, $A2/A1$) foi definida instrumentalmente como coesividade (SZCZESNIAK, 2002). Fisicamente, a coesividade é definida como a quantidade de energia necessária para romper as ligações internas de um produto, que corresponde sensorialmente ao grau com o qual uma substância é comprimida antes os dentes antes de romper: Amostras com altos valores de coesividade são caracterizadas pela dificuldade de se romper na boca (ROSENTHAL, 1999).

A área negativa da primeira compressão, $A3$ na Figura 4, representa fisicamente o trabalho necessário para puxar o probe empregado na compressão para longe da amostra e foi definida como adesividade. Fisicamente, a adesividade corresponde a energia necessária para superar forças atrativas entre a superfície do alimento e outros com os quais este está em contato. Uma técnica para avaliar a adesividade é colocar o alimento na boca, prensar no palato, e avaliar a força requerida para removê-lo com a língua (BOURNE, 1982).

A elasticidade pode ser definida instrumentalmente como o tempo que o alimento recuperou sua altura entre o fim do primeiro e início do segundo ciclo ($D2/D1$, Figura 4). Fisicamente, corresponde a velocidade na qual um material deformado volta à condição não deformada, depois que a força de remoção é removida. Sensorialmente, a elasticidade é definida como o grau que o produto retorna a sua forma original após ter sido comprimido entre os dentes (SZCZESNIAK, 2002).

Gomosidade é a energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido

até o estado em que possa ser engolido. Sensorialmente, corresponde a energia necessária para mastigar alimentos semi-sólidos até a deglutição (SZCZESNIAK, 2002). É um parâmetro secundário na análise de TPA, derivado de dois parâmetros primários e sendo definido como o produto da dureza pela coesividade.

2.4 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA)

A mobilidade das moléculas de água e suas ligações são relevantes na tecnologia de alimentos, sendo relacionadas ao rendimento, características sensoriais, estabilidade física, textura e processamento (HINRICHS; WEISSER, 2003).

Os rearranjos na rede formada, durante a produção do iogurte, por forças atrativas entre as moléculas de caseína ou micelas agrupadas podem levar à formação de ligações intermoleculares adicionais e conseqüentemente a contração do gel com expulsão de líquido, fenômeno chamado sinérese (DANNENBERG; KESSLER, 1988).

A sinérese do iogurte é um defeito comum e que pode ser controlado. Ela pode ser causada por fatores como, quebra do coágulo devido ao manuseio brusco, temperaturas elevadas, acidez insuficiente, baixos conteúdo protéico e de gordura, alto conteúdo de minerais, aquecimento do coágulo durante ou após a incubação e altas temperaturas de incubação (KROGER, 1975).

Um fator importante para o uso de hidrocolóides em alimentos processados é a prevenção da sinérese. Pela propriedade de reter moléculas de água, formando soluções coloidais e controlando, desse modo a atividade de água de um sistema. Esta inibição de sinérese é acompanhada pela melhora da textura e da qualidade do alimento (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foram realizados experimentos exploratórios para verificar a compatibilidade e o efeito dos hidrocolóides no iogurte natural desnatado.

Para a realização de todos os experimentos foram utilizados leite UHT desnatado (Líder Alimentos do Brasil Ltda., Brasil), leite em pó desnatado (Nestlé do Brasil Ltda., Brasil) e fermento lácteo YO-MIX 499 (Danisco, Brasil) constituído de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

3.1 EXPERIMENTOS EXPLORATÓRIOS – Compatibilidade e efeito dos hidrocolóides no iogurte natural desnatado

Os testes para verificar a compatibilidade e o efeito dos hidrocolóides no iogurte natural desnatado foram divididos em duas etapas. Na primeira foram testados cada hidrocolóide isoladamente e na segunda foram testadas algumas combinações.

Os hidrocolóides testados foram carragena híbrida (kappa e iota carragena) Satiagel ADF 23 e xantana Saxtiaxane CX 801 (ambos da Cargill do Brasil, Brasil), pectina AMD 780, alginato de sódio FD 175, LBG 147 e guar 250, todas da Danisco, Brasil. Em todos os testes, foram adicionados leite em pó desnatado (2% m/v) e fermento láctico (2%v/v).

3.1.1 Hidrocolóides adicionados isoladamente

Nesta etapa foi simulada a produção de iogurte natural desnatado em tubos de ensaio. Os hidrocolóides foram adicionados na concentração de 0,5% cada, para 30mL de leite UHT desnatado. A temperatura de fermentação foi de 43°C e o armazenamento do produto final foi a 5°C.

3.1.2 Hidrocolóides adicionados combinados

Na segunda parte do estudo, os ensaios para simulação da produção do iogurte natural desnatado foram realizados em béquers de vidro utilizando 100 mL de leite UHT. Dois ou três hidrocolóides foram combinados em diferentes proporções e concentração total utilizada em cada formulação foi de 0,6%. A temperatura de fermentação e de armazenamento do produto final foram as mesmas do item 3.1.1. As formulações dos diferentes ensaios estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Formulações testadas na produção do iogurte natural desnatado

Formulação	Carragena (%)	LBG (%)	Xantana (%)	Guar (%)	Pectina (%)	Alginato (%)
F1	0,20	0,15	0,25	-	-	-
F2	0,35	-	0,25	-	-	-
F3	0,35	0,25	-	-	-	-
F4	0,25	-	-	0,35	-	-
F5	0,20	-	0,15	0,25	-	-
F6	0,20	-	0,25	-	0,15	-
F7	-	0,15	0,20	-	0,25	-
F8	0,30	-	-	-	0,15	0,15
F9	0,15	-	0,30	-	-	0,15
F10	0,25	-	0,25	-	-	0,10

3.2 IOGURTE NATURAL DESNATADO COM USO COMBINADO DE HIDROCOLÓIDES

3.2.1 Processo de Fabricação do Iogurte

A elaboração dos iogurtes foi conduzida de acordo com o fluxograma da Figura 5. Para cada formulação, leite desnatado UHT (600 mL) foi aquecido a 90°C por 5 minutos e separado em duas frações, sendo uma com 50 mL e outra com 550 mL. Na fração de 50 mL foram pré-hidratados os ingredientes secos, hidrocolóides e leite em pó desnatado, previamente pesados e misturados. A outra fração (550 mL) foi resfriada até 70°C para incorporação dos ingredientes pré-hidratados. A

temperatura de 70°C foi utilizada para evitar uma pré-gelatinização dos hidrocolóides.

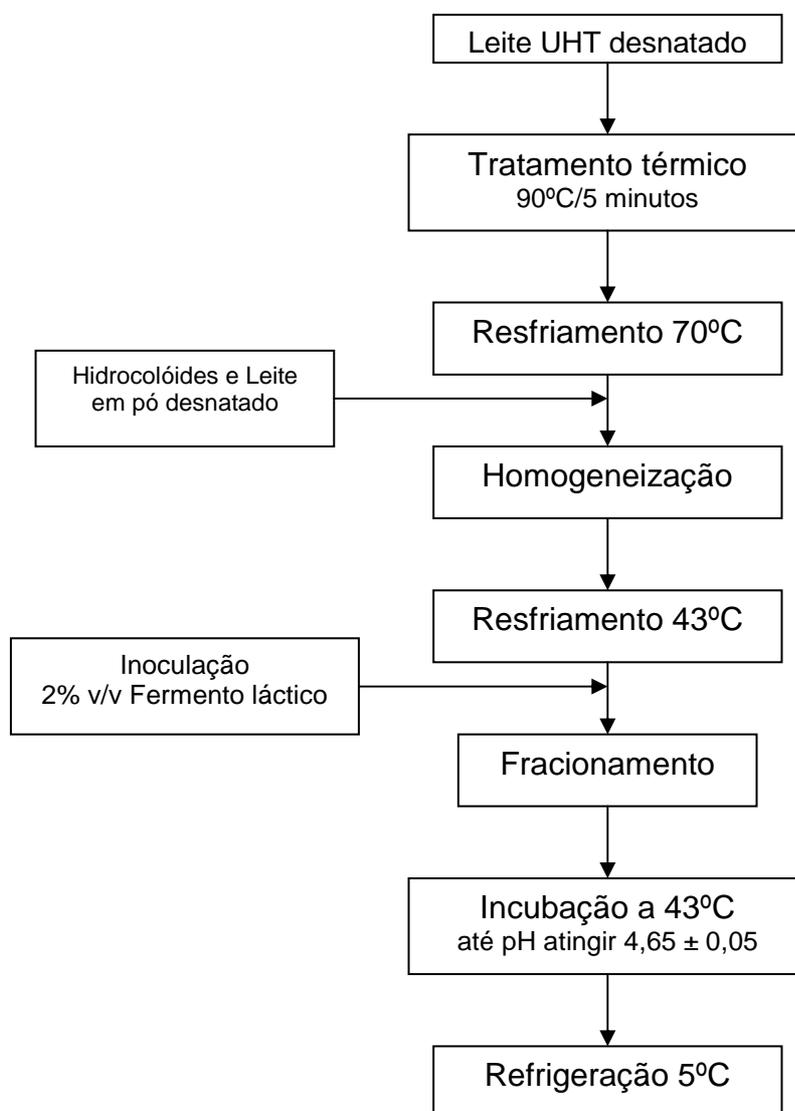


Figura 5 - Fluxograma do preparo do iogurte natural desnatado adicionado de hidrocolóides

Após homogeneização, a mistura foi resfriada em banho de gelo, até a temperatura atingir 43°C, e inoculado o fermento láctico no volume de 2% (v/v). Amostras de aproximadamente 50 mL foram distribuídas em copos plásticos de 4 cm de altura e diâmetro superior e inferior de 5cm e 3 cm, e incubadas a 43°C até pH atingir 4,65 ($\pm 0,05$). Após a coagulação, os iogurtes foram armazenados sob

refrigeração a 5°C em câmara B.O.D.

3.2.2 Análises Físico-químicas

Os iogurtes elaborados foram avaliados, em triplicata, quanto ao:

- **pH:** determinado por medida direta em potenciômetro Tec-2 da marca Tecnal, previamente calibrado, segundo metodologia da AOAC (1995).
- **Acidez titulável:** foi determinada por meio de titulação da amostra com solução de hidróxido de sódio 0,1N, na presença do indicador fenolftaleína, segundo metodologia descrita na AOAC (1995). O resultado foi expresso em % de ácido láctico.
- **Umidade:** foi determinada pelo método gravimétrico em estufa a 105°C/16 horas, até peso constante segundo AOAC (1995).
- **Gordura:** O teor de gordura foi determinado pelo Método de Gerber para leite e queijo, de acordo com British Standard Institution (1989).
- **Proteína total:** O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de semi-micro Kjeldahl como descrito na AOAC (1995). Os valores de nitrogênio foram multiplicados pelo fator 6,38 para obtenção dos valores equivalentes de proteína.
- **Cinzas:** A amostra foi carbonizada em bico de chama e depois calcinada em forno mufla, a 550°C até a obtenção de cinzas brancas, seguindo metodologia indicada pela AOAC (1995).

3.2.3 Análise de Textura

A textura instrumental dos iogurtes fabricados foi determinada em um teste de Perfil Instrumental de Textura empregando um texturômetro TAXT2 (Stable Micro Systems) com auxílio do programa Texture Expert for Windows (Stable Micro Systems). Utilizou-se como condições de operação: “probe” cilíndrico de alumínio de fundo chato de 25 mm (P25), força de 0,05N, velocidade do teste 2mm/s, distância

de penetração de 6mm. As amostras foram analisadas em cinco replicatas nos recipientes em que foram fermentadas.

Para a comparação com os resultados encontrados no presente estudo, a textura instrumental de duas amostras comerciais de iogurte natural desnatado também foi determinada. Aproximadamente 50mL das amostras foram cuidadosamente transferidos para recipientes semelhantes aos utilizados para os iogurtes produzidos e analisados em cinco replicatas. Os parâmetros avaliados foram dureza (N), coesividade, adesividade (N.s), elasticidade e gomosidade (N) .

3.2.4 Capacidade de Retenção de Água

A capacidade de retenção de água foi determinada segundo metodologia modificada de Parnell-Clunies, Kakuda e Mullen (1986). Aproximadamente 20g de iogurte a 10°C foram centrifugados a 5000 rpm por 15 minutos. Após o sobrenadante ter sido drenado por 10 minutos o precipitado foi pesado. A análise foi realizada em duplicata e a capacidade de retenção de água foi expressa como porcentagem da relação do peso do precipitado pelo peso da amostra.

3.2.5 Análise Sensorial

Três amostras foram submetidas ao Teste de Diferença do Controle (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999), com objetivo de avaliar se havia diferença sensorial entre as elas devido à adição dos hidrocolóides em diferentes concentrações. Os tratamentos foram selecionados considerando maior capacidade de retenção de água e perfil de textura adequado. As amostras foram servidas a temperatura de refrigeração nos recipientes que foram fermentadas, codificados com um número de três dígitos e a ordem de apresentação foi aleatorizada para cada sessão.

A análise foi realizada por 24 provadores consumidores de iogurte natural desnatado. Foi solicitado que comparassem as amostras com o padrão escolhido, em termos globais, através de uma escala de 1 a 9. O número 1 da escala assinalava que não existia diferença entre as amostras e o 9 que as amostras seriam extremamente diferentes. A Ficha utilizada para o teste está apresentada na Figura 6.

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo uma amostra padrão (P) e 3 amostras codificadas de iogurte natural desnatado. Por favor, prove a amostra padrão e em seguida cada uma das amostras codificadas, da esquerda para a direita. E avalie, na escala abaixo, o quanto cada amostra codificada difere, em termos **GLOBAIS**, da amostra padrão (P).

1 – Extremamente melhor que o padrão
 2 – Muito melhor que o padrão.
 3 – Regularmente melhor que o padrão.
 4 – Ligeiramente melhor que o padrão.
 5 – Nenhuma diferença do padrão.
 6 – Ligeiramente pior que o padrão.
 7 – Regularmente pior que o padrão.
 8 – Muito pior que o padrão.
 9 – Extremamente pior que o padrão.

Número da Amostra	Valor

Se você encontrou diferença, cite em quais aspectos:

Figura 6 - Ficha utilizada para o teste de diferença do controle dos iogurtes naturais desnatados

3.2.6 Planejamento Experimental

Os iogurtes foram elaborados utilizando um planejamento fatorial completo de 2^3 , totalizando 8 ensaios, conforme metodologia descrita em Neto et al. (2002).

Baseados nos experimentos exploratórios, foram selecionadas como variáveis independentes a carragena, a xantana e o alginato, e as suas concentrações. Na Tabela 4, estão apresentados os valores em %, utilizados no nível -1, concentração mais baixa, e nível +1, representando a concentração mais alta. As variáveis dependentes foram as respostas do perfil de textura e a capacidade de retenção de água. O delineamento experimental aplicado está mostrado na Tabela 5.

Tabela 4 - Níveis codificados e valores reais das variáveis independentes: carragena, xantana e alginato

Variáveis Independentes	Níveis	
	-1	+ 1
Carragena	0,10 %	0,30 %
Xantana	0,15 %	0,35 %
Alginato	0,05 %	0,15 %

Tabela 5 – Planejamento fatorial completo 2³ dos hidrocolóides utilizados nas formulações do iogurte natural desnatado

Tratamentos	Carragena	Xantana	Alginato
1	-1	-1	-1
2	-1	-1	1
3	-1	1	-1
4	-1	1	1
5	1	-1	-1
6	1	-1	1
7	1	1	-1
8	1	1	1

3.2.7 Análise Estatística

As respostas para o perfil de textura instrumental (dureza, adesividade e gomosidade) e a capacidade de retenção de água dos iogurtes elaborados foram analisadas utilizando o módulo *Experimental Design* do programa *Statistica for Windows* versão 5.0 (Statsoft, 1995), calculando-se os efeitos das variáveis independentes codificadas (-1 e +1). Os gráficos foram gerados pelo software utilizando as variáveis codificadas.

Para a análise sensorial, os resultados foram analisados utilizando-se Análise de Variância (ANOVA), considerando os diferentes tratamentos no iogurte natural desnatado como causa de variação, e teste de média Dunett ($p < 0,05$), quando necessário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTOS EXPLORATÓRIOS – Compatibilidade e efeito dos hidrocolóides no iogurte natural desnatado

4.1.1 Hidrocolóides adicionados isoladamente

A Tabela 6 apresenta o comportamento dos hidrocolóides testados isoladamente no iogurte natural desnatado.

Tabela 6 – Comportamento dos hidrocolóides testados isoladamente

Hidrocolóide	Comportamento
Carragena	Gel homogêneo, branco, com muita dessora
LBG	Incompatibilidade - pouca separação de fases
Xantana	Incompatibilidade - intensa separação de fases
Guar	Incompatibilidade - separação de fases
Alginato	Gel homogêneo, branco com pouca dessora
Pectina	Gel homogêneo, branco sem dessora

De acordo com os resultados deste primeiro teste, os hidrocolóides foram divididos em dois grupos: os que formaram gel e os que apresentaram incompatibilidade (separação de fases) com as proteínas do leite.

No primeiro grupo encontram-se os hidrocolóides carragena, pectina e alginato. A adição de pectina, ao iogurte, proporcionou um gel firme de cor branca sem dessora, como pode ser visto na Figura 7A. A carragena (Figura 7B) e o alginato também apresentaram gel de cor branca, porém com dessora, sendo essa mais intensa para o primeiro hidrocolóide. A carragena e a pectina são hidrocolóides aniônicos, capazes de interagir com as cargas positivas da superfície das proteínas, fortalecendo assim, a rede formada e reduzindo a sinérese (SYRBE; BAUER; KLOSTERMEYER,1998, MAROZIENE; KRUIF, 2000; EVERETT; McLEOD,2005; SOUKOLIS et al., 2007). Enquanto que a geleificação do alginato está relacionada à sua interação com o cálcio livre no meio (GLICKSMAN, 1969).

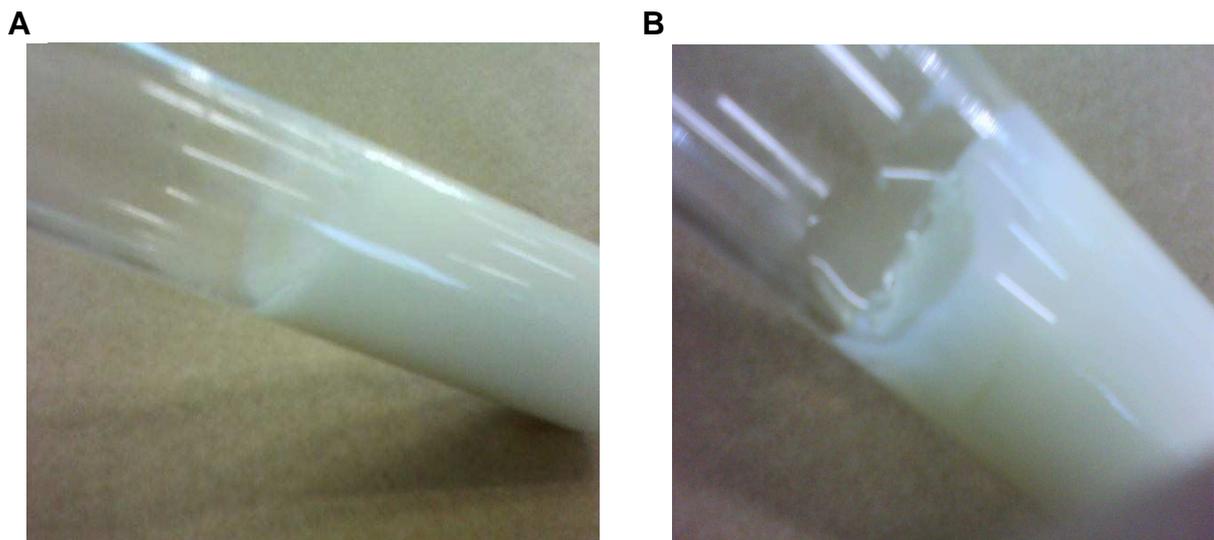


Figura 7- logurte natural desnatado com adição de pectina (A) e carragena (B)

No segundo grupo estão presentes os hidrocolóides neutros xantana, LBG e guar. Esses apresentaram grande incompatibilidade com as proteínas do leite, ocorrendo separação de fases, a qual foi mais intensa com a xantana (Figura 8A), seguida pela guar e LBG. A incompatibilidade consiste na origem de duas camadas, observadas na Figura 8B, uma inferior com precipitado branco, provavelmente, rico em caseínas e uma superior túrbida, provavelmente rica em proteínas do soro, de acordo com estudos de Thaidom e Goff (2003).

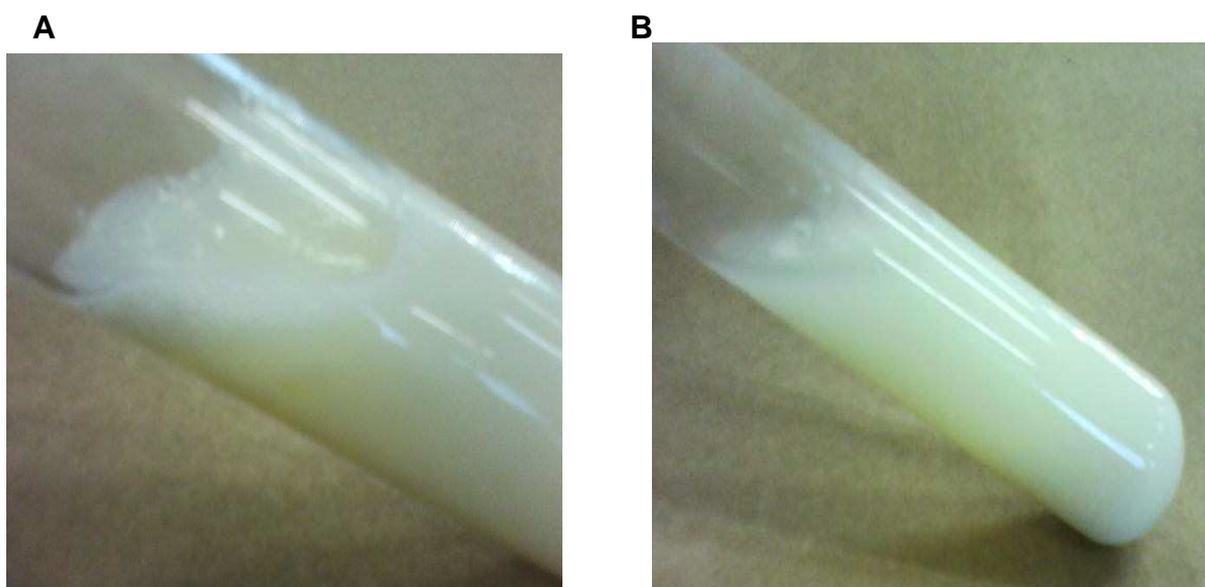


Figura 8 - logurte natural desnatado com adição de xantana (A) e guar (B)

4.1.2 Hidrocolóides adicionados combinados

Todas as combinações de carragena com LBG, xantana ou guar formaram gel. A carragena é capaz de prevenir a separação de fases resultante da incompatibilidade dos hidrocolóides neutros com as proteínas do leite (THAIDOM; GOFF, 2003). Géis com adição de xantana, em sua maioria, não desmoronaram, provavelmente pela xantana ter melhor efeito estabilizante (SOUKOLIS et al., 2007).

Já na combinação da carragena com a pectina houve uma grande incompatibilidade, provavelmente pelo fato dos dois hidrocolóides aniônicos interagirem com as micelas de caseína pelo mesmo mecanismo, ocorrendo assim a separação de fases.

O sinergismo entre os hidrocolóides testados resultou pela escolha da combinação de carragena, alginato e xantana, para a elaboração do iogurte natural desnatado. A carragena e alginato foram escolhidos pela capacidade de formarem gel, por mecanismos diferentes já citados acima, enquanto que a xantana foi escolhida pelo seu poder estabilizante que previne a sinérese quando combinada com outros hidrocolóides. Os limites para cada hidrocolóide foram estabelecidos, de maneira a conseguir produtos que fossem semi-sólidos e permitissem medida de textura.

4.2 IOGURTE NATURAL DESNATADO COM USO COMBINADO DE HIDROCOLÓIDES

4.2.1 Composição físico- química

Os resultados obtidos para acidez titulável, proteína total, gordura, sólidos totais e cinzas são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Composição físico-química dos iogurtes desnatados obtidos com diferentes concentrações de hidrocolóides

Tratamento	Carragena		Xantana		Alginato		Acidez	Proteína	Gordura %	Sólidos	Cinzas %
		%		%		%	%ac. lactico	Total %		Totais %	
1	(-1)	0,10	(-1)	0,15	(-1)	0,05	0,76 ± 0,03	2,99 ± 0,04	0,05 ± 0,00	9,34 ± 0,08	0,83 ± 0,02
2	(-1)	0,10	(-1)	0,15	(1)	0,15	0,99 ± 0,01	3,17 ± 0,07	0,05 ± 0,00	9,57 ± 0,03	0,86 ± 0,02
3	(-1)	0,10	(1)	0,35	(-1)	0,05	0,97 ± 0,13	3,07 ± 0,04	0,05 ± 0,00	10,10 ± 0,38	0,86 ± 0,01
4	(-1)	0,10	(1)	0,35	(1)	0,15	0,92 ± 0,05	3,12 ± 0,05	0,05 ± 0,00	10,12 ± 0,16	0,89 ± 0,02
5	(1)	0,30	(-1)	0,15	(-1)	0,05	0,97 ± 0,13	2,95 ± 0,10	0,05 ± 0,00	9,91 ± 0,01	0,88 ± 0,02
6	(1)	0,30	(-1)	0,15	(1)	0,15	0,73 ± 0,06	2,91 ± 0,04	0,05 ± 0,00	10,09 ± 0,03	0,90 ± 0,03
7	(1)	0,30	(1)	0,35	(-1)	0,05	1,01 ± 0,05	3,20 ± 0,08	0,05 ± 0,00	10,49 ± 0,02	0,92 ± 0,02
8	(1)	0,30	(1)	0,35	(1)	0,15	0,95 ± 0,04	3,21 ± 0,01	0,05 ± 0,00	10,35 ± 0,08	0,90 ± 0,01

* Valores relativos à média ± o desvio padrão dos iogurtes obtido

O teor mínimo de proteína para o iogurte, exigido pela legislação nacional (Brasil, 2000) é de 2,9 g/100g. De acordo com a mesma legislação os padrões de acidez apresentam-se entre 0,6 e 1,5 g de ácido láctico/100g de iogurte. Dessa forma tanto os conteúdos de ácido láctico (0,73 a 1,01 g de ácido láctico/100g) quanto os de proteína (2,95 a 3,2 g/ 100g) das formulações dos iogurtes desnatados com adição dos hidrocolóides apresentaram valores dentro dos padrões da legislação.

Todas as amostras apresentaram um teor de gordura de 0,05 %, estando de acordo com a legislação brasileira em vigor, que estabelece valor máximo de 0,5% de gordura para iogurtes desnatados (BRASIL, 2000). Os conteúdos de cinzas variaram com valores entre 0,83% e 0,92%, e pH na faixa de 4,65 ($\pm 0,05$).

Uma das etapas mais importantes na produção de iogurtes com baixo ou sem gordura é o aumento do conteúdo de sólidos totais. A etapa é usada para prevenir defeitos específicos na textura, como gel fraco e dessoragem (HASSAN; MISTRY, 1992; ISTEN; KARAGUL-YUCEER, 2006), Os sólidos totais apresentaram valores entre, 9,34% e 10,49%, aumentando com a concentração total de hidrocolóides adicionados.

4.2.2 Perfil de Textura (TPA)

A consistência do iogurte é um dos atributos mais importantes para a sua aceitabilidade (KROGER, 1975). Entre os efeitos dos hidrocolóides nos alimentos está a melhora da textura, diretamente ligada à aceitabilidade do produto pelo consumidor (WHISTLER; BeMILLER, 1973).

Na Tabela 8 estão expressos os resultados das médias (n=5) da análise do perfil de textura dos 8 ensaios, resultantes da combinação de diferentes concentrações de carragena, xantana e alginato nos níveis -1 e +1. Enquanto que na Tabela 9 estão os resultados das médias (n=5) do perfil de textura de duas marcas comerciais de iogurte natural desnatado, considerando que a transferência para recipientes semelhantes aos utilizados para os iogurtes elaborados no presente estudo pode ter causado alguma variação nos resultados. Os parâmetros do perfil de textura considerados foram dureza, adesividade, elasticidade, coesividade e gomosidade.

Tabela 8 - Médias (n=5) das respostas da análise do perfil de textura para os iogurtes naturais desnatados elaborados

Tratamento	Dureza (N)	Adesividade (N.s)	Elasticidade ¹	Coesividade ¹	Gomosidade (N)
1	0,6448 ± 0,03	0,4000 ± 0,03	0,9194 ± 0,01	0,4410 ± 0,01	0,2844 ± 0,01
2	1,3100 ± 0,21	0,6496 ± 0,06	0,9260 ± 0,02	0,3884 ± 0,02	0,5060 ± 0,06
3	0,5940 ± 0,04	0,3158 ± 0,04	0,9364 ± 0,00	0,4216 ± 0,02	0,2500 ± 0,01
4	1,4712 ± 0,10	0,6236 ± 0,05	0,9264 ± 0,00	0,4122 ± 0,01	0,6062 ± 0,05
5	2,3354 ± 0,05	1,3128 ± 0,06	0,5962 ± 0,08	0,3024 ± 0,03	0,7004 ± 0,06
6	0,6914 ± 0,07	0,4304 ± 0,05	0,9258 ± 0,00	0,4462 ± 0,05	0,3058 ± 0,01
7	1,5650 ± 0,09	1,0038 ± 0,06	0,8236 ± 0,04	0,3936 ± 0,02	0,6152 ± 0,03
8	1,4402 ± 0,21	0,8666 ± 0,05	0,9058 ± 0,02	0,3978 ± 0,03	0,5684 ± 0,05

¹ medidas adimensionais

Tabela 9 - Médias (n=5) das respostas da análise do perfil de textura para os iogurtes naturais desnatados comerciais

logurtes	Dureza (N)	Adesividade (N.s)	Elasticidade ¹	Coesividade ¹	Gomosidade(N)
Marca A	0,9240 ±0,15	0,1448 ±0,08	0,7370 ± 0,08	0,4543 ±0,06	0,4148 ±0,05
Marca B	0,9138 ±0,11	0,1570 ±0,09	0,7348 ±0,08	0,5025 ±0,03	0,4573 ±0,04

¹ medidas adimensionais

Entre os parâmetros analisados, os que apresentaram menor variabilidade em relação às diferentes concentrações de hidrocolóides utilizados foram elasticidade e coesividade.

Comparando as Tabelas 8 e 9, todos os iogurtes elaborados no presente estudo apresentaram maior adesividade que os de mercado. Enquanto que a dureza obteve uma ampla faixa de resposta, com valores menores aos das marcas comerciais (T3), a iogurtes muito mais firmes, (T5). A gomosidade, produto da dureza pela coesividade, apresentou variações semelhantes à dureza.

A Figura 9 apresenta os perfis de textura dos iogurtes desnatados elaborados (A) e de marcas comerciais (B).

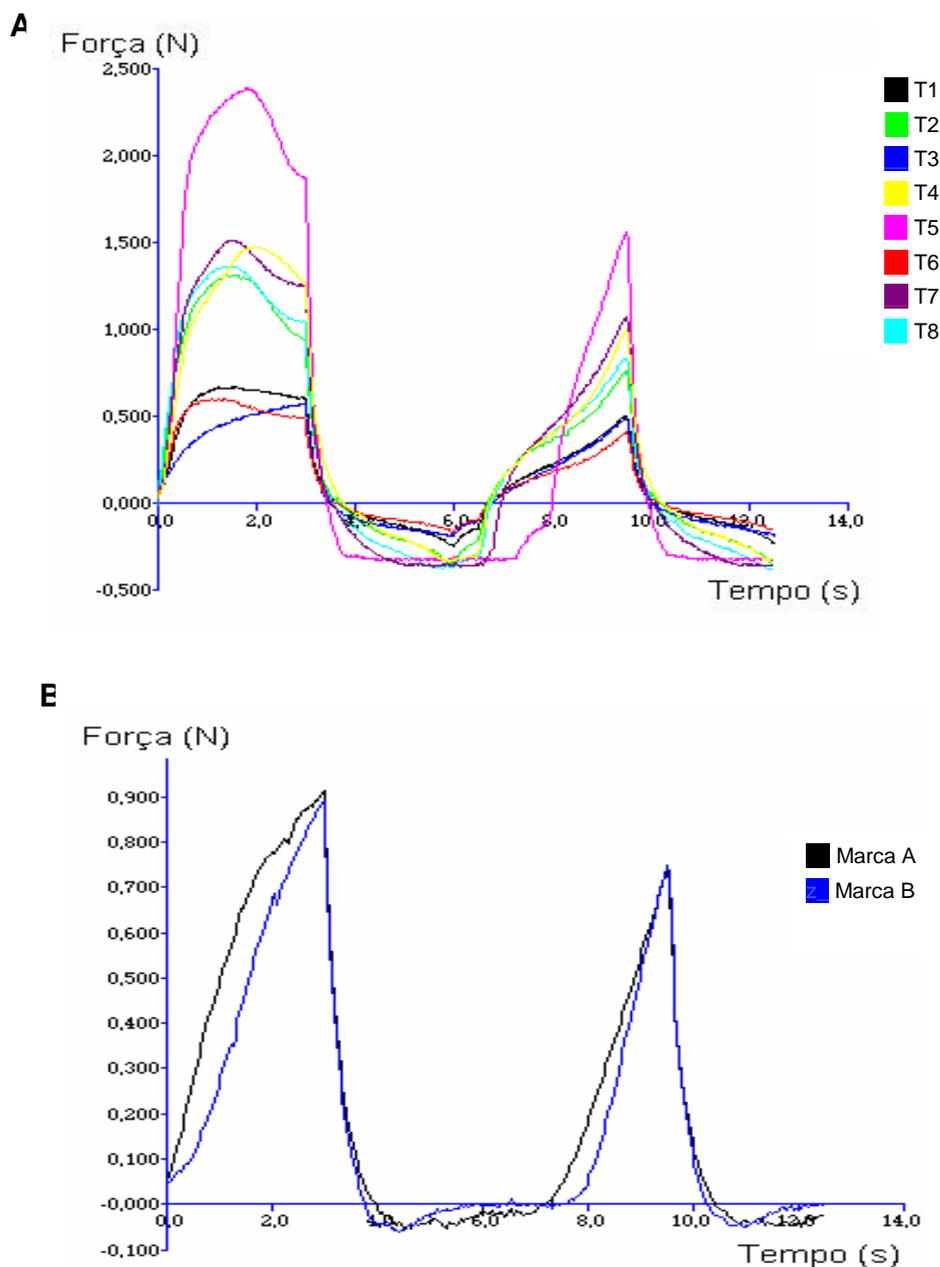


Figura 9 – Perfis de textura dos iogurtes desnatados elaborados (A) e comerciais (B)

Entre as respostas encontradas para as formulações estudadas, o tratamento 5 foi o que mais se diferenciou, como observado na Figura 9. Esse iogurte apresentou valores mais altos para os parâmetros dureza, adesividade e gomosidade, e menores valores para elasticidade e coesividade.

Considerando os resultados, optou-se por continuar a análise dos dados apenas com os parâmetros de adesividade, dureza e gomosidade que mostraram maior variabilidade, sendo mais relevantes portanto para caracterização dos efeitos das variáveis de processo na textura.

4.2.2.1 Análise dos efeitos

A carragena foi o hidrocolóide que teve maior influência sobre as respostas obtidas enquanto que a xantana foi o que menos influenciou. Os efeitos dos hidrocolóides no perfil de textura dos iogurtes podem ser observados na Tabela 10.

Tabela 10 - Efeitos das concentrações dos hidrocolóides carragena, xantana e alginato nas respostas de dureza, adesividade e gomosidade dos iogurtes naturais desnatados

Variáveis Independentes	Efeitos		
	Dureza (N)	Adesividade (N.s)	Gomosidade (N)
Carragena [Car]	0,503000	0,406150	0,135800
Xantana [Xan]	0,022200	0,004250	0,060800
Alginato [Alg]	-0,056600	-0,115550	0,034100
Car x Xan	-0,033000	0,059350	0,027900
Car x Alg	-0,827800	-0,394250	-0,254800
Xan x Alg	0,432800	0,200850	0,120600

Na Tabela 11 estão expressas as equações que geraram os gráficos de superfície e curvas de contorno para os parâmetros de dureza, adesividade e gomosidade dos iogurtes naturais desnatados.

Tabela 11 - Equações para os efeitos das variáveis do processo nas respostas de perfil de textura dos iogurtes desnatados

Resposta	Equações ¹
Dureza	$1,256 + 0,251[C] + 0,011[X] - 0,028[A] - 0,016[CxX] - 0,413[CxA] - 0,216[XxA] + 0,163[CxXxA]$
Adesividade	$0,700 + 0,203[C] + 0,002[X] - 0,057[A] + 0,029[CX] - 0,197[CxA] + 0,100[XxA] - 0,085[CxXxA]$
Gomosidade	$0,479 + 0,067[C] + 0,030[X] + 0,017[A] + 0,013[CxX] - 0,127[CxA] + 0,060[XxA] + 0,026[CxXxA]$

¹ [C] carragena; [X] xantana; [A] alginato

É possível verificar que, na faixa estudada, a carragena foi a principal responsável pelo aumento da dureza dos produtos e ao passar da concentração de 0,10% para 0,30% provocou um aumento na ordem de 0,50N (Tabela 10). Já a adição de xantana, praticamente não influenciou a dureza do iogurte natural desnatado, divergindo dos resultados descritos por Maruyama et al. (2006) e Soukoulis et al. (2007), que relataram a importância da xantana no aumento da dureza de produtos lácteos. O alginato ocasionou um efeito negativo, ou seja, sua

adição reduziu este parâmetro, concordando com os resultados de Bhattacharya e Roopa (2009).

Considerando a interação dos hidrocolóides dois a dois, a resposta obtida para a combinação entre carragena e xantana foi independente da concentração utilizada para esta, apresentando maiores resultados para concentrações de carragena próximas a 0,30% (Figura 10).

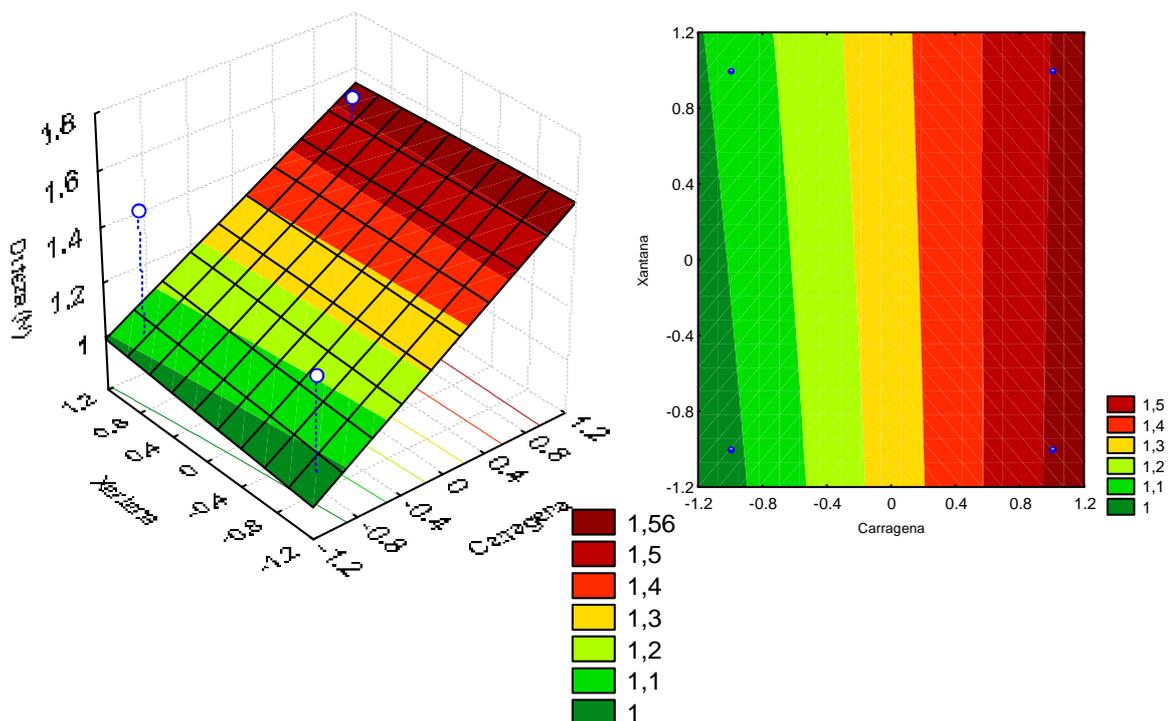


Figura 10 – Gráfico de superfície e curva de contorno do efeito da dureza no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides carragena e xantana

Os iogurtes mais firmes, valores na faixa de 2N, foram obtidos com maiores concentrações de carragena e menores de alginato (Figura 11A). Enquanto que, o efeito da interação entre xantana e alginato foi positivo (0,43N), ou seja, quando ambos estavam em concentrações mais altas (+1) ou mais baixas (-1), a dureza aumentou, como mostra a Figura 11B.

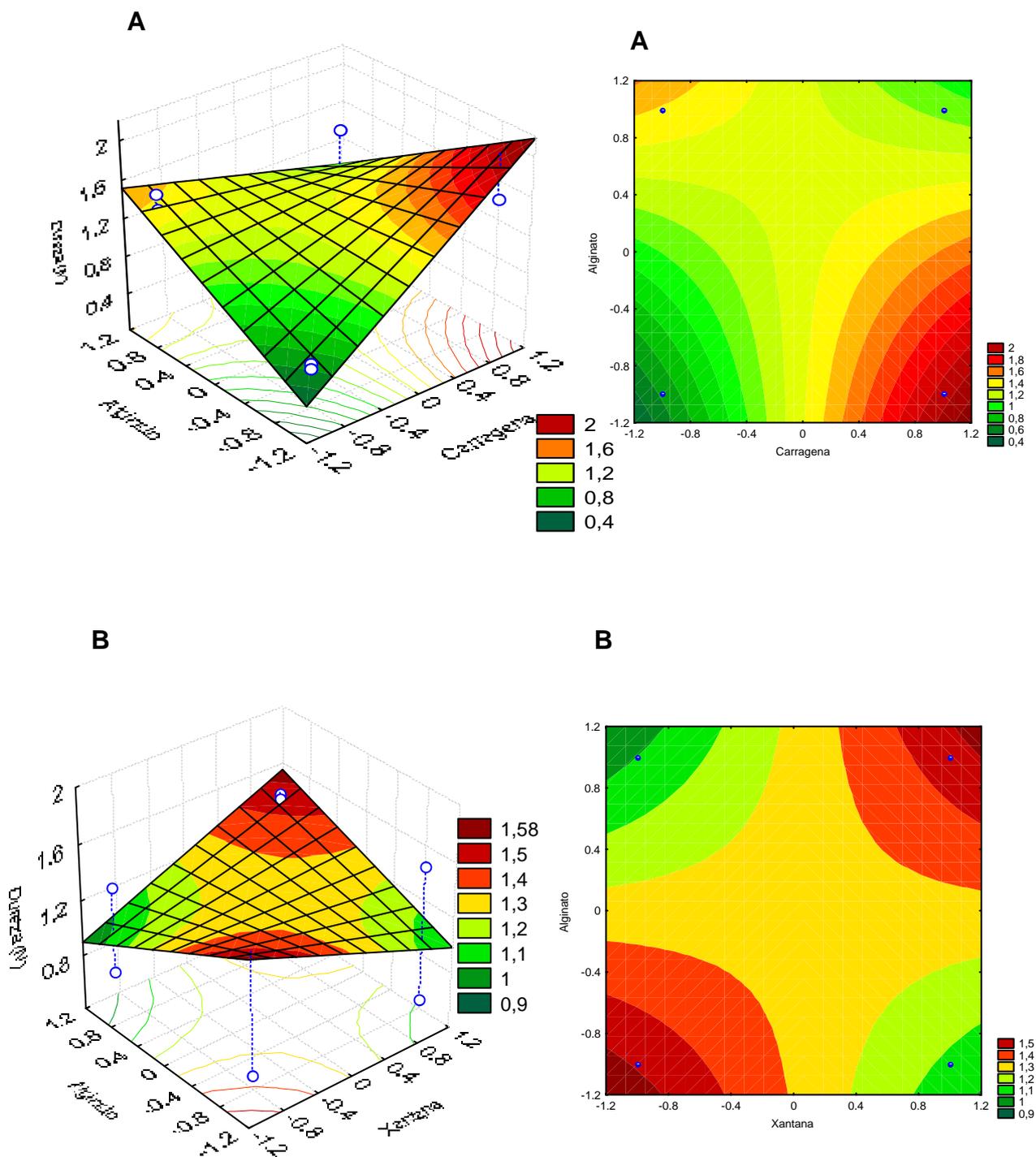


Figura 11 – Gráficos de superfície e curvas de contorno do efeito da dureza no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides alginato com: carragena (A); e xantana (B)

Valores elevados de dureza, como observados no tratamento 5 (2,3 N), podem resultar em um produto muito firme, com características diferentes das desejáveis para um iogurte, como por exemplo aspecto gelatinoso. Considerando que os produtos de mercado apresentaram valores de dureza próximos a 1N

(0,9138N a 0,9240N) (Tabela 9), a melhor característica para esse atributo pode ser obtida com combinações que resultem em um efeito de dureza próxima esse valor. Assim, nas condições estudadas, a formulação que resulta em dureza mais próxima à adequada, entre 1,0N a 1,5N, é próxima aos níveis superiores da carragena e alginato, 0,30% e 0,15%, respectivamente, e indiferente da concentração de xantana.

A análise dos efeitos mostrou que a concentração de carragena foi a variável que mais influenciou na adesividade dos iogurtes desnatados, com tendência a aumentar com a elevação de sua concentração. Já o alginato obteve efeito inverso, ou seja, a concentração de 0,15% (nível +1) reduziu este parâmetro. A xantana, assim como sua interação com a carragena (Figura 12) não apresentou efeito na adesividade dos iogurtes.

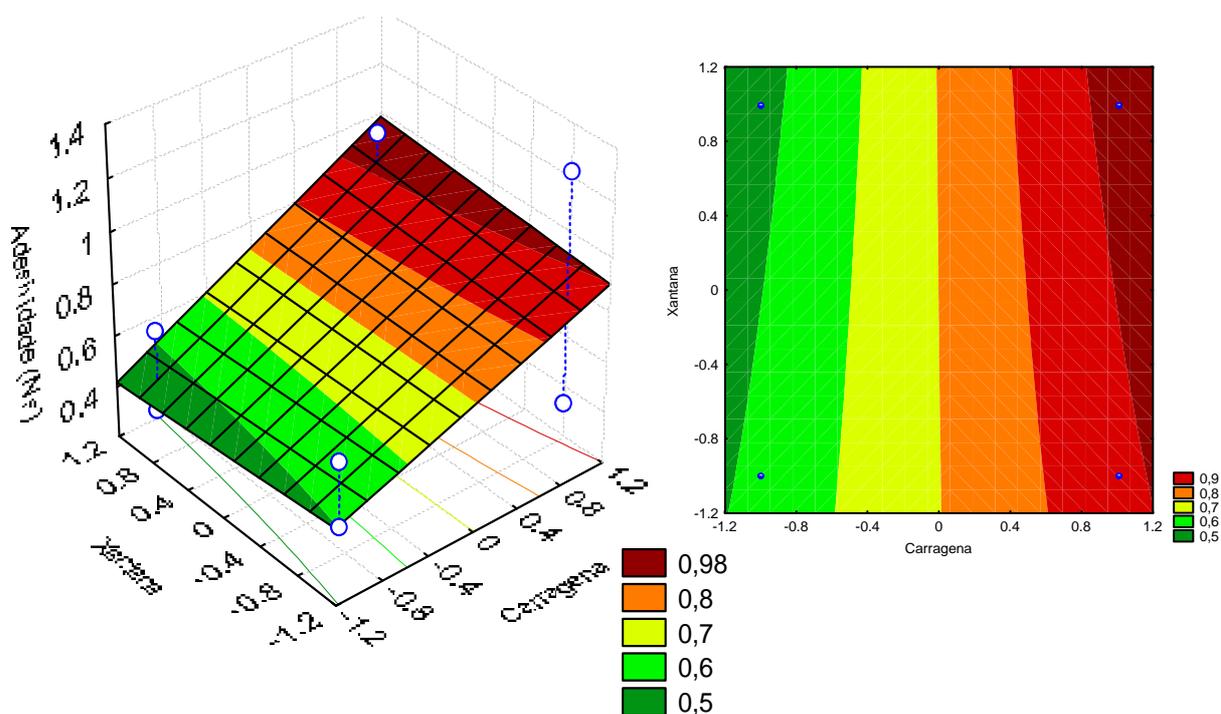


Figura 12 - Gráfico de superfície e curva de contorno do efeito da adesividade no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides carragena e xantana

Nas interações de alginato tanto com xantana (figura 13A), como com carragena (Figura 13B), maiores valores de adesividade foram encontrados para as menores concentrações de alginato, 0,05%. A sua interação com xantana apresentou uma ampla faixa em que as combinações obtiveram elevada adesividade, no entanto os maiores valores foram encontrados quando esta também

foi usada no nível mais baixo (-1). Na interação com carragena, ocorreu um efeito inverso, maiores valores para essa propriedade foram verificados no nível mais alto da carragena.

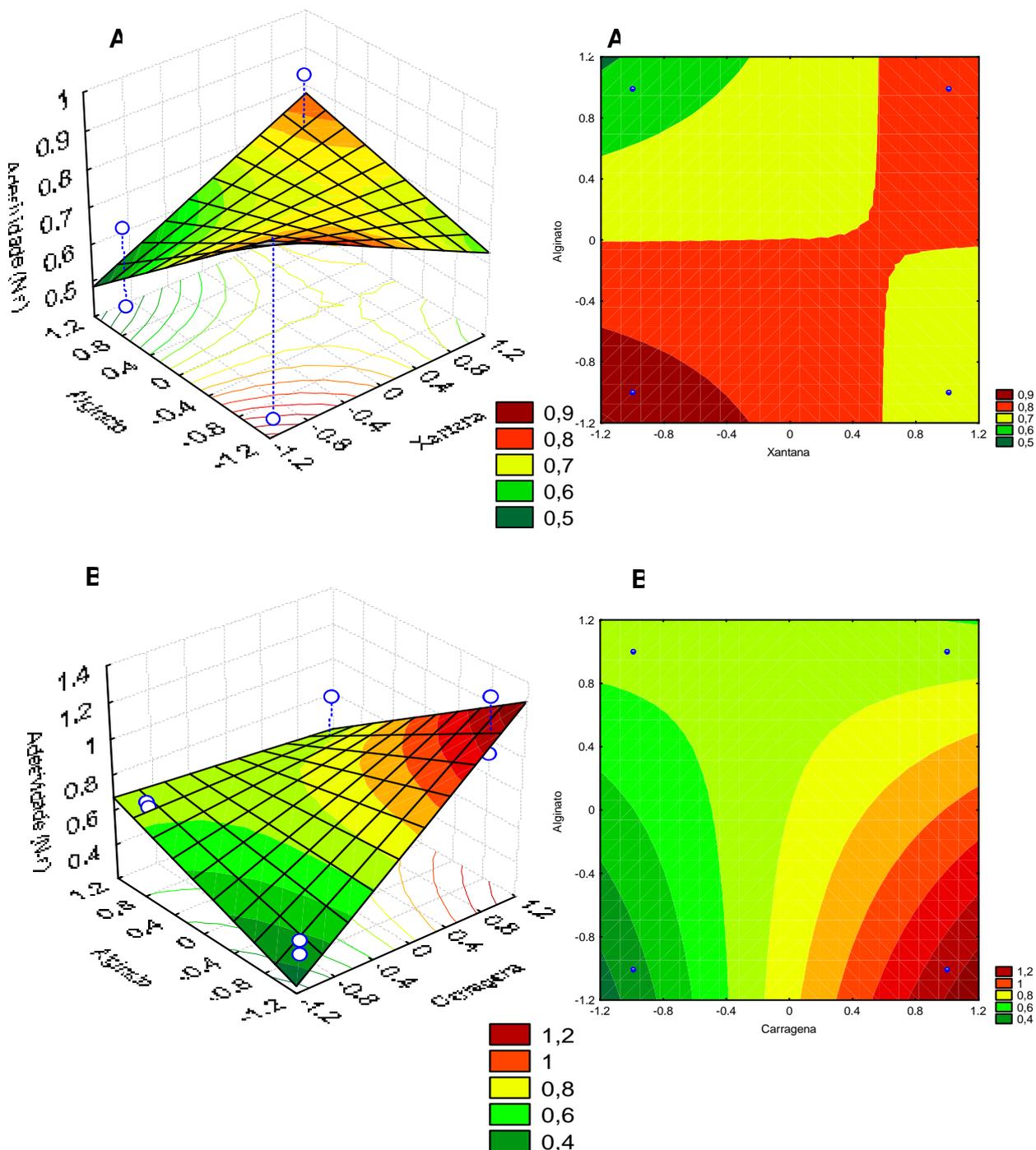


Figura 13 – Gráficos de superfície e curvas de contorno do efeito da adesividade no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides alginato com: xantana (A), e carragena (B)

Como já observado, a adesividade nos iogurtes comerciais apresentou valores, de aproximadamente 0,15 N.s, assim, possivelmente, as concentrações de

hidrocolóides mais adequadas para o produto são aquelas que resultam em valores mais baixos para este parâmetro. Ou seja, para carragena e xantana concentrações próximas ao nível mais baixo, 0,10% e 0,15%, respectivamente. Enquanto que para o alginato, observando a sua interação com xantana, concentração próxima ao nível mais alto resulta em baixa adesividade (0,6 N.s), dentro dos resultados obtidos no estudo. A interação entre carragena e alginato não foi considerada para estipular valores para este, pois o efeito da carragena foi predominante, como é possível observar na Figura 13B.

Para a variável dependente gomosidade, é possível observar que também houve uma predominância da influência da concentração de carragena sobre os outros hidrocolóides (Tabela 10). Os maiores valores foram obtidos nos níveis superiores das concentrações utilizadas de carragena, aumento de 0,13N, xantana de 0,06N, enquanto o alginato apresentou o índice mais baixo, de 0,03N nesta resposta.

A interação entre xantana e carragena apresentou pouca influência na faixa estudada, resultando nos maiores valores de gomosidade para concentração máxima (0,30%) de carragena, Figura 14.

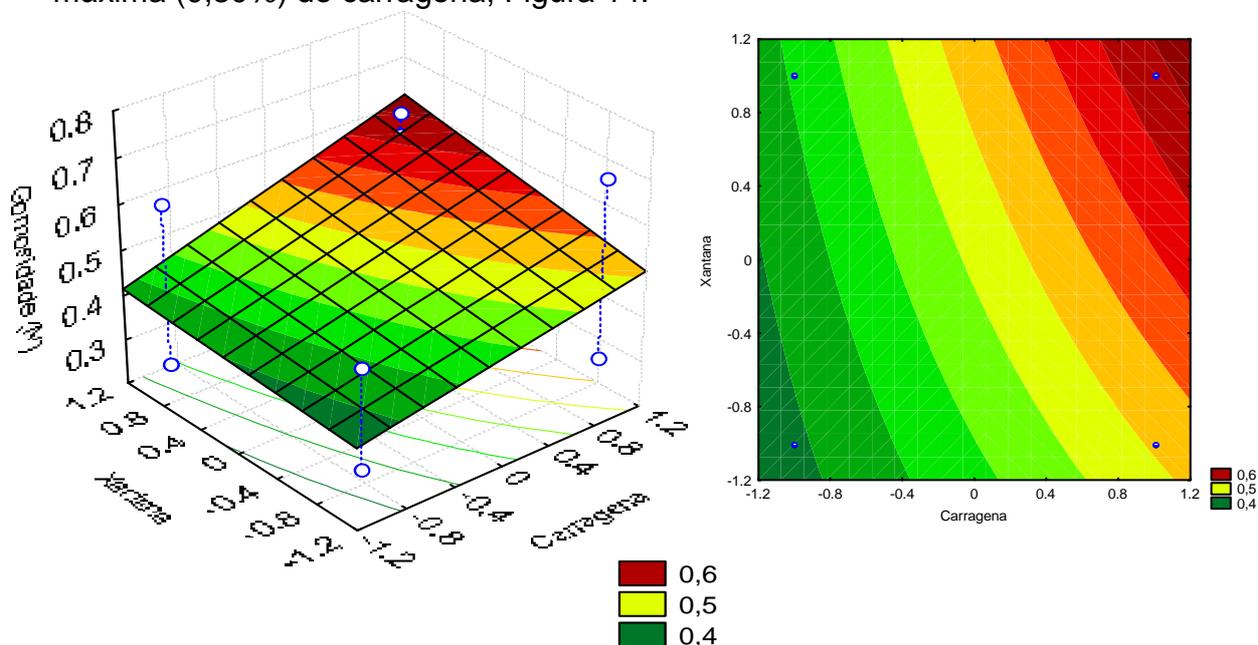


Figura 14 - Gráfico de superfície e curva de contorno do efeito da gomosidade no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides carragena e xantana

Nas Figuras 15A e B é possível observar os gráficos de superfície e curvas de contorno da gomosidade dos iogurtes desnatados nas interações entre alginato e carragena, e alginato e a xantana.

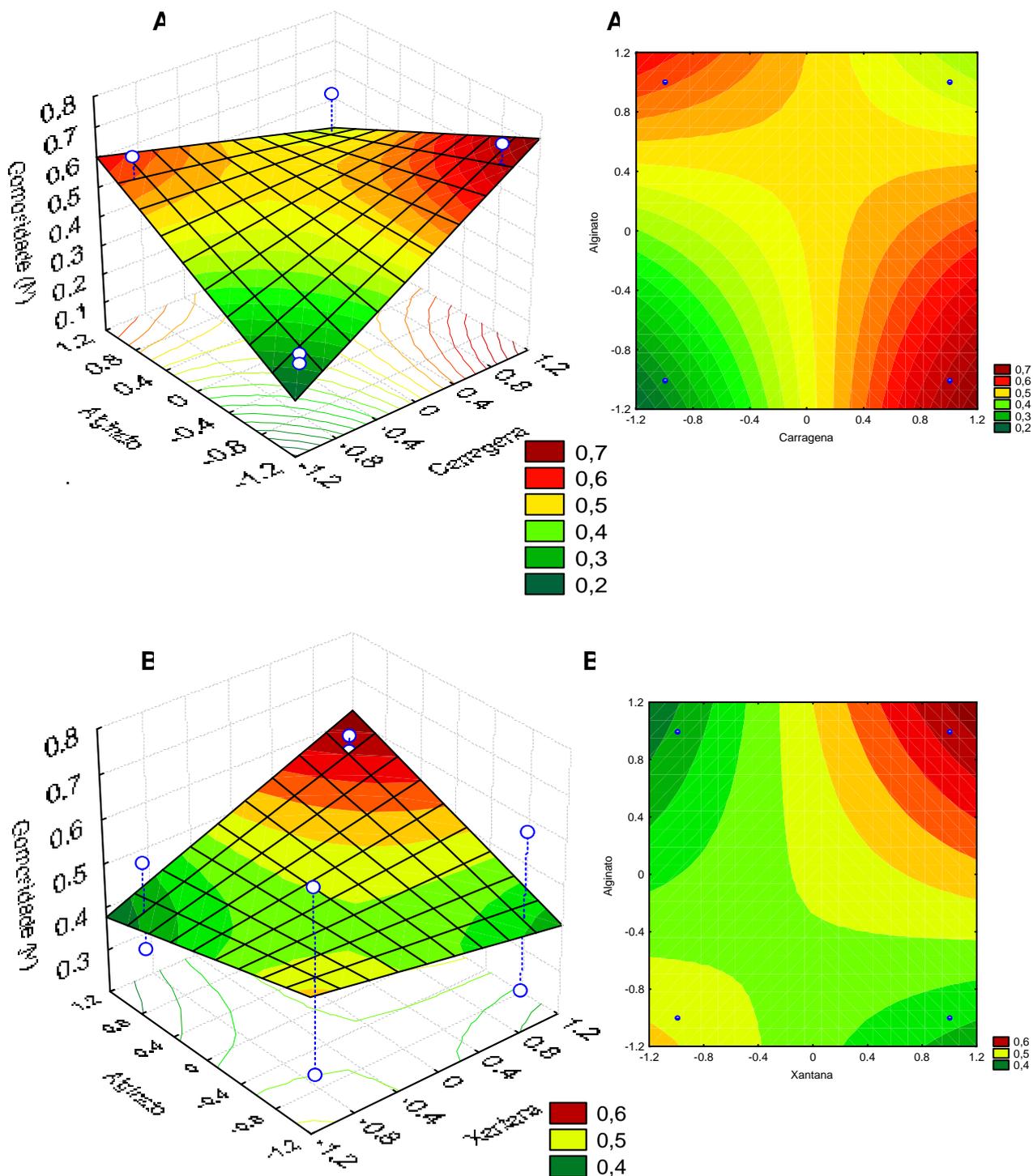


Figura 15 – Gráficos de superfície e curvas de contorno do efeito da gomosidade no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides alginato com: carragena (A), e xantana (B)

Os maiores valores de gomosidade para estas interações, Figuras 15A e B, foram para carragena e xantana adicionadas no nível mais alto (+1). Apesar do efeito da carragena ter sido positivo, houve uma forte interação negativa entre ela e o alginato, que quando adicionado reduziu a gomosidade. Enquanto que, na

interação com xantana, os maiores valores de gomosidade (0,6N) foram observados quando alginato em concentração máxima na faixa estudada, 0,15%.

A formulação, que possivelmente, é capaz de produzir no iogurte natural desnatado elaborado efeito próximo aos de mercado, que apresentaram gomosidade de aproximadamente 0,43N. Consiste em concentração de carragena no nível mais baixo (0,10%), enquanto a xantana pode ser utilizada em uma ampla faixa, já que, de acordo com estudos de Soukoulis et al. (2007), desenvolve baixa gomosidade (Figura 9B), o mesmo ocorrendo com o alginato.

4.2.3 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

Hidrocolóides são usados na produção de diversos produtos lácteos a fim de, modificar suas propriedades, como o aumento da capacidade de retenção de água em iogurtes (HINRICHS; GOTZ; WEISSER, 2003).

Na Tabela 12 estão expressas as medidas experimentais para capacidade de retenção de água dos iogurtes desnatados resultantes da utilização das diferentes concentrações de carragena, xantana e alginato.

Tabela 12 – Média para a resposta de capacidade de retenção de água dos iogurtes desnatados, pelas diferentes concentrações de hidrocolóides

Tratamento	Carragena		Xantana		Alginato		CRA¹		
1	-1	0,10	-1	0,15	-1	0,05	40,53	±	0,56
2	-1	0,10	-1	0,15	1	0,15	45,92	±	1,05
3	-1	0,10	1	0,35	-1	0,05	40,11	±	1,46
4	-1	0,10	1	0,35	1	0,15	71,40	±	1,13
5	1	0,30	-1	0,15	-1	0,05	69,95	±	1,06
6	1	0,30	-1	0,15	1	0,15	47,98	±	1,03
7	1	0,30	1	0,35	-1	0,05	70,90	±	0,56
8	1	0,30	1	0,35	1	0,15	53,02	±	0,66

¹capacidade de retenção de água (%)

Os resultados da CRA mostram uma ampla variação entre as formulações, 40,11%, para o tratamento 3, a 71,40%, para o tratamento 4, sendo que os menores resultados foram para aqueles iogurtes com menores concentrações de hidrocolóides.

Os efeitos da carragena, xantana e alginato na CRA dos iogurtes são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Efeitos das concentrações dos hidrocolóides carragena, xantana e alginato para a capacidade de retenção de água dos iogurtes desnatados

Variáveis Independentes	CRA ¹
Carragena [Car]	10,9539
Xantana [Xan]	7,7375
Alginato [Alg]	-0,7687
Car x Xan	-4,8055
Car xAlg	-19,1212
Xan x Alg	7,5345

¹capacidade de retenção de água (%)

A Tabela 14 apresenta a equação que gerou os gráficos de superfície e curvas de contorno para a capacidade de retenção de água dos iogurtes naturais desnatados.

Tabela 14 - Equação para os efeitos das variáveis do processo nas respostas da capacidade de retenção de água dos iogurtes desnatados

Resposta	Equações ²
CRA ¹	$54,96 + 5,47[C] + 3,86[X] - 0,384[A] - 2,40[CxX] - 9,56[CxA] + 3,76[XxA] - 2,71[CxXxA]$

¹Capacidade de Retenção de Água

² [C] carragena; [X] xantana; [A] alginato

A capacidade de retenção de água não foi influenciada pelo alginato como variável independente mas, foi influenciada, em 10,95%, pelo aumento da concentração de carragena. A carragena é um hidrocolóide aniônico capaz de interagir com as cargas positivas na superfície das proteínas, unindo a rede protéica e controlando a sinérese (SOUKOULIS et al., 2007). A xantana, que também é capaz de prevenir a dessoragem devido sua propriedade estabilizante (SOUKOULIS et al., 2007), teve grande participação, aumento de 7,73%.

Os maiores resultados obtidos para a CRA foram pelo efeito inverso dos hidrocolóides carragena (nível +1) e alginato (nível -1). Apesar do alginato, isoladamente não ter influência, quando combinado com a carragena exerce influência nessa propriedade, com uma forte interação negativa (-19,12 %) entre

esses dois hidrocolóides (Figura 16). Esta observação concorda com relatos que alguns hidrocolóides podem melhorar a qualidade do iogurte, enquanto outros podem causar um efeito negativo (ISANGA; GUO-NONG, 2008).

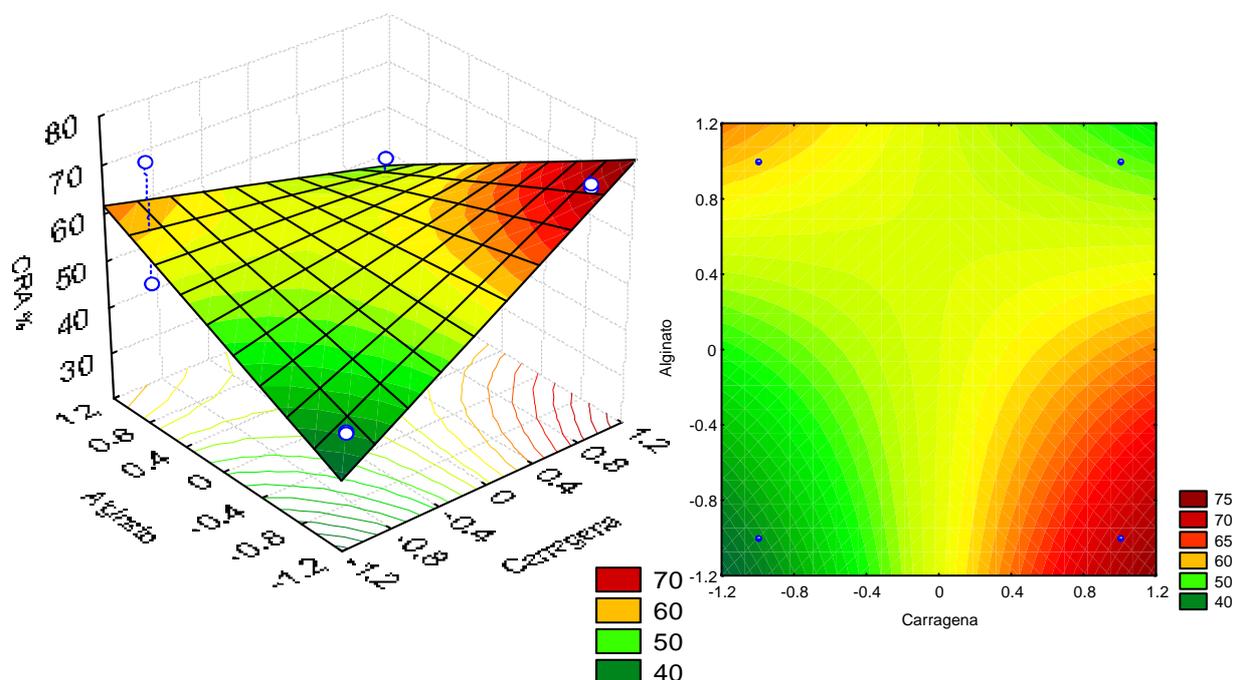


Figura 16 – Gráfico de superfície e curva de contorno da CRA no iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides carragena e xantana

Analisando o efeito da interação entre xantana e carragena (Figura 17A) é possível verificar que a aplicação desses hidrocolóides em sua máxima concentração, na faixa estudada, aumentou a capacidade de reter água dos iogurtes naturais desnatados elaborados. A interação entre alginato e xantana teve comportamento diferente para as concentrações desta, como é possível observar na Figura 17B. Para a concentração de xantana em 0,15% a maior concentração de alginato reduz a CRA, gerando um efeito negativo. Porém, se a xantana estiver em sua concentração máxima (0,35%), o aumento da concentração de alginato aumenta a CRA do iogurte natural desnatado, que por sua vez quase não é afetada por baixas concentrações de alginato.

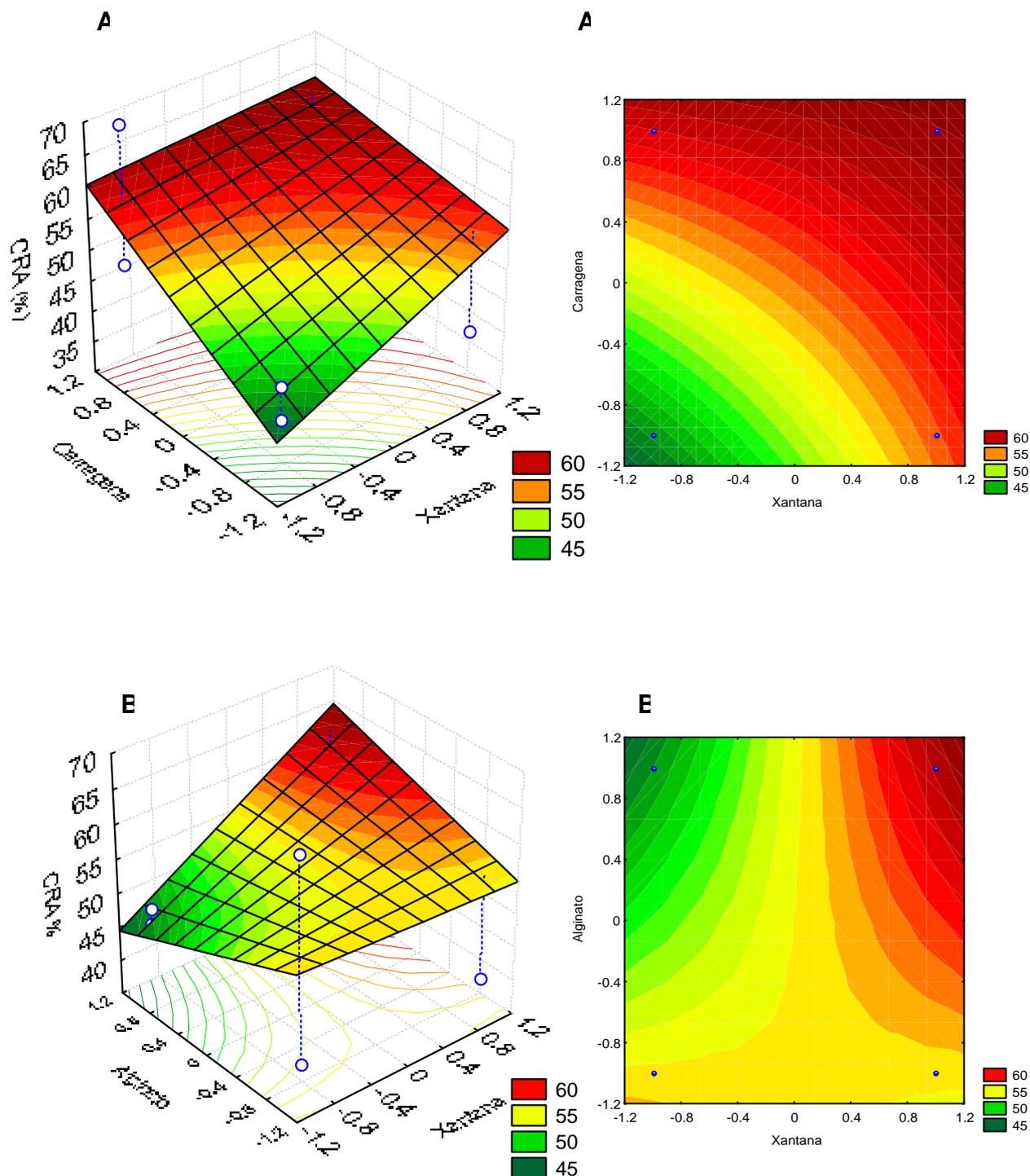


Figura 17 – Gráficos de superfície e curvas de contorno da CRA do iogurte natural desnatado em função dos hidrocolóides xantana com: carragena (A), e alginato (B)

Assim, iogurtes com boa capacidade de reter água (> 60 %), provavelmente teriam, na faixa estudada, máximas concentrações de carragena e xantana e baixa concentração de alginato.

Ao comparar os gráficos de superfície e curvas de contorno geradas para a capacidade de reter de água e o perfil de textura, parâmetros de dureza, adesividade e gomosidade, dos iogurtes, é possível obter os níveis dos hidrocolóides, na Tabela 15, que favorecem melhores resultados.

Tabela 15 – Níveis recomendados das variáveis para iogurte natural desnatado

Variável	Níveis		
	Carragena	Xantana	Alginato
CRA	+1 (0,30%)	+1 (0,35%)	- 1 (0,05%)
Dureza	+1 (0,30%)	-1 (0,15%)	+1 (0,15%)
Adesividade	- 1 (0,10%)	- 1 (0,15%)	+1 (0,15%)
Gomosidade	- 1 (0,10%)	+1 (0,35%)	-1 (0,05%)

* Não têm grande interferência no parâmetro

Os níveis estipulados na tabela são referentes às condições que possibilitem elevada capacidade de retenção de água, para inibir a sinérese, e textura próxima ao iogurte de mercado, com dureza entre 1N a 1,5N, já que é um produto de consistência firme, baixa adesividade e baixa gomosidade.

No entanto, para optar entre uma faixa ou outra é recomendado avaliar as características de maior interesse no produto. Além disso, é preciso sempre estar atento à concentração de hidrocolóides adicionadas no iogurte natural desnatado para não haver problemas tecnológicos resultantes da falta de interação entre os hidrocolóides combinados e as proteínas do leite (SYRBE; BAUER; KLOSTERMEYER, 1998; SCHORSCH; JONES; NORTON, 1999).

4.2.3 Análise Sensorial

O principal critério para a seleção dos tratamentos que foram analisados sensorialmente foi a maior capacidade de retenção de água (CRA) dos iogurtes, obtida, em ordem decrescente, nos tratamentos 4, 7, 5, e 8 (Tabela 7). Desses, os submetidos ao Teste de Diferença do Controle foram os iogurtes referentes aos tratamentos 4, fixado como controle por apresentar maior capacidade de reter água e parâmetros de textura mais próximos aos iogurtes de mercado, 7 e 8. O iogurte referente ao tratamento 5 foi descartado por apresentar dureza, adesividade e gomosidade elevada quando comparadas com os demais tratamentos.

A Tabela 16 apresenta as médias das notas atribuídas aos tratamentos no teste de diferença do controle.

Tabela 16 – Médias das notas atribuídas aos tratamentos no teste de diferença do controle

Iogurtes	Carragena (%)	Xantana (%)	Alginato (%)	Total de Hidrocolóides (%)	Médias das notas
Padrão / 4	0,10	0,35	0,15	0,70	4,29 ^a
7	0,30	0,35	0,05	0,60	4,37 ^a
8	0,30	0,35	0,15	0,80	4,25 ^a

*médias com diferentes letras na mesma coluna indicam diferença ($p \leq 0,005$)

Os resultados mostraram que, as diferentes concentrações dos hidrocolóides, carragena e alginato, não afetaram significativamente ($p > 0,05$) as características sensoriais do iogurte natural desnatado. Demonstrando ser coerente com as características do perfil de textura instrumental na qual se observa que os tratamentos 4, 7 e 8 apresentaram perfis semelhantes, apenas com maior diferença na adesividade.

Como a diferença na adesividade não foi observada pelos provadores, aparentemente variações nesse parâmetro não têm grande influência nas características sensoriais dos iogurtes. Resultado a ser destacado tendo em vista que esta foi a característica que mais diferenciou os iogurtes elaborados no presente estudo, que ficaram mais adesivos, dos iogurtes de mercado.

Além disso, o resultado deste teste, demonstra ser possível trabalhar com mais de uma combinação de hidrocolóides, o que pode ser uma alternativa para o custo final do produto, já que o total de hidrocolóides adicionado no tratamento 7 foi de 0,6% e no tratamento 8 de 0,8%.

5 CONCLUSÃO

O estudo da compatibilidade e potencial dos hidrocolóides aplicados no iogurte natural desnatado permitiu observar que os mesmos apresentam comportamentos diferentes. Quando aplicados isoladamente, carragena, pectina e alginato, geleificaram, enquanto que LGB, xantana e guar, apresentam incompatibilidade com as proteínas do leite, resultando em separação de fases. No entanto, a capacidade de agirem sinergicamente permitiu que alguns desses hidrocolóides neutros, incompatíveis quando combinados com os aniônicos, fossem capazes de formar gel.

Os perfis de textura dos iogurtes naturais desnatados, elaborados com carragena, xantana e alginato, apresentaram parâmetros próximos aos das marcas comerciais, sendo exceção a adesividade que apresentou valores muito mais elevados para aqueles iogurtes. As diferentes concentrações dos hidrocolóides não implicaram em grande variação para a coesividade e elasticidade. Porém, dureza, adesividade e gomosidade sofreram grande variação e foram principalmente influenciadas pela carragena, com valores maiores em seu nível mais alto, concentração de 0,30%. Enquanto o alginato, nas condições deste estudo, reduziu a dureza e a adesividade, quando adicionado na concentração de 0,15%. A xantana apresentou menos influencia no perfil de textura dos iogurtes fabricados.

A carragena foi o hidrocolóide que mais influenciou a capacidade de reter água dos iogurtes, seguida pela xantana, sendo que valores mais altos desses dois hidrocolóides aumentam esta propriedade. A adição de alginato exerce mínima influência, reduzindo a CRA do iogurte.

Os tratamentos selecionados para serem avaliados sensorialmente não apresentaram diferenças significativas nas características sensoriais, permitindo assim, variação em parâmetros considerados secundários, como a adesividade, quando comparada à dureza e CRA dos iogurtes.

Os resultados demonstram ser possível trabalhar com formulações que possibilitem a elaboração do iogurte natural desnatado firme com alta capacidade de retenção de água e com perfil de textura próximo ao do iogurte natural desnatado de mercado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. O. A. C. **Association of Official Analytical Chemists**, Washington D. C., 1995.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. **Química do Processamento de Alimentos**. São Paulo: Varela, 1992.

BOURNE, M.C. **Food Texture and Viscosity**. London: Academic Press, 1982.

BOURRIOT, S.; GARNIER, C.; DOUBLIER, J.L. Phase separation, rheology and structure of micellar casein-galactomannan mixtures. **International Dairy Journal**. v.9, p. 353–357, 1999a.

BOURRIOT, S.; GARNIER, C.; DOUBLIER, J.L. Micellar-casein- κ -carrageenan mixtures. I.Phase separation and ultrastructure. **Carbohydrate Polymers**. v. 40, p.145-157, 1999b.

BRASIL. Resolução nº5, de 13 de novembro de 2000. Oficializar os "Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados". Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=>> Acesso em: 08 set. 2008.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Determination of fat content of milk and milk products (Gerber methods). Methods**. London: British Standards Institution, 1989. 12p.

CAMACHO, M.M.; MARTINEZ-NAVARRETE, N.; CHIRALT, A. Rheological characterization of experimental dairy creams formulated with locust bean gum (LBG) and carrageenan combinations. **International Dairy Journal**. v. 15, p. 243–248, 2005.

DANNENBERG, F.; KESSLER, H. G. Effect of denaturation of β -lactoglobulin on texture properties of set-style nonfat yoghurt. 1. Syneresis. **Milchwissenschaft**, v. 43, n. 10, p. 632-635, 1988.

DUNKLEY, W. L. Reducing fat in milk and dairy products by processing. **Journal of Dairy Science**. v. 65, p.454-458, 1982.

EVERETT, D.W.; McLEOD, R.E. Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. **International Dairy Journal**. v.15, p.1175–1183, 2005.

FISZMAN, S.M.; LLUCH, M.A.; SALVADOR, A. Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. **International Dairy Journal**. v.9, p.895–901, 1999.

FOX, P. F., McSWEENEY, P. L. H. **Dairy Chemistry and Biochemistry**. London: Blackie Academic and Professional, 1998. 476p

GALLARDO-ESCAMILLA, F.J.; KELLY, A.L.; DELAHUNTY, C.M. Mouthfeel and flavour of fermented whey with added hydrocolloids. **International Dairy Journal**. v.17, p.308–315, 2007.

GLIKSMAN, M. **Gum Technology in the Food Industry**. London: Academic Press, 1969. 590p.

HARTE, F; LUEDECKE, L; SWANSON, B; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Low-Fat Set Yogurt Made from Milk Subjected to Combinations of High Hydrostatic Pressure and Thermal Processing. **Journal of Dairy Science**. v.86, p.1074–1082, 2003.

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

HINRICHS, R.; GOTZ, J.; WEISSER, H. Water-holding capacity and structure of hydrocolloid-gels and yogurts characterised by means of NMR. **Food Chemistry**. v.82, p. 155-160, 2003.

HUANG, X.; KAKUDA, Y.; CUI, W. Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. **Food Hydrocolloids**. v.15, p.533-542, 2001.

ISANGA, J; GUO-NONG, Z. Screening of stabilizers for peanut milk based set yoghurt by assessment of whey separation, gel firmness and sensory quality of the yoghurt. **American Journal of Food Technology**. v.3, p.127-133, 2008.

ISLETEN, M.; KARAGUL-YUCEER, Y. Effects of dried dairy ingredients on physical and sensory properties of nonfat yogurt. **Journal of Dairy Science**. v.89, p.2865-2972, 2006.

JAROS, D.; ROHM, H.; HAQUE, A.; BONAPARTE, C.; KNEIFEL, W. Influence of the starter culture on the relationship between dry matter content and physical properties of set-style yogurt. **Milchwissenschaft**, v. 57, n. 6, p. 325-328, 2002.

KROGER, M. Quality of yogurt. **Journal Series of the Pennsylvania Agricultural Experiment Station**. n.4868, 1975.

LANGENDORFF, V.; CUVELIER, G.; MICHON, C.; LAUNAY, B.; PARKER, A.; DE KRUIF, C.G. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. **Food Hydrocolloids**. v.14, p.273-280, 2000.

MARUYAMA, L.Y.; CARDARELLI, H.R.; BURITI, F.C.A.; SAAD, S.M.I. Textura instrumental de queijo petit-suisse potencialmente probiótico: Influência de diferentes combinações de gomas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.26, n.2, p.386-393, 2006.

MAROZIENE, A.; KRUIF, C.G. Interaction of pectin and casein micelles. **Food Hydrocolloids**. v.14, p.391-394, 2000.

McBEAN, L.D. Health benefits of dairy foods: an update. **National Dairy Council**. v.78, n.6, 2007. Disponível em: <<http://www.nationaldairyCouncil.org/NationalDairyCouncil/Health/Digest/dcd78-6Page5.htm>> Acesso em: 10 dez. 2008.

MEILGAARD, M., CIVILLE, G.V., CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 1999. 350p.

MONTEIRO, C.S.; CARPES, S.T.; KALLUF, V.H.; DYMINSKI, D.S.; CANDIDO, L.M.B. Evolução dos substitutos de gordura utilizados na tecnologia de alimentos. **Boletim Ceppa**. v.24, n. 2, p. 347-362, 2006.

MUNHOZ, M.P.; WEBER, F.H.; CHANG, Y.K. Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.24, n.3, p.403-406, 2004.

NETO, B.B., SCARMINIO, I.S., BRUNS, R.E. **Como Fazer Experimentos**. Campinas: Unicamp, 2002. 395p.

ORDOÑEZ, J.A. **Tecnologia de Alimentos: Alimentos de Origem Animal**. vol. 2. Porto Alegre: Artmed, 2005. 279p.

PARNELL-CLUNIES, E. M., KAKUDA, Y., MULLEN, K., ARNOTT, D. R., DEMAN, J. M. Physical properties of yogurt: a comparison of vat versus continuous heating systems of milk. **Journal of Dairy Science**, v. 69, p. 2593-2603, 1986.

PENNA, A.L.B.; NIKAEDO, P.H.L.; AMARAL, F.F. Caracterização tecnológica de sobremesas lácteas achocolatadas cremosas elaboradas com concentrado protéico de soro e misturas de gomas carragena e guar. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. v.40, n.3, 2004

RODRIGUES, M.I.; IEMMA, Q.F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos**. São Paulo : Casa do Pão, 2005. 326p.

ROOPA, B.S.; BHATTACHARYA, S. Alginate gels: Rupture characteristics as function of the conditions of gel formation. **Journal of Food Engineering**. n. 91, p. 448–454, 2009.

ROSENTHAL, A J. **Food Texture: measurement and perception**. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999. 311p.

SAHAN, N.; YASAR, K.; HAYALOGLU, A.A. Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage. **Food Hydrocolloids**. v.22, p.1291-1297, 2008.

SCHMIDT, K.A.; SMITH, D.E. Rheological properties of gum and milk protein interactions. **Journal of Dairy Science**. v.75, p.36-42, 1992.

SCHORSCH, C.; JONES, M.G.; NORTON, I.T. Thermodynamic incompatibility and microstructure of milk protein/locust bean gum/sucrose systems. **Food Hydrocolloids**. v.13, p.89-99, 1999.

SOUKOULIS, C.; PANAGIOTIDIS, P.; KOURELI, R.; TZIA, C. Industrial yogurt manufacture: monitoring of fermentation process and improvement of final product quality. **Journal of Dairy Science**. v.90, p.2641-2654, 2007.

STATISTICA for Windows – Computer program manual. Tulsa: **Statsoft**, Inc., 1995.

SYRBE, A.; BAUER, W.J.; KLOSTERMEYER, H. Polymer science concepts in dairy systems – An overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. **International Dairy Journal**, v.8, p. 179-193, 1998.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**. v.13, p. 215-225, 2002.

TAKEUCHI, K.P. **Análises reológicas e calorimétricas de sistemas-modelo de proteínas do leite adicionados de carragena e sacarose**. Dissertação (Pós-Graduação) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

TAMINE, A.Y.; ROBINSON, R.K. **Yoghurt: Science and Technology**. Oxford: Pergamon Press, 1985. 431p.

TELLES, C.D.; FLORES, S.H. Influência da adição de espessantes e leite em pó nas características reológicas do iogurte desnatado. **Boletim Ceppa**, v. 25, n. 2, p. 247-256, 2007.

TETRA PAK. **Dairy Processing Handbook**. Suécia: Tetra Pak Processing Systems AB, [1995?].1CD – ROM.

THAIUDOM, S.; GOFF, H.D. Effect of k-carrageenan on milk protein polysaccharide mixtures. **International Dairy Journal**, v.13, p. 763–771, 2003.

ÜNAL, B.; METIN, S.; ISIKLI, N.D. Use of response surface methodology to describe the combined effect of storage time, locust bean gum and dry matter of milk on the physical properties of low-fat set yogurt. **International Dairy Journal**, v.13, p. 909–916, 2003.

WHISTLER, R.L.; BeMILLER, J. N. **Industrial Gums: polysaccharides and their derivatives**. New York: Academic Press, 1973.

YANES, M.; COSTELL, E.; DURAN, L. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behaviour and sensory properties of milk beverages model systems. **Food Hydrocolloids**. v.16, p.605-611, 2002.

ZOON, P.; RUAS-MADIEDO, P. Effect of exopolysaccharide-producing *Lactococcus lactis* strains and temperature on the permeability of skim milk gels. **Colloids and Surfaces: Physicochemical and Engineering Aspects**. v.213, p. 245-253, 2003.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)