

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DESENVOLVIMENTO DE UMA SOBREMESA A BASE DE SOJA
TIPO *PETIT SUISSE* ENRIQUECIDO COM CÁLCIO E ALTO TEOR PROTEICO

Dissertação apresentada à Faculdade
de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas
para obtenção do título de Mestre em
Tecnologia de Alimentos

Mari Matsuoka Tomikawa

Cientista dos Alimentos

Prof. Dr. Roberto Hermínio Moretti

Orientador

Campinas – SP

2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

Tomikawa, Mari Matsuoka
T595d Desenvolvimento de uma sobremesa a base de soja enriquecida
com cálcio e o alto teor proteico / Mari Matsuoka Tomikawa. --
Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Roberto Hermínio Moretti
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Soja. 2. Tofu. 3. Queijo petit suisse. 4. Goma guar. 5.
Proteína de soja. 6. Superfícies de resposta. I. Moretti, Roberto
Hermínio. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia de Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

Título em inglês: Development of a soy-based dessert enriched with calcium and high
protein content

Palavras-chave em inglês (Keywords): Soybean, Tofu, Petit suisse cheese, Guar gum,
Soy protein, Response surfaces

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Roberto Hermínio Moretti
Helena Teixeira Godoy
Marília Oetterer

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Hermínio Moretti
(Orientador - FEA/UNICAMP)

Profa. Dra. Helena Teixeira Godoy
(Membro – FEA/UNICAMP)

Profa. Dra. Marília Oetterer
(Membro – ESALQ/USP)

Prof. Dr. Flávio Luís Schmidt
(Membro – FEA/UNICAMP)

Profa. Dra. Solange Guidolin Canniatti Brazaca
(Membro – ESALQ/USP)

*“Tudo o que existe é de uma grande exatidão.
Pena é que a maior parte do que existe
com essa exatidão
nos é tecnicamente invisível.
O bom é que a verdade chega a nós
como um sentido secreto das coisas.
Nós terminamos adivinhando, confusos,
a perfeição.”*

(Precisão, de Clarice Lispector)

*Aos meus pais, Kenji e Elza,
pelo exemplo de vida e incentivo,
sem o qual este trabalho não seria
realizado,*

dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Roberto Hermínio Moretti, pela orientação e confiança;

Aos membros da banca examinadora, pelas correções e sugestões na redação desta dissertação;

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

À Prefeitura de Nova Odessa, pelo fornecimento do extrato hidrossolúvel de soja, em especial ao Marco Aurélio, pela atenção dispensada;

À Universidade Estadual Paulista, em nome do prof. José Salvador Lepera, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, pelo apoio, paciência e ensinamentos, e em especial à Valéria, pelo auxílio na utilização do equipamento em algumas análises dessa pesquisa;

À Ana Koon, técnica do Laboratório de Frutas, e à Renata, técnica do Laboratório de Instrumentação, pela atenção, paciência e auxílio no desenvolvimento deste trabalho;

Ao prof. Flávio, pela confiança e conhecimentos compartilhados, e aos funcionários, Ana Maria e Adauto, pela ajuda durante o meu PED;

Às professoras Walkíria e Mirna, e à Bete, técnica do Laboratório de Leite, pela permissão da utilização do equipamento pasteurizador;

À Bernadete e à dona Denir pelo carinho e apoio;

A todos os funcionários da FEA, que de alguma forma contribuíram nessa dissertação;

Aos meus “irmãos” de laboratório, Carlos e Carol pela amizade e auxílios prestados;

Aos colegas mestrandos e doutorandos, Bruno, Chico, Cabeludo, Milena, Alexei, Wilon, Melissa, Leilane, Adriano e Manu, pelos bons momentos compartilhados, em especial à Dani, pelo carinho, acolhimento, apoio, ajuda, e principalmente, por mostrar o valor de uma amizade que dinheiro nenhum pode pagar. Obrigada de coração;

Às colegas esalqueanas e pós-graduandas, Dá-Côrt, Mulan, Xispita e Pirlim, que me acompanharam desde a graduação, passando por mais essa experiência, sempre com

incentivo e mãos abertas para ajudar, superando, juntas, essa etapa. Obrigada pelo auxílio, amizade e momentos de descontração;

À colega de ano e de kit, Ciriema, pelos poucos, mas agradáveis momentos “at home”, “Japa’s” e “Greg’s”;

Aos meus pais, Kenji e Elza e ao meu irmão Jun, pelo carinho, apoio incondicional e incentivo durante toda a execução deste trabalho. Muito obrigada por tudo;

A todos os meus familiares, meus tios, tias, primos e minha avó, que me acolheram e deram suporte sempre que precisei;

A todas as pessoas que me apoiaram e/ou contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, seja em Campinas, Piracicaba, São Paulo, Brasília ou Guarapari;

Um agradecimento especial ao Atílio, pelo apoio em todos os momentos, sendo meu maior incentivador nessa jornada, mais que um namorado, foi minha família em Campinas, meu pilar, meu amigo, meu professor, meu confidente e até meu representante/secretário/procurador. Lindo, muito obrigada pela paciência, pela ajuda durante minha estada tanto em Campinas quanto em Brasília, por estar sempre presente ao meu lado nos momentos alegres e tristes no decorrer dessa pesquisa, por sempre me motivar quando eu achava que tudo estava perdido, e enfim, por ser tudo isso que você representa para mim;

A Deus, pelo equilíbrio da vida, sem o qual eu não teria os pés nos chão para seguir sempre em frente, superando cada obstáculo.

Muito obrigada a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
2.1. Objetivo Geral	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Soja: produção, mercado e características econômicas	4
3.2. Propriedades químicas e nutricionais da soja	5
3.2.1. Soja como alimento funcional	7
3.2.2. Compostos antinutricionais da soja	10
3.3. Extrato hidrossolúvel de soja	11
3.4. Produtos a base de soja enriquecidos e adicionados de frutas	13
3.5. Tofu	14
3.6. Queijo <i>petit suisse</i>	16
3.7. Sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	16
3.8. Goma guar	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1. Matéria-prima	20
4.2. Elaboração do tofu rico em cálcio	21
4.3. Elaboração da sobremesa a base de soja tipo <i>petit suisse</i>	22
4.4. Determinação Analítica	23
4.4.1. Caracterização física e química do EHS e dos produtos	23
4.4.2. Textura instrumental (firmeza)	24
4.4.3. Rendimento em proteína	24
4.4.4. Determinação de cálcio	24

4.5.	Análise Sensorial.....	25
4.6.	Delineamento Experimental.....	25
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1.	Caracterização física e química.....	28
5.2.	Teor de cálcio	34
5.3.	Rendimento em proteína.....	39
5.4.	Firmeza	45
5.5.	Análise sensorial.....	53
6.	CONCLUSÕES	59
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	ANEXO I.....	68
	ANEXO II	69
	ANEXO III.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura química da goma guar	18
Figura 2. Fluxograma da obtenção do extrato hidrossolúvel de soja (EHS).....	21
Figura 3. Fluxograma do procedimento para obtenção da sobremesa de soja.	22
Figura 4. Teores de proteína e lipídios em função da concentração de CaSO_4	32
Figura 5. Teor de cálcio (mg/100g base úmida) dos produtos de soja	34
Figura 6. Estimativa de efeitos lineares, quadráticos e de interações das variáveis sobre o teor de cálcio da sobremesa de soja.	36
Figura 7. Valores previstos versus valores observados para teor de cálcio	38
Figura 8. Superfícies de resposta e curvas de contorno para teor de cálcio em função do CaSO_4 e goma guar e do CaSO_4 e pH, com a terceira variável fixada no ponto central.	39
Figura 9. Rendimento (base úmida) em proteína dos ensaios experimentais	40
Figura 10. Estimativa de efeitos lineares, quadráticos e de interações das variáveis sobre o teor de cálcio da sobremesa de soja.	42
Figura 11. Superfícies de resposta e curvas de contorno para rendimento em proteína em função do CaSO_4 e goma guar, do CaSO_4 e pH e da goma guar e pH, com a terceira variável fixada no ponto central.	43
Figura 12. Valores previstos versus valores observados para rendimento em proteína.	44
Figura 13. Valores de textura instrumental dos ensaios experimentais	46
Figura 14. Estimativa de efeitos lineares, quadráticos e de interações das variáveis sobre a firmeza instrumental (N) da sobremesa de soja.....	48
Figura 15. Valores previstos versus valores observados para firmeza (N).	49
Figura 16. Superfícies de resposta e curvas de contorno para firmeza em função do CaSO_4 e goma guar e do CaSO_4 e pH, com a terceira variável fixada no ponto central.....	50
Figura 17. Frequência das notas dos atributos sensoriais para o ensaio 6.	54
Figura 18. Frequência das notas dos atributos sensoriais para o ensaio 11.	54
Figura 19. Atributos sensoriais para os ensaios 6 e 11.	56
Figura 20. Intenção de compra das sobremesas de soja sabor frutas vermelhas.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentração de isoflavonas em alimentos de soja (mg/g base seca).....	8
Tabela 2. Peso do tofu obtido e conteúdo de isoflavonas no processamento de extrato hidrossolúvel de soja e tofu (base seca)..	9
Tabela 3. Rendimento e concentração de isoflavonas em tofu preparado com diferentes coagulantes (0,5% m/m).....	10
Tabela 4. Viscosidades de soluções hidratadas de gomas 1% após 24 horas de hidratação a 25°C.	19
Tabela 5. Valores reais utilizados do DCCR para três fatores	26
Tabela 6. DCCR para elaboração da sobremesa de soja com cálcio e alto valor proteico, em níveis codificados e decodificados.	27
Tabela 7. Determinações físico-químicas (base úmida) do extrato hidrossolúvel de soja pasteurizado.....	28
Tabela 8. Composição física e química das sobremesas de soja (base úmida).	29
Tabela 9. Coeficientes de regressão provenientes do planejamento fatorial completo para a variável teor de cálcio	35
Tabela 10. Coeficientes de regressão provenientes do planejamento fatorial completo para a variável rendimento em proteína.....	41
Tabela 11. Coeficientes de regressão provenientes do planejamento fatorial completo para a variável firmeza.....	47
Tabela 12. Avaliação sensorial das sobremesas de soja sabor frutas vermelhas dos ensaios 6 e 11 em relação aos atributos aroma, sabor, textura, aparência e impressão global.	53

RESUMO

Produtos comerciais a base de extrato hidrossolúvel de soja em combinação com sucos de frutas têm obtido êxito no mercado, como alternativa proteica com benefícios funcionais. No entanto, a quantidade de proteína de soja nessas associações é relativamente baixa no mercado nacional, de 0,6 a 3,0%. O presente trabalho constituiu no desenvolvimento uma sobremesa a base de soja com características semelhantes aos queijos *petit suisse*, com teor de proteína de soja acima dos produtos a base de extrato hidrossolúvel de soja combinados com sucos de frutas encontrados hoje no mercado brasileiro, e com características sensoriais aceitas pelo consumidor. As sobremesas de soja foram desenvolvidas a partir da coagulação do extrato hidrossolúvel de soja sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) em concentrações de variando de 0,25 a 1%, acréscimo de goma guar em concentrações de 0,02 a 0,2% e ajuste de pH (4,0 a 4,4) com ácido láctico 85%. O efeito dessas variáveis foi avaliado sobre a composição física e química, o conteúdo de cálcio, o rendimento em proteína e a firmeza das sobremesas de soja obtidas nos ensaios experimentais. Todas as variáveis foram influenciadas significativamente ($p \leq 0,05$) pela concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. O teor de sólidos totais e o conteúdo de cálcio elevaram-se com o aumento da concentração de coagulante. O teor de proteína e lipídios e a firmeza apresentaram forte correlação entre si, com tendência crescente com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ até 0,88%, seguido de um declínio dos valores dessas variáveis com o acréscimo de coagulante até 1% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Somente a acidez foi influenciada significativamente pelo pH, e a interação do pH com a goma guar teve efeito negativo significativo no rendimento em proteína. Nem a goma guar nem as outras interações das variáveis independentes tiveram influência significativa sobre as variáveis dependentes. Os ensaios escolhidos para a avaliação sensorial, pela composição físico-química e qualidade aparente que apresentaram, foram o ensaio com 0,88% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 0,05% goma guar e pH 4,3 (ensaio 6), e o ensaio com 0,63% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,02% goma guar e pH 4,2 (ensaio 11). As amostras diferiram significativamente somente no atributo 'textura', sendo o ensaio 6 mais aceito sensorialmente pelos provadores, caracterizando-se como a melhor formulação para o desenvolvimento da sobremesa de soja tipo *petit suisse*, dentro dos limites experimentais.

Palavras-chave: soja, tofu, queijo *petit suisse*, goma guar, coagulante sulfato de cálcio, proteína de soja, superfície de resposta.

ABSTRACT

Commercial products produced from soymilk in combination with fruit juices has been successful in the market, being an alternative protein source with functional benefits. However, protein content in these soybean associations is relatively low in the national market, about 0.6 to 3.0%. The present study was the development of a soy-based dessert with similar features of *petit suisse* cheeses, with higher soy-protein content than the products from soymilk in combination with fruit juices found actually in the Brazilian market, and with acceptable sensory characteristics by the consumer. The soy desserts were made from soymilk coagulation with calcium sulphate concentrations ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ranging from 0.25 to 1%, with addition of guar gum at 0.02 to 0.2% concentrations and pH correction (4.0 to 4.4) with lactic acid 85%. The effect of these variables ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, guar gum and pH) were evaluated on the physical and chemical composition, the calcium content, the protein recovery (yield in protein) and the firmness of the soy desserts obtained from the experimental trials. All variables were significantly influenced ($p \leq 0.05$) by the concentration of $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. The total solids and calcium content increased with increasing coagulant concentration. The protein and lipids content and the firmness, showed a strong relationship between them. The protein content and the firmness trend was toward an increase with increasing concentration of $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ up to 0.88%, followed by a decrease at 1% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Only the titrable acidity was affected by pH. The pH and guar gum interaction had significant negative effect on yield in protein. Neither guar gum nor any other interactions of the independent variables, had significant influence on the dependent variables. The tests chosen for the sensory evaluation, by the physico-chemical composition and better quality apparent, were the test with $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.05% guar gum and pH 4.3 (test 6), and the test with 0.63% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.02% guar gum and pH 4.2 (test 11). The samples showed difference only on the attribute of 'texture', with test 6 being the most accepted test for the sensory panelists, electing it as the best formulation for the development of soybean dessert like *petit suisse* cheese, within the experimental limits.

Keywords: soya dessert, tofu, *petit suisse* cheese, guar gum, calcium sulphate coagulant, soy protein, response surface.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) adquiriu grande importância econômica no mercado brasileiro por volta da década de 70, sendo a expansão de sua cultura beneficiada pelos trabalhos de adaptação, produtividade e resistência a pragas realizados por diferentes universidades e centros de pesquisas, e pela utilização do excedente proveniente da alimentação animal na extração de óleo para fins comestíveis (EMBRAPA SOJA, 2004).

Estudos recentes mostrando a relação entre dieta e saúde, somados ao crescente interesse de alguns indivíduos na alimentação saudável, têm levado a indústria alimentícia ao desenvolvimento de produtos cujas funções pretendem ir além do fornecimento de nutrientes básicos e da satisfação do paladar do consumidor. Esses produtos são conhecidos como “alimentos funcionais” e têm como principal função a redução do risco de doenças crônico-degenerativas.

Dentre os alimentos cujas alegações de saúde têm sido amplamente divulgadas pela mídia nos últimos anos destaca-se a soja, não somente em razão do seu valor nutricional com relação à qualidade de sua proteína, mas principalmente pelas suas propriedades químicas e nutricionais que a qualificam como um alimento funcional. Diversos estudos mostram que a soja pode ser utilizada de forma preventiva e terapêutica no tratamento de doenças cardiovasculares, câncer, osteoporose e sintomas da menopausa.

O extrato hidrossolúvel obtido a partir dos grãos de soja, conhecido como “leite de soja”, obteve, no passado, baixa aceitação no Brasil, basicamente devido ao sabor e aroma desagradáveis ao paladar dos consumidores brasileiros. Recentemente, a indústria nacional tem feito uso de novas tecnologias na obtenção do “leite de soja” para o mercado brasileiro, que apresenta melhor qualidade sensorial. Novos produtos comerciais à base de extrato hidrossolúvel em combinação com sucos de frutas têm obtido êxito no mercado, indicando que os consumidores podem estar mudando sua atitude em relação aos produtos à base de soja. No entanto, a quantidade de proteína de soja nessas associações é relativamente baixa, de 0,6 a 3,0%, limitada, em grande parte, pelas dificuldades tecnológicas para estabilização da bebida e aos atributos sensoriais negativos associados à soja.

O Brasil ocupa hoje o segundo lugar em produção mundial de soja, tornando essa cultura um dos principais produtos agrícolas de importância econômica e de maior crescimento nas últimas três décadas (EMBRAPA, 2009).

Em face ao elevado potencial de produção, baixo custo e alto valor nutricional da soja, esta vem se destacando como importante fonte proteica vegetal na alimentação humana, tornando necessário, portanto, o desenvolvimento de produtos à base de soja com maiores teores proteicos daqueles já existentes no mercado.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Desenvolvimento de uma sobremesa de soja tipo *petit suisse*, enriquecido com cálcio, a partir do tofu, um produto à base de soja não-fermentado e de alto teor proteico.

2.2. Objetivos Específicos

(i) Estudo do efeito de diferentes concentrações de sulfato de cálcio, goma guar e pH sobre as características físicas, químicas e reológicas do produto final;

(ii) Avaliação do rendimento proteico do produto final em relação ao teor de proteína inicial do extrato hidrossolúvel de soja;

(iii) Aceitação sensorial do produto final com concentração de sulfato de cálcio, goma guar e do pH selecionados, adicionados de sacarose, corante e aroma de fruta.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Soja: produção, mercado e características econômicas

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) chegou ao Brasil via Estados Unidos, em 1882. No entanto, até meados dos anos 50, não tinha a importância econômica de outras culturas como a cana-de-açúcar, algodão, milho, arroz, café, laranja e feijão (EMBRAPA SOJA, 2004).

Foi a partir da década de 60, impulsionada pela política de subsídios ao trigo, visando autossuficiência, que a soja se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil. Nessa década, a sua produção multiplicou-se por cinco (passou de 206 mil toneladas, em 1960, para 1,056 milhão de toneladas, em 1969) (EMBRAPA SOJA, 2004).

Apesar do significativo crescimento da produção no correr dos anos 60, foi na década seguinte que a soja se consolidou como a principal cultura do agronegócio brasileiro, passando de 1,5 milhões de toneladas (1970) para mais de 15 milhões de toneladas (1979). Esse crescimento se deveu, não apenas ao aumento da área cultivada (de 1,3 para 8,8 milhões de hectares), mas, também, ao expressivo incremento da produtividade (de 1,14 para 1,73t/ha) graças às novas tecnologias disponibilizadas aos produtores pela pesquisa brasileira. Mais de 80% do volume produzido na época ainda se concentrava nos três estados da Região Sul do Brasil (EMBRAPA SOJA, 2004).

O Brasil é hoje o segundo maior produtor mundial de soja. Na safra 2007/08, a cultura ocupou uma área de 21,3 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 60,0 milhões de toneladas. Os Estados Unidos, maior produtor mundial do grão, responderam pela produção de 72,9 milhões de toneladas de soja. A produtividade média da soja brasileira é de 2.816 kg por hectares, chegando a alcançar cerca de 3.000 kg/ha no estado de Mato Grosso, atual maior produtor brasileiro de soja (ABIOVE, 2009; EMBRAPA, 2009).

Cerca de 85% da soja mundial é processada ou “esmagada” anualmente, em farelo e óleo de soja. Apenas 2% do farelo que é esmagado, é processado em farinha e proteína de soja para uso como ingredientes alimentícios em alimentos infantis, alternativos cárneos e lácteos, suplementos nutricionais e barras energéticas. A maior parte do farelo (98%), posteriormente é processado em ração animal com a sobra utilizada para fabricação da farinha e proteína de soja. Aproximadamente 6% dos grãos de soja são destinados diretamente ao consumo humano, em sua maioria em países asiáticos (SOYATECH, 2009).

No Brasil, a soja é destinada principalmente ao processamento para produção de óleo e farelo (utilizado essencialmente para ração animal) e à exportação. Apenas cerca de 5% da produção é destinada ao consumo humano (EMBRAPA, 2009). Já nos países orientais, o destino da soja para alimentação humana é mais elevado, frente à tradição milenar de consumo de produtos a base de soja por esses países. Estima-se que os países orientais utilizam 95% de toda a soja destinada ao consumo humano no mundo (GOLBITZ & JORDAN, 2006).

3.2. Propriedades químicas e nutricionais da soja

O elevado potencial nutritivo, as características agronômicas favoráveis e a composição química da soja têm determinado sua importância econômica. A variedade e as condições climáticas e de cultivo da soja determinam seu conteúdo nutricional. Em média, o grão de soja contém 35 a 40% de proteínas, 15 a 20% de óleo, 30% de carboidratos, 10 a 13% de umidade e aproximadamente 5% de minerais e cinzas (GOMES, 1976; GOLBITZ & JORDAN, 2006).

Assim como as proteínas da maioria das leguminosas, a proteína da soja é limitante em aminoácidos sulfurados, como metionina, cisteína e treonina, mas contém lisina suficiente para suprir a deficiência desse aminoácido na alimentação a base de cereais. Isso torna a soja particularmente valiosa quando combinada com proteínas de cereais como o arroz por exemplo, pela complementação de lisina e metionina (SNYDER & KWON, 1987; LIU, 1999).

A proteína de soja é constituída principalmente de globulinas β -conglícinina e glicínina, classificadas como 7S e 11S, respectivamente, baseado no coeficiente de sedimentação, representando cerca de 70% do total de proteínas (SNYDER & KWON, 1987; LIU, 1999).

A soja tem grande potencial como alimento não somente pelo elevado teor protéico, mas também pelo alto conteúdo de lipídios, caracterizando-se como fonte energética, e ainda pela presença de determinadas vitaminas e minerais (GOLBITZ & JORDAN, 2006).

O óleo de soja é rico em ácidos graxos essenciais. Em média, 50% do óleo é constituído de ácido linoleico (C18:2), uma gordura poli-insaturada que ajuda a reduzir o colesterol abaixando os níveis de gordura no sangue. Além disso, o óleo de soja contém cerca de 8% de ácido linolênico (C18:3), ácido graxo ω -3, que acredita-se ser benéfico para diminuir os riscos de doenças cardíacas (LIU, 1999; CIABOTTI, 2004; GOLBITZ & JORDAN, 2006).

Apesar do grão de soja conter cerca de 30% (base úmida) de carboidratos, esses não possuem a importância econômica das proteínas e/ou lipídios. Os grãos maduros apresentam cerca de 10% de carboidratos solúveis, predominando os açúcares não-redutores sucrose (5%), rafinose (1%) e estaquiose (4%). Os oligossacarídeos rafinose e estaquiose não são digeridos no trato gastrointestinal humano, sendo utilizados como nutrientes por bactérias *Bífida* no intestino. Quando a bactéria quebra esses açúcares, um gás intestinal é formado como subproduto causando desconforto e flatulência em algumas pessoas (SNYDER & KWON, 1987; GOLBITZ & JORDAN, 2006). Esses oligossacarídeos (estaquiose e rafinose) são reduzidos com a maceração e cozimento dos grãos na fabricação do tofu, sendo eliminados no soro (CIABOTTI, 2004).

Suplementando a alta qualidade proteica e lipídica, os grãos de soja também são ricos em vitaminas, minerais e inúmeros fitoquímicos. Os componentes minerais mais presentes na soja são potássio, sódio, cálcio, magnésio, enxofre e fósforo. Dentre as vitaminas hidrossolúveis, destacam-se a tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico, biotina e ácido fólico. As principais vitaminas lipossolúveis presentes na soja são vitaminas A (β -caroteno) e E (tocoferol) (GOLBITZ & JORDAN, 2006).

Segundo a ANVISA (1998a), o termo “fonte de proteína” pode ser utilizado como informação nutricional complementar, quando for cumprido o mínimo de 10% da IDR de referência por 100 g para alimentos sólidos e mínimo de 5% da IDR de referência por 100 mL para alimentos líquidos. Os termos “high”, “rico”, “alto teor” ou “alto conteúdo” de proteína, podem ser utilizados com o cumprimento mínimo de 20% da IDR de referência por 100 g para alimentos sólidos e mínimo de 10% da IDR de referência por 100 mL para alimentos líquidos. A Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína é de 50g para adultos e de 24g para crianças de 4 a 6 anos (ANVISA, 1998b).

3.2.1. Soja como alimento funcional

Alimento funcional é definido como “o alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (ANVISA, 1999). A eficácia e segurança desses alimentos devem ser asseguradas por estudos científicos (SALGADO, 2007).

As propriedades funcionais associadas ao consumo de produtos contendo soja têm sido atribuídas principalmente aos fitoquímicos presentes nessa leguminosa, destacando-se os inibidores de proteases, fitatos, fitoesteróis, saponinas, ácidos fenólicos, lecitina, ácidos graxos insaturados (ω -3) e isoflavonóides. Há também relatos de efeitos benéficos à saúde, relacionados a outros compostos da soja como aminoácidos, fibras, lipídios e micronutrientes (MESSINA, 1999; ANDERSON, SMITH & WASHNOCK, 1999; FRIEDMAN & BRANDON, 2001).

As isoflavonas, também chamadas isoflavonoides, são compostos químicos fenólicos, pertencentes à classe dos fitoestrógenos e estão amplamente distribuídos no reino vegetal. As concentrações destes compostos são relativamente maiores nas leguminosas e, em particular, na soja, sendo que as principais isoflavonas encontradas na soja e seus derivados são a daidzeína, a genisteína e a gliciteína, as quais apresentam-se como várias formas de conjugados glicosídicos (β -glicosídios, malonil-glicosídios, acetil-glicosídios) e agliconas, dependendo da extensão do processamento ou fermentação (COWARD *et al.*,

1993; WANG & MURPHY, 1994). Sendo assim, a maior parte da proteína da soja que é utilizada pela indústria de alimentos contém isoflavonas em concentrações variadas (0,1 a 3,0 mg/g) (SETCHELL, 1998).

Estudos têm demonstrado que as isoflavonas possuem mecanismos gerais de ação que podem interferir no metabolismo de muitos nutrientes (ESTEVES & MONTEIRO, 2001). Um possível mecanismo de ação geral das isoflavonas inclui efeitos estrogênicos e antiestrogênicos devido à sua semelhança química estrutural com o estrógeno endógeno sintético, o que permite a interação com os receptores destes hormônios no organismo (MESSINA, 1999; SETCHELL, 1998). Outros mecanismos hipotéticos poderiam derivar de outras propriedades bioquímicas, tais como inibição da atividade enzimática e efeito antioxidante (BRANDI, 1997). Estudos em humanos, animais e sistemas de culturas de células sugerem que as isoflavonas, especificamente a genisteína e a daidzeína desempenham um papel importante na prevenção de doenças crônicas tais como, osteoporose, doenças cardiovasculares, câncer e diabetes (ESTEVES & MONTEIRO, 2001).

Coward *et al.* (1993) e Song *et al.* (1998) analisaram isoflavonas conjugadas β -glicosídeo e agliconas em diversos alimentos e ingredientes de soja. Seus estudos revelaram que os alimentos a base de soja possuem concentrações totais de isoflavonas bastante variáveis, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Concentração de isoflavonas em alimentos de soja (mg/g base seca).

Produto	Conjugada		Aglicona		Total
	Genistina	Daidzina	Genisteína	Daidzeína	
Extrato	1,680 $\pm$ 0,060	1,337 $\pm$ 0,087	0,098 $\pm$ 0,002	0,141 $\pm$ 0,019	3,256 $\pm$ 0,168
Tofu ^a	1,215 $\pm$ 0,137	0,591 $\pm$ 0,046	0,151 $\pm$ 0,006	0,077 $\pm$ 0,005	2,031 $\pm$ 0,171
Tofu ^b	2,087 $\pm$ 0,030	1,513 $\pm$ 0,019	0,116 $\pm$ 0,004	0,113 $\pm$ 0,000	3,827 $\pm$ 0,045
Tempeh	0,296 $\pm$ 0,063	0,103 $\pm$ 0,029	0,434 $\pm$ 0,005	0,298 $\pm$ 0,009	1,130 $\pm$ 0,096
Miso	0,064 $\pm$ 0,007	0,054 $\pm$ 0,038	0,745 $\pm$ 0,068	0,516 $\pm$ 0,036	1,379 $\pm$ 0,149
Shoyu	nd	nd	0,036 $\pm$ 0,014	0,054 $\pm$ 0,013	0,090 $\pm$ 0,026

^aTree of life tofu ; ^bMori-Nu tofu

nd = não detectado. Valores representam a média $\pm$ desvio padrão de análises em triplicata.

Fonte: Coward *et al.* (1993) adaptado

A variedade da soja, a metodologia de processamento e a adição de outros componentes afetam significativamente a retenção e distribuição dos isômeros de isoflavona em produtos de soja.

Wang & Murphy (1996) realizaram um estudo do balanço de massa desses fitoquímicos durante o processamento de proteína isolada de soja (PIS), extrato hidrossolúvel, tofu e tempeh. Nesse estudo, os conteúdos de cada isômero individual assim como isoflavonas totais foram monitorados após cada etapa do processamento no preparo da PIS, EHS, tofu e tempeh, e revelaram que as etapas do processamento que causam perdas significativas ($p \leq 0,05$) de isoflavonas são a coagulação (44%) no processamento de tofu, embebição (12%) e aquecimento (49%) na produção de tempeh, e extração alcalina (53%) no preparo de PIS. A Tabela 2 mostra o conteúdo de isoflavonas no processamento do tofu.

Tabela 2. Peso do tofu obtido e conteúdo^a de isoflavonas (base seca) no processamento de extrato hidrossolúvel de soja e tofu.

Etapa	Peso (Kg)	Daidzeína total (mg)	Genisteína total (mg)	Gliciteína total (mg)	Isoflavonas totais (mg)
Soja crua	0,6	59,3 ± 20,0 a	124,0 ± 35,0 a	33,9 ± 7,7 ab	217,2 ± 63,0 a
Soja macerada	1,3	54,2 ± 31,0 ab	114,7 ± 47,0 a	27,8 ± 4,1 b	196,8 ± 82,0 a
Pasta cozida	6	67,9 ± 17,0 a	121,6 ± 22,0 a	37,7 ± 2,7 a	227,2 ± 41,0 a
Extrato (EHS)	5,6	63,6 ± 12,0 a	103,7 ± 16,0 a	27,6 ± 1,9 b	194,8 ± 30,0 a
Okara	0,7	4,1 ± 0,8 d	14,0 ± 0,6 bc	7,8 ± 2,1 c	25,9 ± 0,7 bc
Tofu	1,4	16,0 ± 1,5 cd	40,2 ± 3,4 b	14,6 ± 2,9 c	70,8 ± 4,7 b
Soro	5,1	35,9 ± 1,3 bc	50,4 ± 1,8 b	9,1 ± 0,1 c	95,4 ± 3,2 b

^aPara estimar os valores totais das isoflavonas, as formas glicosídicas e agliconas foram normalizadas pela diferença de seus pesos moleculares e somados.

Valores representam a média ± desvio padrão. Valores com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$).

Fonte: Wang & Murphy (1996) adaptado.

Prabhakaran, Perera & Valiyaveetil (2006) analisando os efeitos de diferentes coagulantes nos teores de isoflavonas em tofu firme verificaram que o sulfato de cálcio, na concentração de 0,4%, demonstrou ser o melhor coagulante na retenção de isoflavonas (Tabela 3).

Tabela 3. Rendimento e concentração de isoflavonas em tofu preparado com diferentes coagulantes (0,4% m/m).

Coagulante	Tofu obtido (g) ^a	Rendimento (%)	Isoflavonas em tofu (µg/g) base seca ^b
Sulfato de cálcio	232,49	46,5	1424,00 ± 0,67
Cloreto de cálcio	209,99	42,0	1395,85 ± 241
Sulfato de magnésio	234,49	46,9	1282,16 ± 1,21
Cloreto de magnésio	219,27	43,9	1279,54 ± 1,11
Acetato de cálcio	192,75	38,6	1285,30 ± 3,98
Lactato de cálcio	232,20	46,4	1292,36 ± 4,20

^aPeso do tofu obtido a partir de 500 g de extrato hidrossolúvel

^bValores representam a média ± desvio padrão

Fonte: Prabhakaran, Perera & Valiyaveetil (2006) adaptado

3.2.2. Compostos antinutricionais da soja

O sabor intenso da soja é o principal fator limitante ao consumo de produtos dessa leguminosa, desagradável ao paladar ocidental. Segundo Goossens (1974), o sabor característico de “feijão cru” deve-se aos compostos voláteis de baixo peso molecular, resultantes da ação catalítica da enzima lipoxigenase na oxidação de ácidos graxos insaturados, especialmente linoleico e linolênico. O amargor e a adstringência estão relacionados a compostos não voláteis como as isoflavonas, especialmente na forma aglicona, e as saponinas (KWOK & NIRANJAN, 1995; HUANG, HSIEH & CHANG, 1982).

A temperatura da pasta de soja (água + soja triturada) tem grande efeito na formação dos voláteis (cetonas, aldeídos e alcoóis). À medida que se aumenta a temperatura da água, o número e o volume dos voláteis diminuem. Quando os grãos de soja são aquecidos a 80°C ou mais para formação da pasta, praticamente não há formação de voláteis. É fundamental que a inativação térmica das enzimas seja realizada concomitantemente à trituração da soja com água aquecida, pois o simples aquecimento após a trituração a frio não repara os danos no flavor causados pela formação dos voláteis durante e logo após a trituração da soja a frio (LIU, 1999).

O tratamento térmico da soja também tem por finalidade eliminar e/ou reduzir a atividade dos fatores antinutricionais (LIENER, 1994).

Os principais fatores antinutricionais da soja são: antitripsina, um inibidor da tripsina, que provoca a queda da eficiência digestiva de proteína; hemaglutinina, ou lecitina, glicoproteína que promove a aglutinação dos glóbulos vermelhos do sangue de várias espécies animais, inclusive do homem; e agente bocígeno, inibe a incorporação do iodo à glândula tireóide e posterior formação do hormônio, causando o bócio (ANTUNES & SGARBIERI, 1981, LIENER, 1994).

Antunes (1974) comparou o tratamento térmico em água fervente (97°C) dos grãos de soja não macerados, macerados por 12 horas a temperatura ambiente e macerados por 12 horas e descorticados, e concluiu que a maceração e desintegração dos grãos reduzem o tempo de tratamento térmico. Nos grãos macerados e descorticados, foram necessários 10 minutos de tratamento em água fervente (97°C) para total inativação do fator antitripsina e hemaglutinina. Quando o tratamento é realizado com grãos sem maceração prévia, são necessários 30 minutos para essa inativação.

Albretcht, Mustakas & McGhee (1966) relataram em seus estudos que os grãos de soja macerados em água de um dia para o outro, quando imersos em água fervente (branqueamento) por 5 a 7 minutos, retém alto índice de nitrogênio solúvel (INS) e inativa praticamente 100% dos inibidores de tripsina (correlacionados no estudo pela atividade da enzima urease).

3.3. Extrato hidrossolúvel de soja

O extrato hidrossolúvel de soja (EHS), conhecido popularmente como “leite de soja” é um dos derivados não fermentados obtido a partir dos grãos da leguminosa, sendo amplamente consumido na China e países orientais. É uma solução coloidal obtida da extração aquosa dos grãos de soja hidratados, e por essa razão, a maioria dos componentes dos grãos (proteínas, lipídios e carboidratos) estão também presentes no extrato (GUO, ONO & MIKAMI, 1997).

Os processos de obtenção do EHS a partir dos grãos de soja consistem basicamente em operações preliminares de seleção e lavagem dos grãos, maceração em água, retirada da casca, desintegração, aquecimento e separação do resíduo (LIU, 1999).

Diversas tecnologias de extração do EHS têm sido desenvolvidas ao longo dos anos. O equipamento cognominado “vaca mecânica” desenvolvido pelo professor da Unicamp, Roberto H. Moretti, consiste em um processo simples, de escala semi-industrial capaz de produzir 200 litros de EHS por hora. A soja previamente macerada é triturada em água fervente e então centrifugada para separar a parte líquida (EHS) da sólida (‘okara’, que pode ser utilizada para a produção de carne vegetal). O EHS é então submetido a um tratamento térmico para destruição dos fatores antinutricionais (MORETTI & GUTIERREZ, 1981; LACTOSOJA, 2008). Em 2002, o equipamento foi aperfeiçoado com a incorporação de um sistema desodorizador a fim de melhorar as características sensoriais do EHS (MORAES *et al.*, 2006).

A composição química e o rendimento do EHS variam em função da variedade da soja, do tempo e condições de armazenamento dos grãos, do teor inicial de umidade e dos procedimentos de extração, incluindo a espessura da massa moída, a proporção soja:água do processamento e a temperatura de extração (BOURNE, CLEMENTE & BANZON , 1976; CAI & CHANG, 1998).

O EHS é alvo de grande atenção por parte de pesquisadores e industriais, devido às suas qualidades como alimento de alto valor nutritivo e às suas atrativas possibilidades, que se devem ao baixo custo de produção (ZANGELMI *et al.*, 1982).

A composição nutricional do EHS é qualitativamente comparada a do leite bovino. Contém maiores teores de proteína, ferro, ácidos graxos insaturados e niacina, porém, menores teores de lipídios, carboidratos e cálcio. É bom substituto de fonte proteica aos indivíduos com intolerância à lactose e por ser de origem vegetal, não contém colesterol. Apesar de conter somente 15% de cálcio em relação ao leite de vaca, este pode ser facilmente adicionado (LIU, 1999).

Em média, 100g de EHS apresenta 90-94g de umidade, 2,0-3,5g de proteínas, 0,3-3,0g de lipídios, 0,4-3,0g de carboidratos, 0,5-1,2% cinzas; 15-70mg de cálcio, 30-105mg de fósforo, 1,2-3,0mg de ferro, 0,03-0,04mg de tiamina (vitamina B1), 0,02-0,12mg de riboflavina (vitamina B2) e 0,1-0,5mg de niacina (CHAUHAN, SINGH & TOMAR, 1998a; RODRIGUES, 2003; MIN, YU & MARTIN, 2005).

3.4. Produtos a base de soja enriquecidos e adicionados de frutas

As tecnologias disponíveis para melhorar as características sensoriais do extrato de soja têm alcançado resultados bastante positivos. Entretanto, sua melhor aceitação pelos consumidores, especialmente na forma pura, ainda é limitada, visto que os extratos de soja “naturais” prontos para consumo, disponíveis no mercado, adicionam invariavelmente ingredientes que conferem doçura e/ou aromatizantes com o intuito de mascarar o sabor característico da soja (RODRIGUES, 2003).

Segundo a ANVISA (1998c), considera-se alimento fortificado/enriquecido ou simplesmente adicionado de nutrientes, todo alimento ao qual for adicionado um ou mais nutrientes essenciais contidos naturalmente ou não no alimento, com o objetivo de reforçar o seu valor nutritivo e/ou prevenir ou corrigir deficiência(s) demonstrada(s) em um ou mais nutrientes, na alimentação da população ou em grupos específicos da mesma.

Diversos trabalhos têm relatado uma boa aceitação de produtos a base de soja enriquecidos e/ou adicionados de aroma de frutas.

Chauhan, Lal & Joshi (1998b) analisaram a aceitação de bebidas com diferentes combinações de polpa de manga com isolado proteico de soja e verificaram maior aceitação quando na proporção 60:40 (polpa de manga: isolado proteico).

Santana *et al.* (2006) determinaram o perfil sensorial de iogurte *light* comercial sabor pêssego e verificaram que a proteína de soja contida na versão do produto “adicionado de proteína de soja” não interferiu na aceitação do consumidor.

Umbelino *et al.* (2001) em seus estudos para verificarem a viabilidade de enriquecimento do “iogurte” de soja, sem que isso provocasse alterações em suas propriedades sensoriais e tecnológicas, obtiveram resultados positivos em relação à aceitação de “iogurte” de soja enriquecidos com cálcio em suas diversas formas, que, apesar de provocarem alterações na acidez titulável, viscosidade e consistência, não conferiram propriedades sensoriais indesejáveis ao produto.

Rodrigues (2003) obteve êxito na formulação de uma bebida funcional à base de extrato de soja e polpa de pêssegos, tanto sensorialmente quanto funcionalmente. A bebida formulada que obteve a maior aceitabilidade sensorial, formulada com extrato de soja contendo 2% de proteína, polpa de pêssegos, 10% de açúcar e 0,14% de estabilizante, influenciou de forma significativa os níveis séricos de colesterol total, HDL-colesterol, triglicerídeos e glicose em coelhos no período de 225 dias.

3.5. Tofu

O “queijo” obtido a partir da adição de coagulantes ao extrato hidrossolúvel de soja (leite de soja) possui várias denominações de acordo com cada país, Tofu (Japão), Tou-Fu (China), Doo Bu (Coreia), Tahu ou Tau Foo (Indonésia e Malásia) e Tokua (Filipinas) (SNYDER & KWON, 1987). No presente trabalho, para denominação do coagulado proteico de soja, conhecido popularmente como ‘queijo de soja’, será utilizado a terminologia “Tofu”.

O tofu é um dos produtos da soja mais populares, particularmente no Japão. É uma massa branca, macia e gelatinosa obtida a partir do EHS e que apresenta boa retenção de água. É favorecido pela sua versatilidade, sabor suave, e bom valor nutritivo. É processado naturalmente e, como resultado, retém boa parte dos nutrientes e fitoquímicos da soja, como as isoflavonas (GOLBITZ & JORDAN, 2006 ; SNYDER & KWON, 1987).

A qualidade e o rendimento do tofu variam conforme a cultivar utilizada e suas condições de plantio (BOURNE, CLEMENTE & BANZON, 1976; LIM *et al.*, 1990; MIN, YU & MARTIN, 2005), as condições do processamento, como temperatura (SAIO, 1979;

WANG & HESSELTINE, 1982; BEDDOWS & WONG, 1987a), tipo e concentração de coagulante (LIU & CHANG, 2004; CHENG, SHIMIZU & KIMURA, 2005; OBATOLU, 2008), tempo e velocidade de agitação na coagulação (HOU, CHANG & SHIH, 1997; CAI & CHANG, 1998); e peso da prensagem (BEDDOWS & WONG, 1987b).

A formação do gel de tofu consiste em basicamente duas etapas: desnaturação das proteínas e coagulação hidrofóbica. Primeiramente, as regiões hidrofóbicas das moléculas de proteína na forma nativa localizadas na parte interior são expostos ao exterior pela desnaturação térmica. Uma vez que a proteína de soja desnaturada está carregada negativamente, quando o coagulante sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é adicionado, os íons Ca^{2+} induzem a formação de prótons, neutralizando a carga elétrica da proteína e reduzindo a repulsão eletrostática na segunda etapa. Como resultado, a interação hidrofóbica das moléculas de proteína neutralizadas torna-se mais intensa, induzindo a agregação. Considera-se que os géis são formados por agregação aleatória e tornam-se turvos a medida que se aproximam do ponto isoelétrico (KOHYAMA, SANO & DOI, 1995; KAO, SU & LEE, 2003).

Cai & Chang (1998) verificaram que o rendimento e a qualidade do tofu são influenciados pela cultivar da soja, pelo tamanho da hélice do agitador, pelo tempo de agitação e pela concentração do coagulante. Segundo os autores, a agitação com hélice maior (4 x 7 cm) reduz significativamente ($p \leq 0,05$) a quantidade de coagulante utilizado e o tempo de coagulação, quando comparado a de menor hélice (3 x 5 cm), baseado em tofus similares no rendimento, conteúdo de proteína e textura. A influência das cultivares sobre a qualidade do tofu é evidenciada quando os autores comparam os tofus produzidos a partir da cultivar Proto com os da cultivar Vinton. Sulfato de cálcio na concentração de 19,2 mM em EHS e agitação por 10 segundos com a hélice maior produziu o tofu da cultivar Proto com o melhor rendimento e qualidade sensorial, no entanto, as mesmas condições produziram o tofu Vinton de pior qualidade sensorial.

Hou, Chang & Shih (1997) estudando dois tipos de coagulantes (sulfato de cálcio e nigari modificado), três velocidades de homogeneização (137, 207 e 285 rpm) e 6 tempos de homogeneização após a adição do coagulante (5, 10, 15, 20, 25 e 30 segundos), relataram que, em geral, o tofu produzido a 285 rpm apresentou menor rendimento porém

melhores propriedades de textura comparado ao tofu produzido a 207 rpm. O mesmo ocorreu com o tofu de sulfato de cálcio quando comparado ao de nigari modificado (menor rendimento e melhor textura). O tempo de homogeneização após a adição do coagulante não deve ultrapassar 25 segundos pois há perda no rendimento e na textura.

Beddows & Wong (1987b) relataram ser crítica a velocidade de agitação do homogeneizador durante a adição do coagulante, e consideraram a velocidade 240-280 rpm ótima para retenção das proteínas, rendimento total e textura. No mesmo trabalho, os autores estudaram a pressão (0-10 g/cm²) na filtração do tofu, e consideraram a pressão de filtração ótima de 4-6 g/cm².

Em média, a composição química do tofu consiste em 84,9% de umidade, 7,8% de proteínas, 4,3% de lipídios, 2,9% de carboidrato solúvel, 0,6% de cinzas e 0% de fibras (SHURTLEFF & AOYAGI, 1998).

3.6. Queijo *petit suisse*

Segundo o regulamento técnico de identidade e qualidade de queijo “petit suisse” (BRASIL, 2001), o queijo *petit suisse* é definido como “o queijo fresco, não maturado, obtido por coagulação do leite com coalho e/ou de enzimas específicas e/ou de bactérias específicas, adicionado ou não de outras substâncias alimentícias”. É classificado como um queijo de altíssima umidade, ou seja, com umidade não inferior a 55% (BRASIL, 1996).

3.7. Sulfato de cálcio (CaSO₄. H₂O)

O sulfato de cálcio (CaSO₄.2H₂O) é o coagulante mais utilizado e também o mais antigo. Por volta de 2000 anos atrás, produtores de tofu no interior da China começaram a coletar das montanhas, uma pedra branca, translúcida e cristalina chamada gypsum, uma forma di-hidratada do sulfato de cálcio. Esta era aquecida e esmagada antes de ser utilizada como coagulante. A prática ainda é popular em alguns lugares da China hoje em dia (LIU, 1999).

A coagulação é a etapa mais importante na produção do tofu. Os coagulantes comumente utilizados são sulfato ou cloreto de cálcio, “nigari”, glucono- δ -lactona (GDL), ácido cítrico ou acético e combinações (SNYDER & KWON, 1987).

Em geral, cada tipo de coagulante possui vantagens e desvantagens. O sulfato de cálcio é o coagulante escolhido pela maioria dos produtores de tofu. Pode ser utilizado na fabricação de qualquer tipo de tofu – “silken”, firme e extra-firme. Quando comparado ao nigari, o sulfato de cálcio, devido à forte habilidade de incorporar água ao tofu, fornece maior rendimento no volume do tofu, entretanto seu flavor é ligeiramente inferior. Quando misturado à água o sulfato de cálcio forma uma suspensão instável devido a sua solubilidade limitada, o que dificulta sua incorporação homogênea ao EHS, resultando em um tofu de menor consistência. Além disso, a reatividade (ou potencial de coagulação) do sulfato de cálcio diminui gradativamente durante o armazenamento, particularmente na presença de umidade. Assim, durante a preparação do tofu, o sulfato de cálcio deve ser misturado à água somente no momento da utilização (LIU, 1999).

Prabhakaran, Perera & Valiyaveetil (2006) analisaram o efeito de diferentes coagulantes nas propriedades físicas e no teor de isoflavonas do tofu firme e verificaram que o sulfato de cálcio apresentou ser o melhor coagulante em termos de rendimento, maior retenção de isoflavonas e obtenção de tofu de textura firme.

Beddows & Wong (1987b) trabalharam com concentrações finais de 7 a 14 mM de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,48-0,96% sobre o EHS) para produção de silken tofu e sugeriram a concentração de 9-10 mM (0,62-0,69% sobre o EHS) de coagulante pelo melhor rendimento em proteína e alta qualidade na textura.

Wang & Hesseltine (1982) estudando as condições de coagulação no processamento do tofu, como o tipo (sulfatos e cloretos de cálcio e magnésio), concentração (0,01 - 0,08M) e temperatura (60 - 80°C) da solução coagulante utilizada, observaram que o sulfato de cálcio foi o melhor coagulante para produção do tofu de maior volume, retenção de proteína (nitrogênio total) e textura firme, sendo que para obtenção de uma textura mais homogênea, o coagulante deve ser adicionado em suspensão (10% do volume do EHS) a 70°C e na concentração final de sal no EHS de 0,02M.

3.8. Goma guar

A goma guar é extraída do endosperma das sementes de *Cyamopsis tetragonolobus*, cultivada na Índia e Paquistão. É formada por cadeias lineares de unidades de D-manopiranosil ligadas entre si através de ligações β -1,4 e unidades de D-galactopiranosil, ligadas entre si por ligações α -1,6 (GOLDSTEIN, ALTER & SEAMAN, 1973). A estrutura molecular está representada na Figura 1.

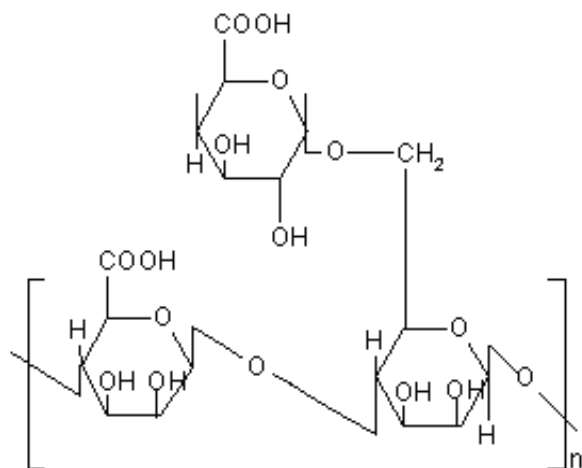


Figura 1. Estrutura química da goma guar (MAIER *et al.*, 1993).

A propriedade mais importante da goma guar é sua capacidade de hidratar rapidamente em água fria, obtendo-se desse modo uma viscosidade muito alta, apresentando de 5 a 8 vezes o poder espessante do amido (FRIAS, 1996). Na tabela 4 podem ser observadas as viscosidades de soluções de gomas a 1%.

Tabela 4. Viscosidades de soluções hidratadas de gomas 1% após 24 horas de hidratação a 25°C.

Gomas	Cps^a
Goma arábica	50
Goma "Locust bean"	100
Metilcelulose	150
Goma tragacanta	200
Carragena	300
Sódio carboximetilcelulose	1200
Goma karaia	1500
Alginato de sódio	2000
Goma guar	4200

^aCentipoises - medidos em viscosímetro Brookfield Synchro-Lectric a 20 rpm

Fonte: Goldstein, Alter & Seaman. (1973) traduzido

Além da propriedade espessante, a goma guar tem sido associada, em diversos estudos, à prevenção de certas moléstias como o diabetes, a hipercolesterolemia e a obesidade, quando consumidas em doses específicas (FRIAS, 1996).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), regulamenta para queijo *petit suisse*, a concentração máxima de goma guar no produto final, de 0,5% (BRASIL, 2001).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Matéria-prima

O extrato hidrossolúvel de soja (EHS), fornecido pela Prefeitura de Nova Odessa-SP foi extraído por equipamento conhecido como “vaca mecânica” pelo seguinte procedimento:

Após a maceração por um dia em água à temperatura ambiente, os grãos de soja (variedade desconhecida pela Prefeitura de Nova Odessa) foram imersos em água a 100°C por 5 minutos para inativação de enzimas e redução da atividade da enzima lipoxigenase, e em seguida triturados continuamente com água a 90°C (redução da formação de compostos voláteis) na proporção de 8:1 (água:soja) em triturador ligado a uma centrífuga para separação do extrato hidrossolúvel do resíduo (“okara”). O EHS permaneceu por 10 minutos a 100° C para assegurar a inativação dos fatores antinutricionais.

O EHS puro, recebido da Prefeitura de Nova Odessa foi pasteurizado em tanque encamisado elétrico a 70°C por 2 minutos seguido de resfriamento e posterior congelamento.

O fluxograma para obtenção do EHS é apresentado na Figura 2.

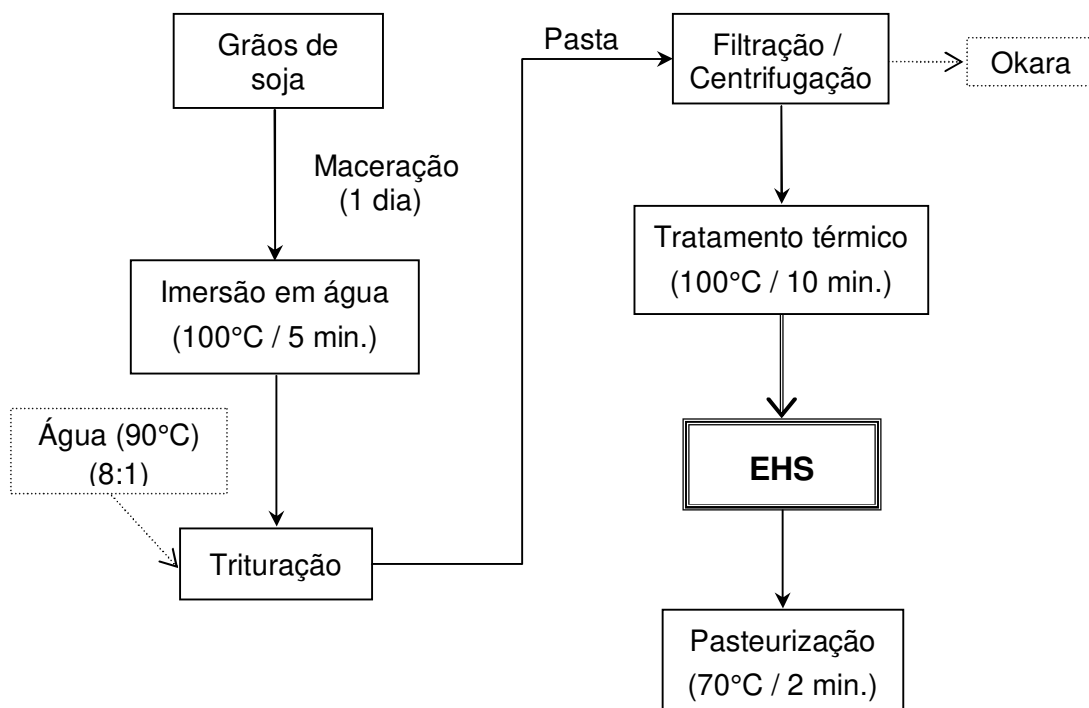


Figura 2. Fluxograma da obtenção do extrato hidrossolúvel de soja (EHS).

4.2. Elaboração do tofu rico em cálcio

No momento do processamento, cada alíquota de 2000 mL do EHS descongelado e homogeneizado foi acondicionada em béquer de 4000 mL e aquecida à 75°C em forno micro-ondas. Foram adicionadas ao EHS concentrações de 0,25, 0,38, 0,63, 0,88 e 1% de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ p.a. (Synth) sobre o volume do extrato, previamente diluídos em 100 mL de água destilada, no tempo máximo de 30 segundos, sob agitação com tripla hélice (2,5 x 3 cm) a 300 rpm. Após a adição total da solução coagulante, o extrato permaneceu sob agitação por 5 segundos. A mistura ficou em repouso para coagulação por 20 minutos sendo então transferida para fôrmas de queijo (154 cm de diâmetro x 92 cm de altura interna) com dessorador, onde permaneceu em repouso por 30 minutos para formação do tofu. Em seguida, o tofu foi prensado (força aplicada de aproximadamente $1,8 \text{ g/cm}^2$) por 30 minutos para remoção parcial do soro.

4.3. Elaboração da sobremesa a base de soja tipo *petit suisse*

Após a prensagem, o tofu foi pesado e, sobre seu peso, acrescentaram-se diferentes concentrações de goma guar (0,02, 0,05, 0,1, 0,15 e 0,20%), estabelecidas no planejamento experimental. Para assegurar a inativação do desenvolvimento de esporos de *Clostridium botulinum*, o alimento deve ter pH abaixo de 4,3, assim, para baixar o pH do produto aos níveis determinados conforme o delineamento experimental (4,0, 4,1, 4,2, 4,3 e 4,4), foi utilizado ácido láctico 85%, pois é um ácido que fornece ao produto acidez sensorial semelhante à do iogurte. Ao produto final foi acrescentado 10% de sacarose comercial. O produto final, denominado ‘sobremesa de soja tipo *petit suisse*’ foi associado ao queijo *petit suisse* convencional, elaborado com leite de vaca, por apresentar processo de fabricação semelhante (coagulação baseada em precipitação proteica) e estar dentro dos padrões de classificação regulamentares para esse queijo (teor de umidade e teor proteico).

O fluxograma para obtenção da sobremesa de soja é apresentado na Figura 3.

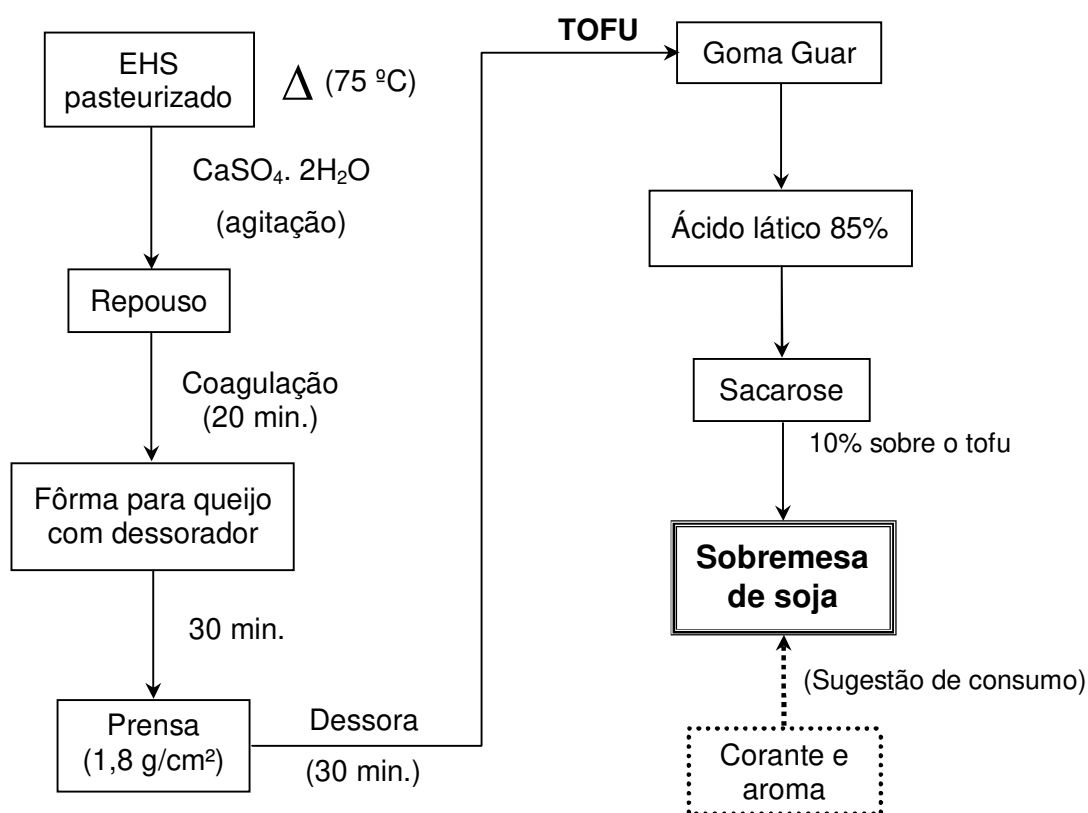


Figura 3. Fluxograma do procedimento para obtenção da sobremesa de soja.

As condições fixadas no processamento do tofu e da sobremesa de soja, como a temperatura de aquecimento do EHS, a velocidade de agitação do homegeneizador durante a adição do coagulante, os tempos de coagulação, dessora e prensa, assim como a determinação dos limites de concentração das variáveis independentes, foram estabelecidas de acordo com testes preliminares.

4.4. Determinação Analítica

4.4.1. Caracterização física e química do EHS e dos produtos

As determinações físico-químicas do extrato hidrossolúvel e dos produtos de soja foram realizadas em triplicata, conforme as seguintes metodologias:

pH: determinado utilizando peagâmetro devidamente calibrado, introduzindo-se o eletrodo diretamente na amostra;

Acidez titulável: determinada através da titulação com hidróxido de sódio 0,1N em presença de solução indicadora fenolftaleína, e os resultados expressos em % de ácido láctico de acordo com AOAC 947.05 (1995);

Proteína total: determinada pelo método micro- Kjeldahl, de acordo com AOAC 991.20 (1995), utilizando o fator de conversão de nitrogênio para proteína igual a 6,38;

Lipídios: determinada pelo método de Bligh & Dyer (1959);

Sólidos Totais (ST) e umidade: determinados por secagem em estufa a 105°C de acordo com AOAC 925.23 (1995). A umidade foi expressa por diferença (umidade = 100 – sólidos totais);

Cinzas: determinada gravimetricamente por incineração em mufla a 550°C, de acordo com AOAC 945.46 (1995).

4.4.2. Textura instrumental (firmeza)

A textura instrumental das sobremesas de soja foi determinada por força compressão em texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems), utilizando-se probe cilíndrico de acrílico com 25 mm de diâmetro, força de 0,98 N, velocidade de penetração do probe de 2 mm/s e distância de penetração de 5 mm. As amostras, acondicionadas em recipientes de *petit suisse* comercial em formato cilíndrico, com 30 mm de diâmetro na base inferior, 40 mm de diâmetro na base superior e altura de 40 mm, foram armazenadas sob refrigeração a $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 48 horas, sendo retiradas do refrigerador no momento da análise. A força máxima aplicada para penetrar 5 mm do produto na embalagem foi considerada a firmeza do produto, sendo determinada em compressão única, e os resultados expressos pela média de sete análises, em Newtons (N).

4.4.3. Rendimento em proteína

O rendimento em proteína foi expresso pela determinação da recuperação de proteína, calculada conforme equação a seguir.

$$R (\%) = \frac{\%P_{\text{produto}} \cdot M_{\text{produto}}}{\%P_{\text{EHS}} \cdot M_{\text{EHS}}} \cdot 100$$

Onde:

%P: porcentagem de proteína do *produto* ou do *EHS*;

M: massa (g) do *produto* ou do *EHS*

4.4.4. Determinação de cálcio

Para a determinação de cálcio, o material foi dessecado, retomado em ácido nítrico 4% e analisado por espectrofotometria de absorção atômica em espectrofotômetro Perkin Elmer modelo 3110 por atomização em chama, com comprimento de onda de 422,7, conforme recomendação do manual do equipamento. A calibração foi construída por múltipla adição no intervalo de 0 a 600mg/L, utilizando padrão de cálcio. A ionização foi

corrigida com adição de cloreto de lantânio na concentração final de 0,2%, conforme metodologia descrita por Umbelino *et al.* (2001) As determinações de teor de cálcio na amostra foram realizadas em triplicata.

4.5. Análise Sensorial

Os produtos que ao final de todo o experimento apresentaram melhores características físico-químicas, textura e estabilidade aparente (ensaios 6 e 11), foram acrescidas de 4% de preparado de frutas sabor frutas vermelhas (Ritter) e mais 5% de sacarose comercial (totalizando 15% de sacarose), sendo avaliados sensorialmente após 24 horas de armazenamento refrigerado ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$) através do método afetivo de aceitação, por 50 provadores não-treinados, de ambos os sexos, pertencentes à comunidade acadêmica da Universidade Estadual de Campinas. Os provadores manifestaram sua opinião considerando-se os atributos aroma, sabor, textura, aparência e impressão global utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de 1= desgostei muitíssimo a 9= gostei muitíssimo (Anexo I). As amostras foram servidas à temperatura de $6 \pm 2^{\circ}\text{C}$, em copos plásticos devidamente codificados (3 algarismos) e apresentadas aos provadores de forma randomizada.

A intenção de compra de cada consumidor com relação a cada amostra também foi levantada utilizando procedimento descrito em Meilgaard, Civillie e Carr (1999) (Anexo I).

O projeto de avaliação sensorial foi submetido e aprovado (CAAE: 0121.0.146.000-09) pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP.

Os resultados foram avaliados através de análise de variância (ANOVA) e testes de médias de Tukey ($p \leq 0,05$) com auxílio do programa estatístico SAS (1999).

4.6. Delineamento Experimental

Para avaliar a influência das concentrações de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, goma guar e do pH sobre o rendimento em proteína, teor de cálcio, firmeza e composição centesimal das

sobremesas de soja, foi realizado um planejamento fatorial completo 2^3 , ou seja, 3 fatores (variáveis), todos com 2 níveis (+1) e (-1), através do delineamento composto central rotacional (DCCR), baseado na metodologia de superfície de resposta (BARROS NETO, SCARMINO & BRUNS, 2002).

Foram utilizados dois níveis de variáveis axiais, codificados como $-\alpha$ e $+\alpha$, sendo definido por:

$$\pm\alpha = (F)^{1/4} = (2^K)^{1/4} = \pm 1,681$$

Onde:

α : variável axial codificada;

F : número fatorial do delineamento ($F = 2^K$);

K : número de variáveis independentes ($K = 3$).

Para verificação da reprodutibilidade dos resultados, foram realizados 3 ensaios no ponto central.

Assim, determinaram-se os valores reais das variáveis independentes, apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Valores reais utilizados do DCCR para três fatores

Variáveis	-1,68	-1	0	+1	+1,68
CaSO ₄ (%)	0,25	0,38	0,63	0,88	1,00
Goma guar (%)	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20
pH	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4

Foram então realizados 17 tratamentos, sendo oito fatoriais (combinações dos níveis -1 e +1), quatro axiais ($-\alpha$ e $+\alpha$) e três repetições no ponto central (0).

Os níveis codificados e decodificados das variáveis independentes e o planejamento dos 17 ensaios experimentais estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. DCCR para elaboração da sobremesa de soja com cálcio e alto valor proteico, em níveis codificados e decodificados.

Ensaio	Níveis codificados			Níveis decodificados		
	X ₁	X ₂	X ₃	CaSO ₄ (%)	Guar (%)	pH
1	-1	-1	-1	0,38	0,05	4,1
2	+1	-1	-1	0,88	0,05	4,1
3	-1	+1	-1	0,38	0,15	4,1
4	+1	+1	-1	0,88	0,15	4,1
5	-1	-1	+1	0,38	0,05	4,3
6	+1	-1	+1	0,88	0,05	4,3
7	-1	+1	+1	0,38	0,15	4,3
8	+1	+1	+1	0,88	0,15	4,3
9	- α	0	0	0,25	0,10	4,2
10	+ α	0	0	1,00	0,10	4,2
11	0	- α	0	0,63	0,02	4,2
12	0	+ α	0	0,63	0,20	4,2
13	0	0	- α	0,63	0,10	4,0
14	0	0	+ α	0,63	0,10	4,4
15 (C)	0	0	0	0,63	0,10	4,2
16 (C)	0	0	0	0,63	0,10	4,2
17 (C)	0	0	0	0,63	0,10	4,2

$\pm\alpha$: pontos axiais
(C): pontos centrais

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e analisados segundo a Metodologia de Superfície de Resposta, utilizando-se o programa Statistica, versão 5.0 (STATISTICA, 1995). Para comparação das médias dos resultados das amostras, aplicou-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o produto em desenvolvimento é a base de tofu, e não foi encontrado produto semelhante na literatura, os resultados e tendência dos ensaios experimentais foram relacionados, quando pertinente, a trabalhos desenvolvidos com tofu e/ou com o efeito de coagulantes na solubilidade das proteínas de soja e/ou com queijo *petit suisse*.

5.1. Caracterização física e química

A composição do extrato hidrossolúvel de soja (EHS) pasteurizado utilizado no desenvolvimento das sobremesas de soja do presente trabalho é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7. Determinações físico-químicas (base úmida) do extrato hidrossolúvel de soja pasteurizado. (Valores médios).

Extrato Hidrossolúvel de soja (Pasteurizado)	
Proteína (%)	2,41 ± 0,06
Lipídios (%)	1,67 ± 0,01
Acidez (%)	0,06 ± 0,01
Cinzas (%)	0,37 ± 0,08
Umidade (%)	94,56 ± 0,13
Ca (mg/100g)	4,10 ± 0,50
pH	6,75 ± 0,01
SS (°Brix)	5,37 ± 0,06

O EHS apresentou composição físico-química dentro da média descrita na literatura (CHAUHAN, SINGH & TOMAR, 1998a; CAI & CHANG, 1998; RODRIGUES, 2003; CIABOTTI, 2004). Apesar do teor de cálcio ter apresentado valor inferior à média encontrada por esses autores, o teor encontrado está dentro dos padrões da USDA (2001) para 'leite de soja fluido' (4 mg/100g).

Na Tabela 8 estão expressos as médias da composição físico-química das sobremesas de soja dos 17 ensaios experimentais.

Tabela 8. Composição física e química das sobremesas de soja (base úmida).

Ensaio	Proteína	Lipídios	Sólidos	Cinzas	Acidez ^a
1	8,94	6,35	27,78	1,04	1,19
2	9,41	6,41	30,44	2,49	1,32
3	8,46	5,99	26,88	1,01	1,17
4	10,16	7,05	31,86	2,64	1,39
5	9,15	6,27	27,85	1,07	1,04
6	10,53	7,17	32,71	2,70	1,16
7	7,85	5,53	25,66	1,04	0,90
8	9,91	6,83	31,70	2,98	1,16
9	7,75	5,02	24,68	0,78	0,93
10	10,08	6,60	32,45	3,03	1,30
11	10,89	7,14	32,56	1,82	1,37
12	10,66	7,01	32,09	1,84	1,36
13	10,96	7,75	31,71	1,80	1,56
14	10,59	7,50	30,82	1,85	1,10
15	10,06	6,97	30,03	1,77	1,22
16	10,21	7,16	30,39	1,79	1,28
17	10,29	7,16	30,41	1,77	1,28

^a Acidez titulável expressa em porcentagem de ácido láctico.

Os valores representam a média de triplicata.

Os resultados das médias com desvio padrão estão expressos no anexo II.A.

A composição química média das sobremesas de soja produzidas nos 17 ensaios variou na seguinte faixa: proteína: 7,75 a 10,96%; lipídios: 5,02 a 7,75%; sólidos totais: 24,68 a 32,71%; cinzas: 0,78 a 3,03%. A acidez (% ácido láctico) variou entre 0,90 e 1,56%.

O teor de umidade (100-sólidos totais), variando entre 67,29 e 75,32% está de acordo com o regulamento técnico para queijo “petit suisse” (BRASIL, 2001). Como não há regulamentação para teor de acidez em queijo *petit suisse*, a acidez das sobremesas de soja foi comparada à regulamentação para iogurte (BRASIL, 2007). Os teores de ácido láctico dos ensaios experimentais encontraram-se dentro dos padrões, com exceção do ensaio 13, com pH no ponto axial ($-\alpha$), que apresentou teor de acidez acima do limite estipulado para iogurte (0,6 a 1,5%).

A concentração do $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ teve influência significativa ($p \leq 0,05$) no parâmetro linear, sobre o teor de cinzas ($p < 0,001$), e nos parâmetros lineares (L) e quadráticos (Q) sobre os teores de proteína ($p_{(L)} = 0,004$ e $p_{(Q)} = 0,009$), lipídios ($p_{(L)} = 0,001$ e $p_{(Q)} < 0,001$), sólidos totais ($p_{(L)} < 0,001$ e $p_{(Q)} = 0,018$) e acidez titulável ($p_{(L)} = 0,002$ e $p_{(Q)} = 0,014$). O pH somente apresentou influência significativa sobre a acidez titulável no parâmetro linear ($p = 0,001$), não exercendo influência sobre as outras variáveis. A concentração de goma guar e as interações entre os tratamentos não afetaram significativamente nenhuma das variáveis estudadas, dentro dos limites experimentais (anexo II.B).

O teor de proteína dos ensaios apresentou forte correlação positiva com o teor de lipídios ($r = 0,96$) e sólidos totais ($r = 0,93$). Os sólidos totais, além da forte correlação com a proteína, foram positivamente correlacionados aos lipídios ($r = 0,86$) e o teor de cinzas ($0,83$). A acidez titulável apresentou boa correlação com o teor de proteína ($r = 0,76$), de lipídios ($r = 0,73$) e de sólidos totais ($r = 0,74$).

Como os atributos mais importantes do tofu são o sabor, odor, textura e rendimento, a composição química do tofu adquire grau de importância maior que a sua aparência física. Adicionalmente, a composição do tofu remete tanto à qualidade como à quantidade, dependendo da variedade da soja e do modo como é produzido. Do ponto de vista nutricional, o tofu por ser rico em proteína e apresentar alto conteúdo mineral ganha destaque (LIU, 1999). A interação entre proteína e lipídios e o teor de sólidos totais são importantes atributos na promoção das características aceitáveis dos alimentos de soja (GUO, ONO & MIKAMI, 1997; SUN & BREENE, 1991).

O teores de proteína apresentaram valor mínimo (7,75%) e máximo (10,96%) nos ensaios 9 e 13, respectivamente. Como os ensaios 11 e 13, nos quais a concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ manteve-se constante, não diferiram significativamente a 95% de confiança (teste de Tukey) entre si, apesar da variação das concentrações de goma guar e do pH, é possível presumir que nenhuma das duas variáveis (goma guar e pH) teve influência sobre o teor de proteína, o que foi confirmado pela análise dos efeitos e p-valor das variáveis e suas interações (anexo II.B).

A partir da análise de variância (ANOVA) para o parâmetro teor de proteína (anexo II.B), obteve-se os valores do coeficiente de determinação, ou R^2 (0,75) e $F_{\text{calculado}}$ 5,52 vezes maior que o F_{tabelado} ($p < 0,05$). Esses valores permitem obter um modelo codificado (Equação 1) de segunda ordem, que descreve as respostas em função da variável significativa. Os parâmetros estatisticamente não significativos foram eliminados dos modelos e adicionados à falta de ajuste.

$$\text{Teor de proteína} = 10,279 + 0,700 \cdot \text{Sulfato de cálcio} - 0,647 \cdot \text{Sulfato de cálcio}^2$$

(Equação 1)

Assim como para o teor de proteína, o teor de lipídios expressou valores mínimos e máximos nos ensaios 9 e 13, respectivamente. À medida que se aumentou a concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,25-0,88%), houve um aumento gradativo dos teores de proteína e lipídios. Após essa concentração (0,88%), observou-se uma ligeira queda nos teores dessas variáveis até a concentração máxima estudada (1% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

A equação do modelo codificado ajustado para o teor de lipídios (Equação 2) é apresentada a seguir. Os parâmetros estatisticamente não significativos foram eliminados dos modelos e adicionados à falta de ajuste.

$$\text{Teor de lipídios} = 7,135 + 0,438 \cdot \text{Sulfato de cálcio} - 0,541 \cdot \text{Sulfato de cálcio}^2$$

(Equação 2)

O modelo foi validado pela ANOVA (anexo II.B). Com coeficiente de determinação (0,80) e $F_{\text{calculado}}$ 7,69 vezes maior que o F_{tabelado} ($p < 0,05$), podendo, portanto, ser utilizado para verificar as tendências do teor de lipídios.

Os gráficos de tendência dos teores de proteína e lipídios nas sobremesas de soja em função da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ são apresentados na figura 4.

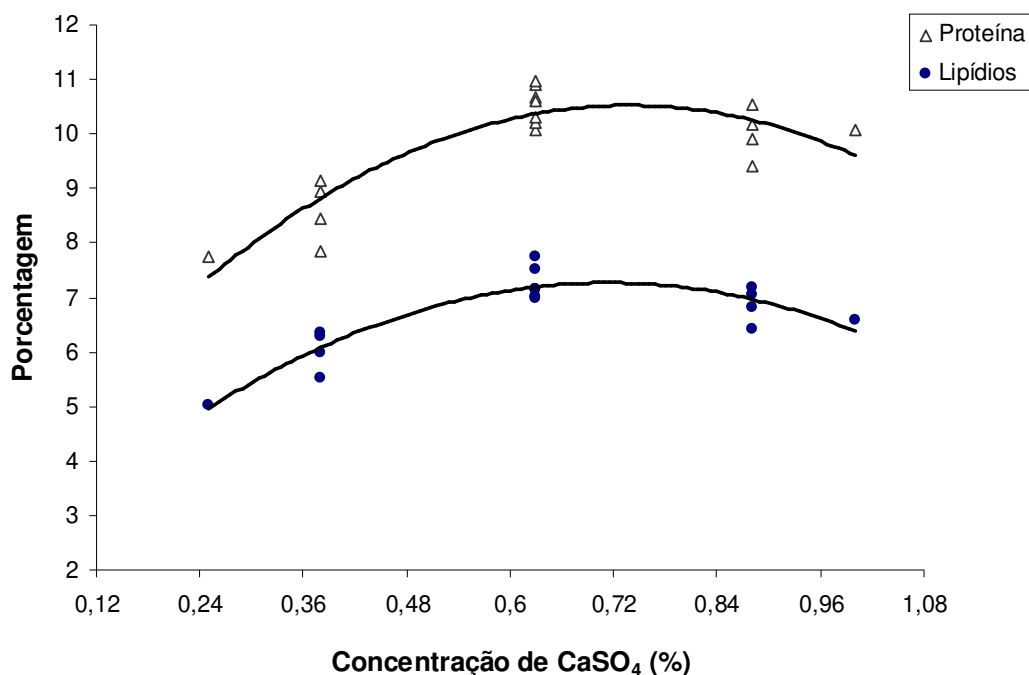


Figura 4. Teores de proteína e lipídios em função da concentração de CaSO_4 .

A correlação entre os teores de proteína e lipídios pode ser explicada pelo mecanismo de incorporação do coagulante e formação do tofu, no qual os glóbulos de óleo presentes no EHS são conjugados com as partículas de proteína e incorporados ao coagulado.

Guo *et al.* (2002) afirmam que a incorporação dos lipídios é promovida pela quantidade de partículas de proteína no EHS e o conteúdo de glicinina dessas partículas. Segundo os autores, o EHS contém proteínas solúveis e particuladas, e lipídios na forma de glóbulos de óleo envoltos com proteína (oleosina). A adição de coagulante permite que as proteínas solúveis do EHS formem novas partículas, contendo mais β -conglícinina que as partículas de proteína originais (GUO, ONO & MIKAMI, 1999). Quando o coagulante é adicionado, os glóbulos de óleo são primeiramente envolvidos pelas partículas originais ricas em glicinina e depois com as novas partículas ricas em β -conglícinina, formadas das proteínas solúveis. Como a β -conglícinina possui frações de açúcar na molécula, o coágulo retém bastante água em sua volta, formando o tofu (GUO *et al.*, 2002).

A tendência do teor de proteína encontrado em função da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ está de acordo com o trabalho realizado com tofu firme da cultivar Ohio FG1, por KAO, SU & LEE (2003), que relataram aumento do teor de proteína retido no tofu com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ em concentrações entre 0,2 e 0,4%. Quando a concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ aumentou para 0,5%, a habilidade do gel reter água e proteína de baixo peso molecular diminuiu devido à formação de redes mais compactas. Os autores verificaram que a essas concentrações, a porcentagem de proteínas de baixo peso molecular no soro aumentou.

Veiga *et al.* (2000) ao caracterizarem a composição de diferentes amostras comerciais de queijo *petit suisse*, encontraram teor de proteínas entre 6,67 e 7,05% e lipídios entre 4,47 e 6,22%.

É possível afirmar, portanto, que as sobremesas de soja desenvolvidas nesse trabalho estão dentro dos padrões para queijo *petit suisse*, apresentando teor de proteína mais elevado do que os queijos *petit suisse* encontrados no mercado.

O teor de sólidos totais contidos nas sobremesas de soja foi mínimo no ensaio 9 (24,68%). Os ensaios 6, 10, 11, 12 e 13 (32,71; 32,42; 32,56; 32,09 e 31,71%, respectivamente), apresentaram os maiores teores de sólidos, não diferindo entre si ao nível de 5% de significância (teste de Tukey). Ao se fazer a análise estatística segundo metodologia de superfície de resposta (anexo II.B), observou-se que o teor de sólidos é influenciado somente pela concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dentro dos limites estudados.

O modelo codificado ajustado para determinar o teor de sólidos totais na região estudada é apresentado na Equação 3.

$$\text{Teor de sólidos totais} = 30,818 + 2,314 \cdot \text{Sulfato de cálcio} - 1,017 \cdot \text{Sulfato de cálcio}^2$$

(Equação 3)

Pela análise de variância (ANOVA), o valor encontrado para a relação $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} de 11,68 (anexo II.B) indica que o modelo foi estatisticamente significativo ($p < 0,05$) e preditivo ($R^2 = 0,86$), sendo portanto, validado (anexo II.B).

O aumento de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ aumenta a sinérese e a perda de soro pelo tofu devido à ocorrência de mais ligações Ca - proteína, tornando a matriz proteica mais densa e compacta, reduzindo o teor de umidade do coagulado (SUN & BREENE, 1991).

5.2. Teor de cálcio

Na formação da rede do tofu, o cálcio pode se ligar às proteínas através dos grupos carboxil dos resíduos de glutamyl e asparagil. Assume-se que um dos locais das ligações são os grupos imidazoles dos resíduos de histidina das proteínas. As proteínas solúveis e particuladas do EHS contém fitatos, em pH neutro. Quando o coagulante cálcio é adicionado ao EHS, os íons Ca^{2+} devem ligar-se aos grupos fosfatos dos fitatos e aos grupos carboxil e imidazol das proteínas, reduzindo o pH gradativamente pela liberação de íons hidrogênio (ONO, KATHO & MOTHIZUKI, 1993)

Os valores das médias do teor de cálcio, rendimento em proteína e firmeza dos ensaios experimentais são apresentados no anexo III.A.

Na Figura 5 estão representadas as médias do teor de cálcio (mg/100g) dos 14 ensaios e os 3 pontos centrais.

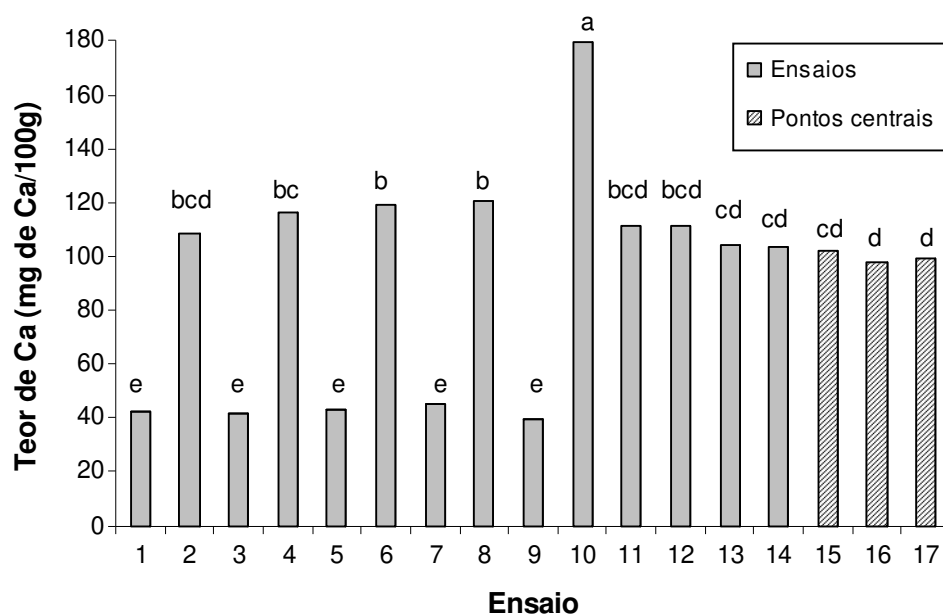


Figura 5. Teor de cálcio (mg/100g em base úmida) dos produtos de soja (Letras iguais não diferem significativamente entre si a $p \leq 0,05$ pelo Teste de Tukey).

Pela Figura 5, é possível observar que a o teor de cálcio apresentou aumento gradual com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, expressando valor mínimo no ensaio 9 (39 mg/100g), com a menor concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,25%) do ensaio, e máximo no ensaio 10 (179 mg/100g), no qual a concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ era máxima (1%).

Os resultados encontrados nos ensaios 11 e 12, os quais diferiram apenas na concentração de goma guar e nos ensaios 13 e 14, com diferente pH, não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre si, evidenciando que nenhuma das duas variáveis teve influência significativa sobre o teor de cálcio da sobremesa de soja.

Os coeficientes de regressão das variáveis lineares e quadráticas e da interação entre elas são apresentados a seguir na Tabela 9.

Tabela 9. Coeficientes de regressão provenientes do planejamento fatorial completo para a variável teor de cálcio

	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(7)	p
CaSO_4 (L)	38,6914	5,4651	7,0797	0,0002
CaSO_4 (Q)	-3,0724	6,0151	-0,5108	0,6252
Guar (L)	0,7581	5,4651	0,1387	0,8936
Guar (Q)	-2,4363	6,0151	-0,4050	0,6975
pH (L)	1,3790	5,4651	0,2523	0,8080
pH (Q)	-4,9467	6,0151	-0,8224	0,4380
CaSO_4 x Guar (L)	0,9221	7,1405	0,1291	0,9009
CaSO_4 x pH (L)	1,3558	7,1405	0,1899	0,8548
Guar x pH (L)	-0,4701	7,1405	-0,0658	0,9494

Efeitos em negrito são significativos a $p \leq 0,05$.

(L): Termo linear

(Q): Termo quadrático

Na Figura 6 estão representados os efeitos das variáveis independentes sobre o teor de cálcio.

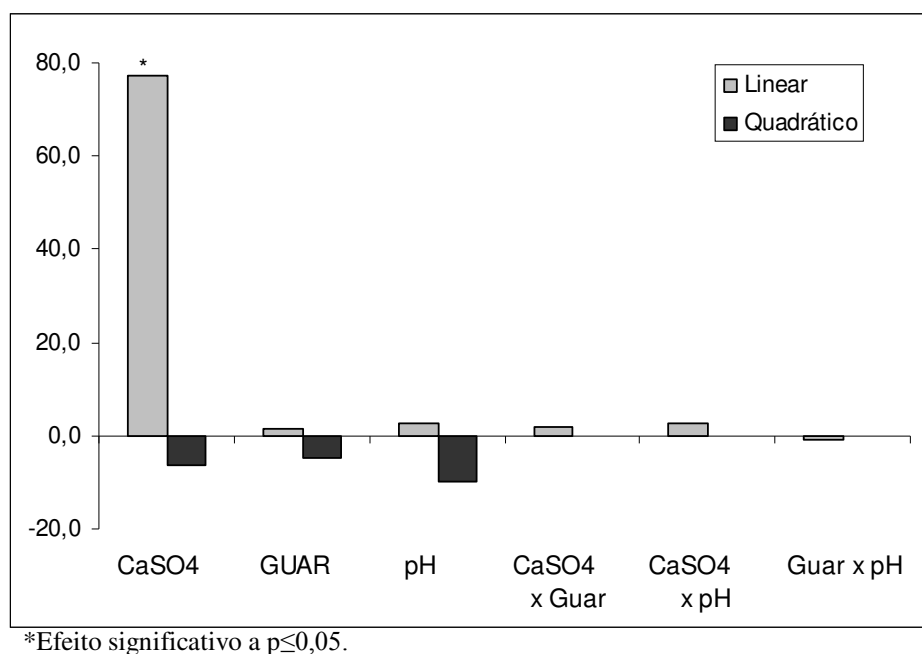


Figura 6. Estimativa de efeitos lineares, quadráticos e de interações das variáveis sobre o teor de cálcio da sobremesa de soja.

Com base na Tabela 9 e na Figura 6, verifica-se um efeito positivo significativo ($p \leq 0,05$) da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sobre o teor de cálcio do produto no parâmetro linear, ou seja, que o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ do nível -1 para +1 (níveis codificados), promove o aumento médio do teor de cálcio retido no produto de 77,4 mg/100g.

Os ensaios 1, 3, 5, 7 (0,38% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e 9 (0,25% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) não foram significativamente diferentes ($p \leq 0,05$), demonstrando que à baixas concentrações do coagulante, o teor de Ca retido na rede do tofu é semelhante. Com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de 0,38% (ensaios 1, 3, 5, e 7) para 0,63% (ensaios 11 a 17), há aumento significativo da variável estudada. Como o princípio da formação do tofu é a ligação entre íons Ca^{2+} e proteínas, é possível que nessas concentrações sejam formadas as redes mais firmes e homogêneas, com maior interação cálcio -proteína, dado os teores protéicos serem máximos nessa mesma concentração de coagulante. Quando a concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ aumenta para 0,88% (ensaios 2, 4, 6, e 8), observa-se pouca ou nenhuma diferença significativa ($p \leq 0,05$) do teor de cálcio em relação aos ensaios com concentração de 0,63% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Os ensaios 11 e 12, com 0,63% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, não

diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) dos ensaios com 0,88% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ensaios 2, 4, 6 e 8). Os ensaios 13 e 14, com 0,63% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, também apresentaram valores significativamente iguais ($p \leq 0,05$) aos ensaios 2 e 4 (0,88% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). A concentração de 1% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ do ensaio 10 apresentou o maior teor de cálcio, significativamente diferente ($p \leq 0,05$) dos demais ensaios. Nessas condições, o teor de proteína tende a diminuir, não havendo, portanto, novas interações Ca - proteína. O fato do teor de cálcio continuar aumentando com o acréscimo de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, se deve provavelmente à baixa solubilidade desse coagulante, que, mesmo sem interagir com os compostos do EHS, fica retido na massa de tofu.

Biet (1994) comparou diferentes coagulantes de cálcio (acetato, cloreto e sulfato) e obteve maior retenção de cálcio em tofu produzido com $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,02M), apresentando teor de 0,17% (b.u.).

Schaefer & Love (1992) encontraram valores entre 179 e 217mg de Ca/100g de tofu variedades Amsoy 71 e Vinton 81, produzidos com 0,025M $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,22% sobre o EHS).

Obatolu (2008) em seu estudo com diferentes tipos de coagulante, obteve teor de 63 mg de Ca/ 100g em tofus desenvolvidos com 0,3% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Os teores de cálcio das sobremesas de soja, com concentração final variando, em porcentagem de base úmida, de 0,08 a 0,44%, apresentaram valores dentro da média encontrada na literatura para tofu.

Observa-se que as concentrações de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ utilizadas nos ensaios experimentais dessa pesquisa são superiores em relação às concentrações empregadas nos trabalhos da literatura para produção de tofu firme. Essa diferença se deve possivelmente, à influência da variedade da soja empregada e o conteúdo de compostos não determinados nesse trabalho, e que, provavelmente, interferem na concentração de coagulante requerida para formação da rede do gel do tofu. Como o EHS recebido da prefeitura de Nova Odessa-SP foi obtido a partir de variedades de soja de procedência desconhecida, assim como as condições de armazenamento dos grãos e tempo de armazenamento indeterminado, torna-se difícil o discernimento sobre essa diferença nas características de coagulação.

A análise de variância (ANOVA) para o teor de cálcio (anexo III.B) apresentou coeficiente de determinação 0,88, indicando que 88% da variação total em torno da média pode ser explicada pelo modelo, e $F_{\text{calculado}}$ 6,56 vezes maior que o F_{tabelado} ($p \leq 0,05$). Pode-se assim, construir as superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 8, a partir do modelo codificado ajustado (Equação 4) gerado. Os termos não significativos eliminados foram adicionados à falta de ajuste.

$$\text{Teor de cálcio} = 101,632 + 38,691 \cdot \text{Sulfato de cálcio} - 3,072 \cdot \text{Sulfato de cálcio}^2 - 2,436 \cdot \text{Goma guar}^2 - 4,947 \cdot \text{pH}^2$$

(Equação 4)

Na Figura 7 é apresentado o gráfico dos valores previstos pelo modelo em função dos valores observados (experimentais). Observa-se que o modelo prevê de maneira satisfatória a tendência do comportamento do teor de cálcio em função das variáveis significativas (sobre o erro puro) ($p \leq 0,05$).

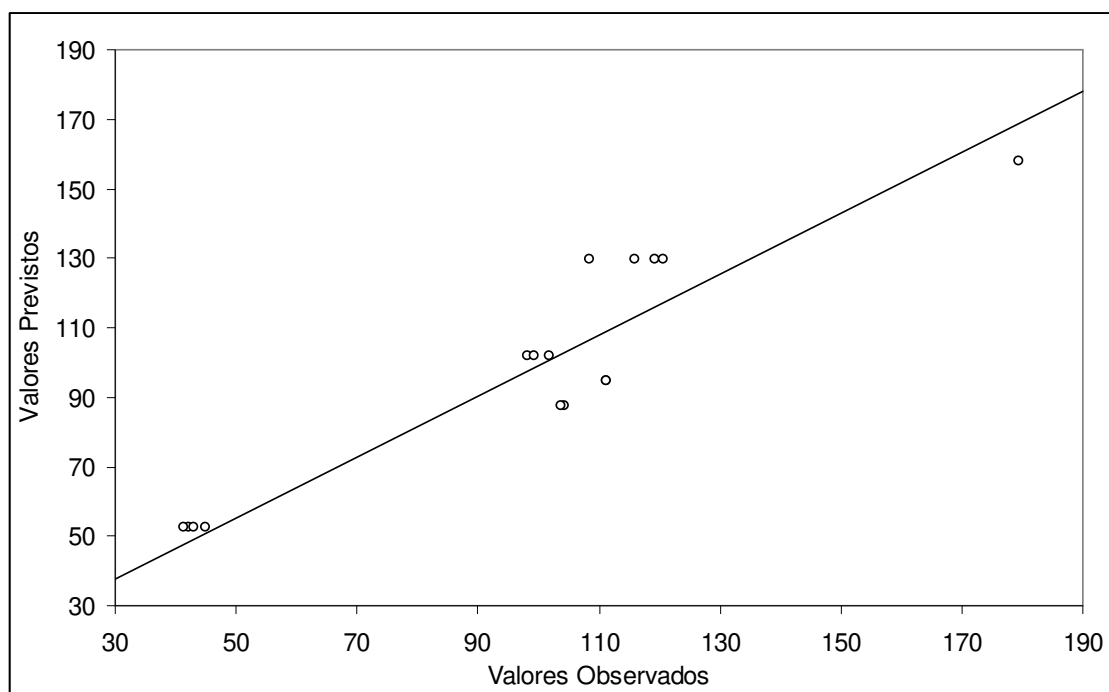


Figura 7. Valores previstos versus valores observados para teor de cálcio.

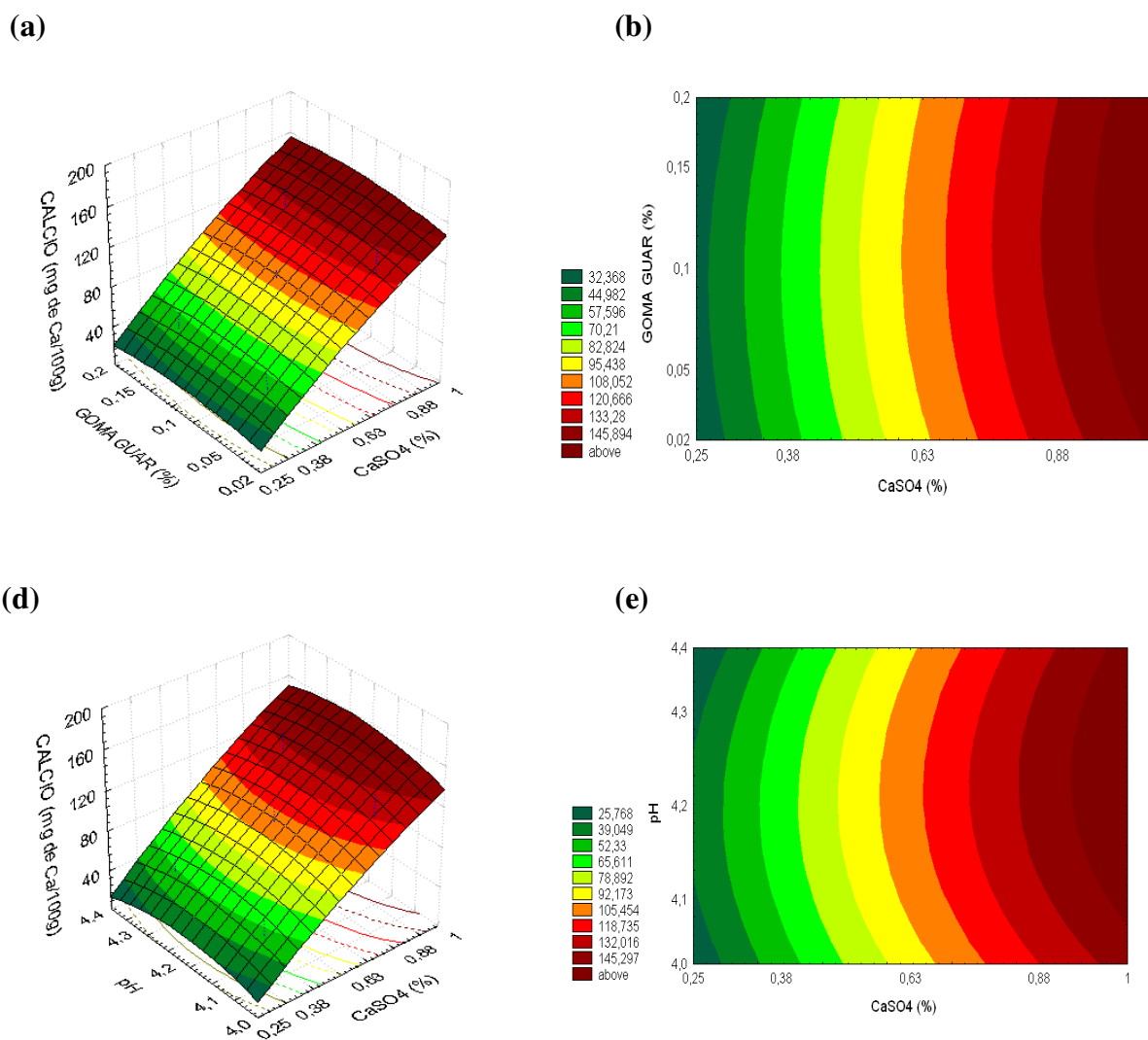


Figura 8. Superfícies de resposta e curvas de contorno para teor de cálcio em função do CaSO_4 e goma guar (a) e (b) e do CaSO_4 e pH (c) e (d), com a terceira variável fixada no ponto central.

5.3. Rendimento em proteína

O rendimento, baseado na recuperação de proteína, foi expresso pela porcentagem de proteína do extrato hidrossolúvel de soja recuperada no tofu.

Na produção do tofu, a alta recuperação de proteína e rendimento em sólidos são priorizados pelos fabricantes, já que são fatores que aumentam o lucro dos produtos bem

como sua qualidade nutricional (LIU, 1999). No processamento típico do tofu, a recuperação de proteína a partir do EHS varia de 83-94% (LIM *et al.*, 1990).

Na Figura 9 estão representadas as médias do rendimento em proteína (%) dos 14 ensaios e os 3 pontos centrais.

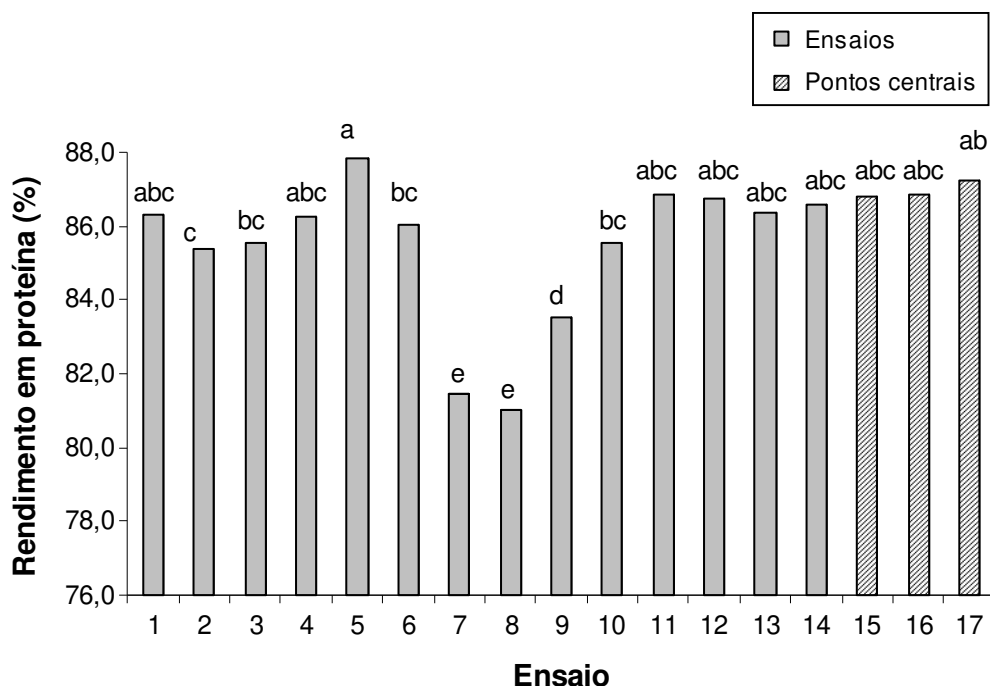


Figura 9. Rendimento (base úmida) em proteína dos ensaios experimentais
(Letras iguais não diferem significativamente entre si a $p \leq 0,05$ pelo Teste de Tukey).

Conforme pode ser observado na Figura 9, os tratamentos estudados da sobremesa de soja apresentaram rendimento em proteína variando de 81,0 a 87,9%, dentro da média encontrada por Lim *et al.* (1990).

O valor de recuperação de proteína foi mínimo nos ensaios 7 (81,0%) e 8 (81,5%) (significativamente iguais a $p \leq 0,05$), seguidos do ensaio 9 (83,5%). Os ensaios 1 a 4, 6 e 10 a 16 não diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$). O ensaio 17 também apresentou valores significativamente semelhantes a esses ensaios, com exceção do ensaio 2. A recuperação de proteína foi máxima no ensaio 5, não apresentando diferença significativa ($p \leq 0,05$) dos ensaios 1, 4 e 11 a 17.

Não houve correlação entre o teor de proteína das sobremesas de soja e o rendimento em proteína.

Visualmente, é difícil traçar um perfil da influência das variáveis independentes sobre o rendimento em proteína das sobremesas de soja, sendo necessária uma análise mais profunda dos dados. Com base no p-valor da tabela do coeficiente de regressão (tabela 10), verifica-se a influência significativa ($p \leq 0,05$) da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, no parâmetro quadrático, e da interação da goma guar com o pH sobre o rendimento em proteína.

Tabela 10. Coeficientes de regressão provenientes do planejamento fatorial completo para a variável rendimento em proteína.

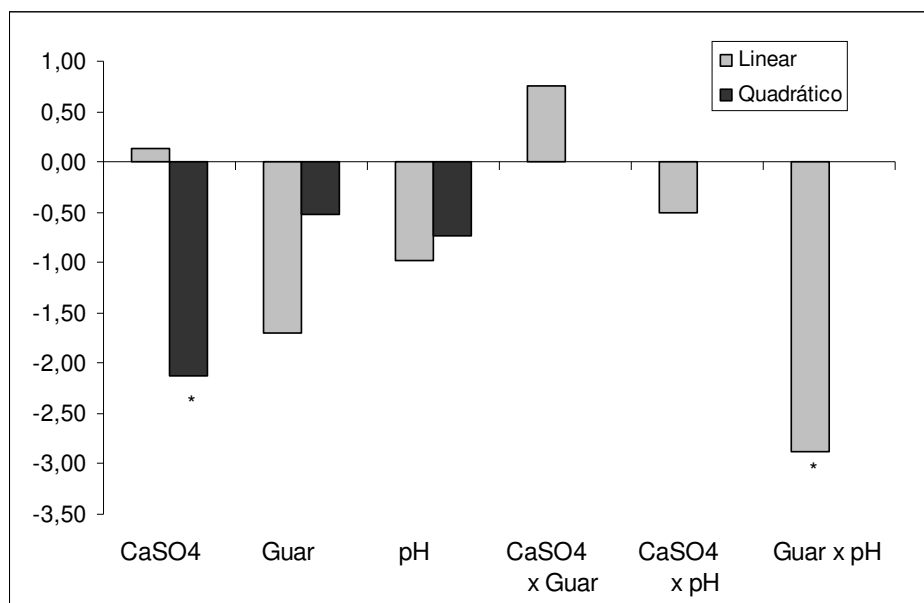
	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(7)	p
CaSO_4 (L)	0,0630	0,3912	0,1611	0,8766
CaSO_4 (Q)	-1,0620	0,4306	-2,4662	0,0431
Guar (L)	-0,8507	0,3912	-2,1742	0,0662
Guar (Q)	-0,2592	0,4306	-0,6019	0,5662
pH (L)	-0,4937	0,3912	-1,2618	0,2474
pH (Q)	-0,3668	0,4306	-0,8519	0,4225
CaSO_4 x Guar (L)	0,3748	0,5112	0,7333	0,4872
CaSO_4 x pH (L)	-0,2566	0,5112	-0,5019	0,6311
Guar x pH (L)	-1,4404	0,5112	-2,8178	0,0259

Efeitos em negrito são significativos a $p \leq 0,05$.

(L): Termo linear

(Q): Termo quadrático

Ao se analisar a estimativa dos efeitos (Figura 10) das variáveis significativas, observa-se efeitos negativos tanto na concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ quanto na interação da goma guar com o pH, havendo portanto, um declínio do rendimento em proteína com o aumento excessivo da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e com o aumento da interação goma guar e pH.



*Efeito significativo a $p \leq 0,05$.

Figura 10. Estimativa de efeitos lineares, quadráticos e de interações das variáveis sobre o teor de cálcio da sobremesa de soja.

Kao, Su & Lee (2003) demonstraram a recuperação de proteína aumentou significativamente com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de 0,2% até 0,4% (sobre o EHS), mas diminuiu com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de 0,4 para 0,5%. Segundo os autores, em baixas concentrações de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,2% e 0,3%), a interação das moléculas de proteína com íon cálcio não era forte o suficiente para formar um gel de tofu firme. A expulsão de proteínas não-coaguladas e outros sólidos solúveis com a água durante a etapa de prensagem resultou em menor recuperação de proteína. Ao contrário, na alta concentração de 0,5% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, muitas ligações foram formadas, resultando em uma estrutura muito compacta e porosa, provocando, por sua vez, aumento da sinérese e induzindo a perda de água, proteínas do soro e outras substâncias solúveis.

Sun & Breene (1991) estudando a recuperação de proteína em tofu com concentração de coagulante $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ variando entre 0,01 e 0,06N, observaram que a recuperação de proteína aumenta na concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ até 0,02N (ponto máximo) depois decresce gradualmente de 0,02 a 0,06N.

Na análise de variância (anexo III.B), apesar do alto valor da falta de ajuste, o $F_{\text{calculado}}$ (5,39) foi maior que o F_{tabelado} (3,20), com coeficiente de determinação 0,71,

permitindo a construção das superfícies de resposta e curva de contorno (Figura 11), através do modelo codificado ajustado (Equação 5).

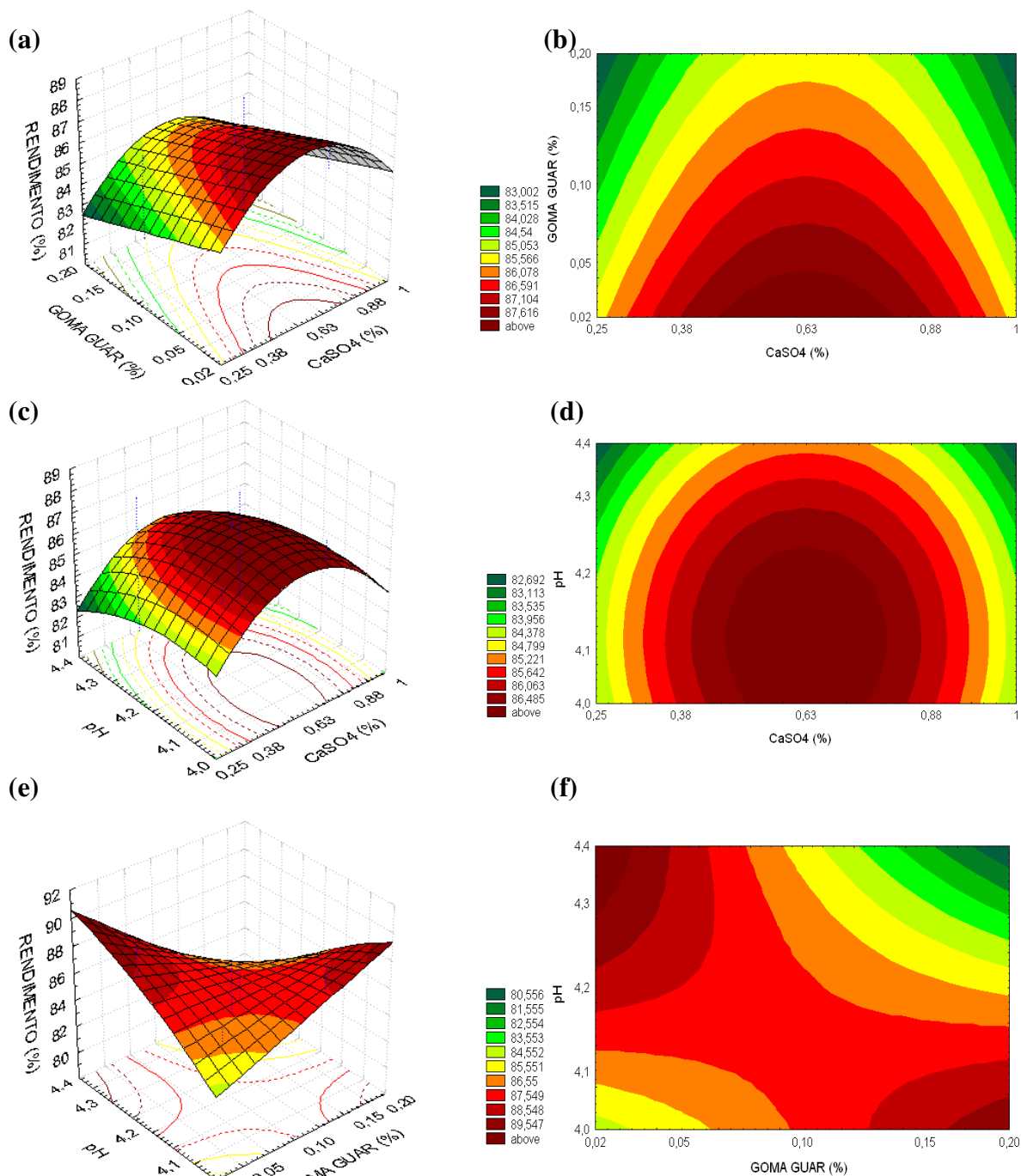


Figura 11. Superfícies de resposta e curvas de contorno para rendimento em proteína em função do CaSO_4 e goma guar (a) e (b), do CaSO_4 e pH (c) e (d) e da goma guar e pH (e) e (f), com a terceira variável fixada no ponto central.

$$\text{Rendimento em proteína} = 86,7 - 0,985 \cdot \text{Sulfato de cálcio}^2 - 0,851 \cdot \text{Goma guar} - 0,494 \cdot \text{pH} - 1,44 \cdot \text{pH}^2$$

(Equação 5)

Na Figura 12 estão apresentados os valores observados (experimentais) em função dos valores previstos pelo modelo. Observa-se que é possível prever através do modelo ajustado a tendência do comportamento do rendimento em proteína em função da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, goma guar e pH.

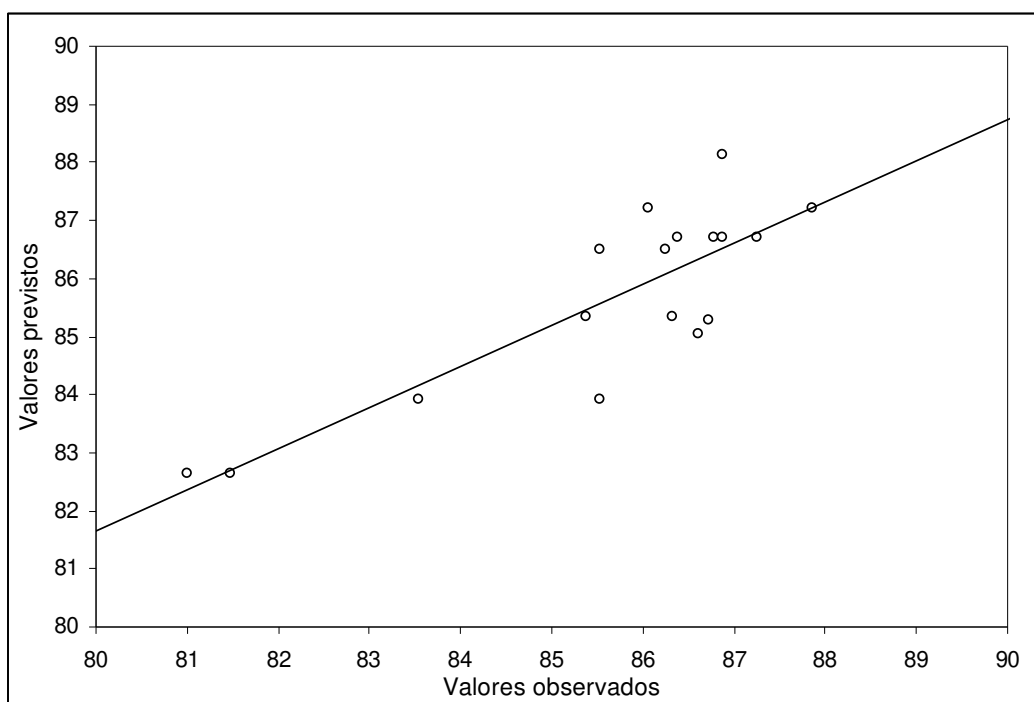


Figura 12. Valores previstos versus valores observados para rendimento em proteína.

Após confirmação da validação do modelo, é possível verificar pela Figura 11, um maior rendimento em proteína em concentrações de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ próximas a 0,63% com menores concentrações de goma guar (0,02 a 0,05%) e pH de 4,0 a 4,2.

Semelhantemente, Beddows & Wong (1987b) encontraram rendimento em proteína máximo com concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 9,3 mM (0,64% sobre EHS). Os autores estudaram a recuperação de proteína em função das concentrações entre 7-14 mM (0,48-0,96%) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e observaram aumento do rendimento de proteína com o aumento da

concentração do coagulante até 9,3 mM (0,64%), havendo um rápido declínio dessa concentração até a concentração de 11 mM (0,76%) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, seguido de uma tendência suave de redução de recuperação de proteína a concentrações superiores desse coagulante.

Na interação goma guar com pH (itens (e) e (f)), observa-se que o rendimento em proteína diminui com o aumento do pH e da concentração de goma, o que não era esperado, pois a recuperação da proteína ocorre somente na formação do tofu. O teor de proteína retido no produto final não deveria diminuir, pois não há mais perdas de componentes posteriormente à fabricação do coagulado, somente acréscimo de goma em concentrações muito baixas e ajuste de pH. No entanto, como essa interação significativa só é vista nos teores extremos (pontos axiais) dessas variáveis, e o modelo explica somente 71% da variação, são necessários maiores estudos na extrapolação dos limites estabelecidos nesse planejamento experimental, para haver uma correta afirmação da tendência do rendimento em proteína em função da interação goma guar e pH.

5.4. Firmeza

Além da variedade da soja (SCHAEFER & LOVE, 1992), a textura do tofu é influenciada por diversos outros fatores, principalmente o teor de proteína (distribuição de glicinina e β -conglucina) e conteúdo de fitatos (SKURRAY, CUNICH & CARTER, 1980; ISHIGURO, ONO & NAKASATO, 2008), tipo e concentração do coagulante (KAO, SU & LEE, 2003; HOU, CHANG & SHIH, 1997; CHENG, SHIMIZU & KIMURA, 2005) e temperatura de coagulação (SAIO, 1979).

O mecanismo de formação do tofu foi elucidado anteriormente (item 3.5). Segundo Guo *et al.* (2002), a formação do tofu é altamente influenciada pela concentração do coagulante.

Na Figura 13 estão representadas as médias da firmeza instrumental dos 14 ensaios e os 3 pontos centrais.

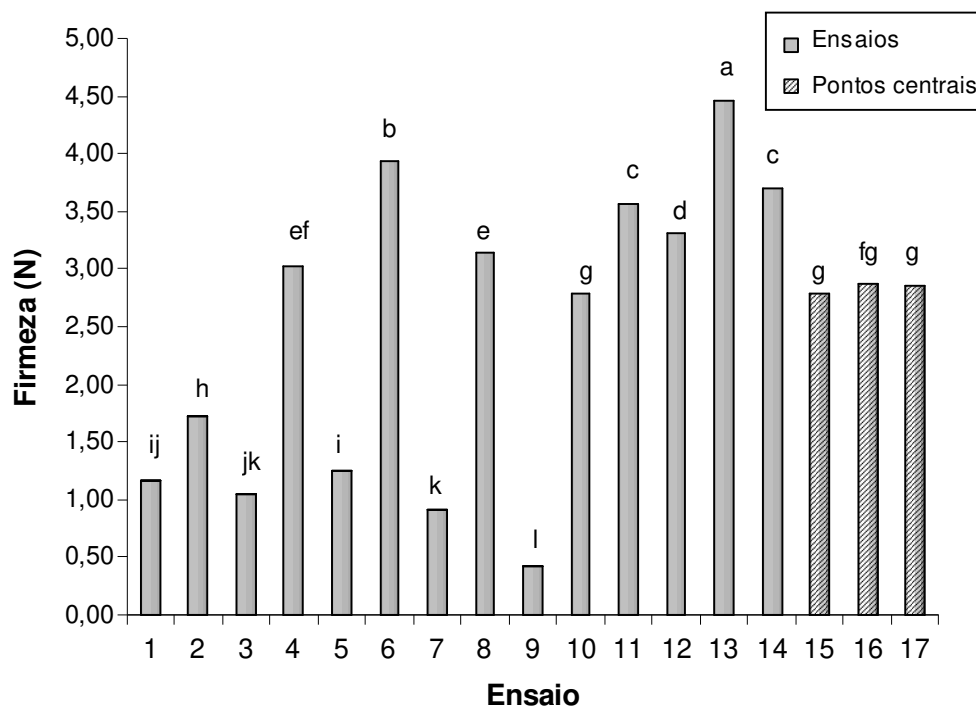


Figura 13. Valores de textura instrumental dos ensaios experimentais
(Letras iguais não diferem significativamente entre si a $p \leq 0,05$ pelo Teste de Tukey).

A firmeza instrumental das sobremesas de soja variou entre 0,44 N e 4,46 N. Observa-se pela Figura 13, grande variação nos valores de textura, com poucos ensaios significativamente iguais ($p \leq 0,05$, teste de Tukey). O ensaio 13, com concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e goma guar no ponto central (0) e pH no ponto axial ($-\alpha$) apresentou a maior firmeza do experimento (4,46 N), seguido pelo ensaio 6 (3,93 N), com $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (+1), guar (-1) e pH (+1). Os ensaios 11 (3,56 N) e 14 (3,70 N), formulados com diferentes concentrações de goma e pH, não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre si, assim como os ensaios 4 (3,03 N) e 8 (3,15 N) em que houve diferença apenas do pH, evidenciando que essa variável (pH) não apresenta influência sobre a firmeza das sobremesas de soja.

O ensaio 3 (1,05 N) não teve diferença significativa ($p \leq 0,05$) dos ensaios 1 (1,16 N) e 7 (0,93 N). Os três ensaios foram elaborados com mesma concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, diferindo em concentração de guar (ensaios 1 e 3) ou pH (ensaios 3 e 7). Observa-se assim, a influência apenas da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ na firmeza das sobremesas de soja.

O ensaio 2 apresentou resultado discrepante em relação à tendência observada nos experimentos com mesma concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,88%). Baseando-se nos pontos centrais, é possível afirmar que as condições do processo foram muito boas, não havendo interferência de outras variáveis não controladas nos resultados, portanto, essa diferença se deve provavelmente a erros experimentais durante a análise.

Os coeficientes de regressão e o p-valor das variáveis independentes e suas interações são apresentados na Tabela 11 a seguir.

Tabela 11. Coeficientes de regressão provenientes do planejamento fatorial completo para a variável firmeza.

	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(7)	p
CaSO_4 (L)	0,8342	0,2265	3,6837	0,0078
CaSO_4 (Q)	-0,6621	0,2493	-2,6561	0,0327
Guar (L)	-0,0244	0,2265	-0,1079	0,9171
Guar (Q)	-0,0201	0,2493	-0,0807	0,9380
pH (L)	0,0765	0,2265	0,3379	0,7453
pH (Q)	0,2082	0,2493	0,8352	0,4312
CaSO_4 x Guar (L)	0,1198	0,2959	0,4049	0,6976
CaSO_4 x pH (L)	0,2948	0,2959	0,9964	0,3523
Guar x pH (L)	-0,2895	0,2959	-0,9783	0,3605

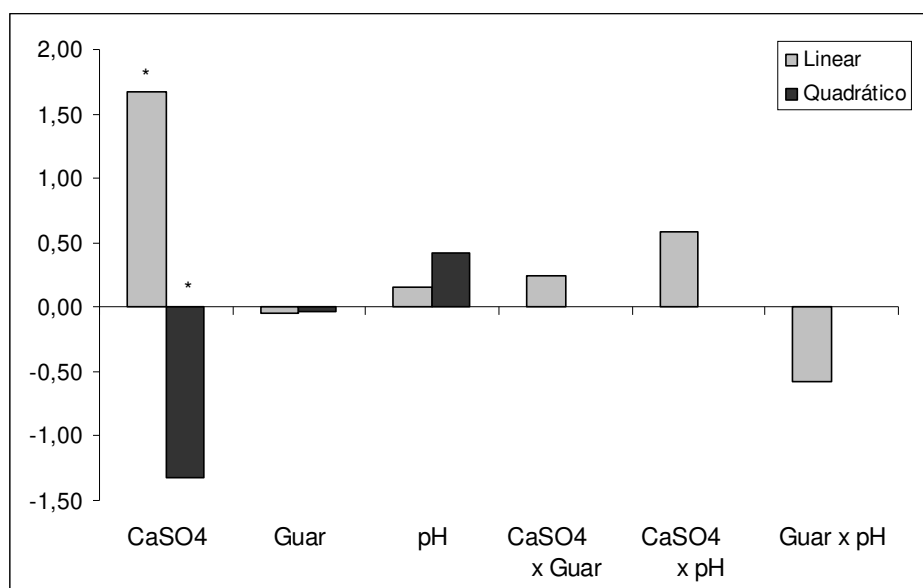
Efeitos em negrito são significativos a $p \leq 0,05$.

(L): Termo linear

(Q): Termo quadrático

Com base na Tabela 11, pode-se confirmar a influência significativa ($p \leq 0,05$) do teor de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ utilizado no preparo do tofu sobre a textura instrumental da sobremesa de soja, tanto no parâmetro linear quanto no quadrático. A concentração de goma guar, o pH e a interação entre as variáveis, não tiveram influência significativa ($p \leq 0,05$) sobre a textura do produto final.

A Figura 14 ilustra os efeitos lineares, quadráticos e a interação dos fatores estimados sobre a resposta firmeza.



*Efeito significativo a $p \leq 0,05$.

Figura 14. Estimativa de efeitos lineares, quadráticos e de interações das variáveis sobre a firmeza instrumental (N) da sobremesa de soja.

Observa-se que o parâmetro quadrático do fator CaSO_4 teve efeito negativo significativo ($p \leq 0,05$) sobre a variável dependente ‘firmeza’, indicando que o aumento excessivo na sua concentração pode diminuir a firmeza do produto.

Após validação do modelo (anexo III.B), com coeficiente de determinação 0,79 e valor de $F_{\text{calculado}}$ (4,74) maior que o F_{tabelado} (3,29), é possível construir o modelo codificado ajustado (equação 6). Os termos não significativos que foram eliminados do modelo, foram adicionados à falta de ajuste.

$$\text{Firmeza} = 2,884 + 0,834 \cdot \text{Sulfato de cálcio} - 0,656 \cdot \text{Sulfato de cálcio}^2 + 0,077 \cdot \text{pH} + 0,12 \cdot \text{Sulfato de cálcio} \cdot \text{Goma guar} + 0,295 \cdot \text{Sulfato de cálcio} \cdot \text{pH} - 0,289 \cdot \text{Goma guar} \cdot \text{pH}$$

(Equação 6)

Na Figura 15 são apresentados os valores observados em função dos valores previstos pelo modelo.

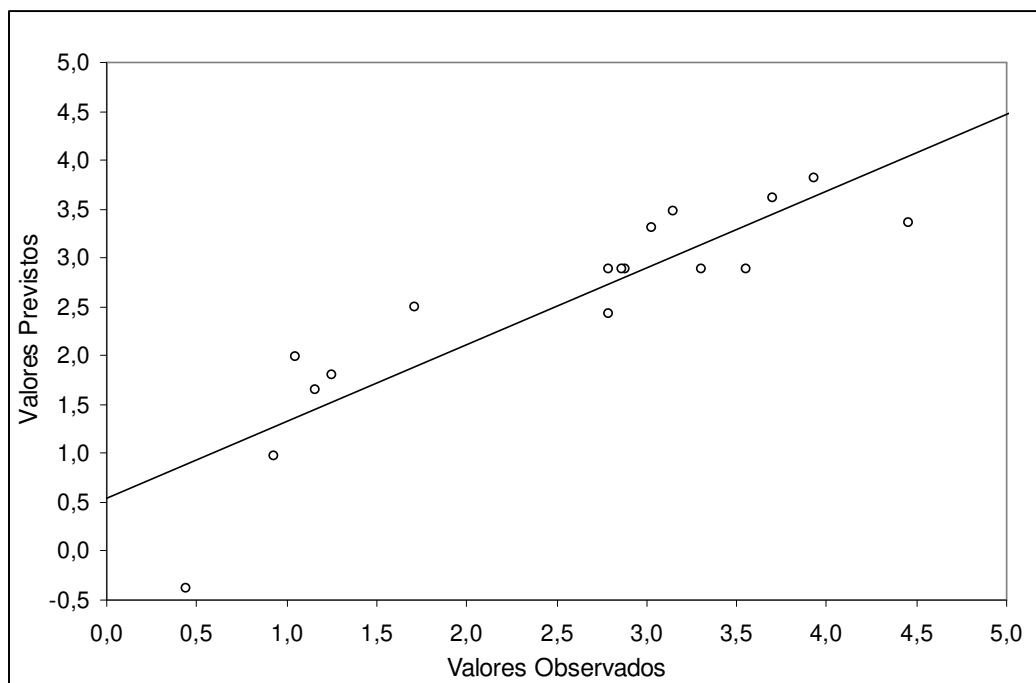


Figura 15. Valores previstos versus valores observados para firmeza (N).

Observa-se um bom ajuste dos resíduos, sendo satisfatória a previsão da tendência da variável firmeza a partir do modelo codificado ajustado.

O crescimento da firmeza relacionado ao aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, seguido pela tendência de decréscimo dessa variável em concentrações excessivas desse sal, podem ser melhor visualizados pelas superfícies de resposta e curvas de contorno ilustradas na Figura 16.

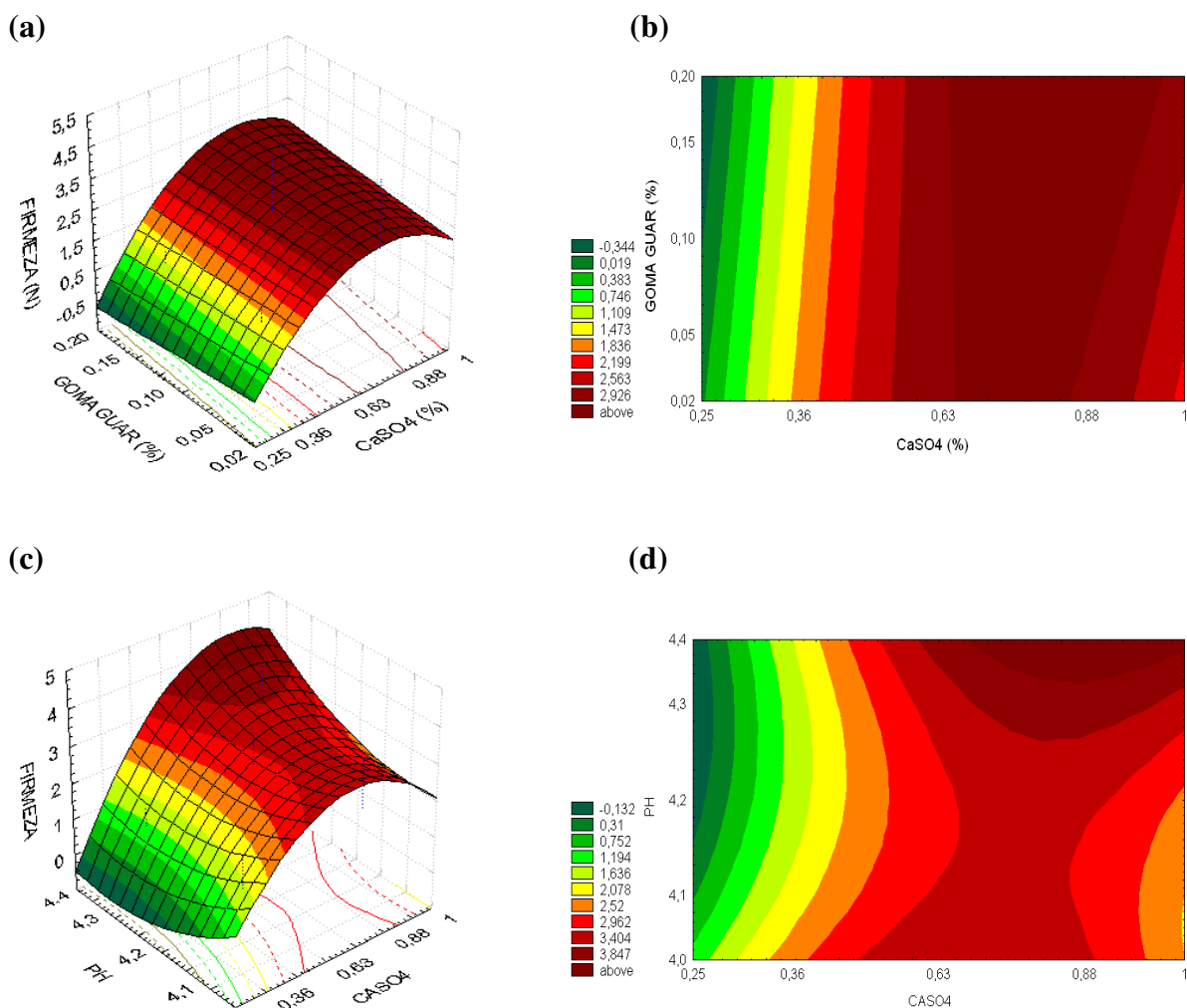


Figura 16. Superfícies de resposta e curvas de contorno para firmeza em função do CaSO_4 e goma guar (a) e (b) e do CaSO_4 e pH (c) e (d), com a terceira variável fixada no ponto central.

Com base na Figura 16, observa-se inicialmente, um aumento crescente na firmeza com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de 0,25 até 0,88%, seguido de posterior declínio desse parâmetro em concentrações superiores desse coagulante até 1% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, como verificado pelo resultado do ensaio 10, no qual o valor de firmeza foi significativamente inferior aos ensaios 4, 6 e 8, com menor concentração e coagulante (0,88%). As concentrações de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ entre 0,63% e 0,88% apresentaram produtos finais de maior firmeza (superior a 3 N), independentemente da concentração de goma guar e do pH, dentro das faixas estudadas.

Wang & Hesseltine (1982) encontraram tendências semelhantes no aumento de diferentes coagulantes (CaCl_2 , MgSO_4 , MgCl_2) em relação à firmeza do tofu, em que o aumento até 0,04M de coagulante provou aumento da firmeza do tofu, havendo rápido decréscimo dessa variável em concentrações superiores desses coagulantes até 0,08M.

Sun & Breene (1991), estudando o efeito de diferentes concentrações de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,02 a 0,06N) sobre a textura instrumental do tofu, verificou que com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ acima de 0,02N, a tendência da curva estava direcionada a um aumento da dureza até 0,05N $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, diminuindo em seguida a 0,06N $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Segundo Schaefer & Love (1992), tofu com maior teor de proteína apresenta textura mais firme e elástica.

Saio (1979), analisando a microestrutura do tofu, observou que a firmeza do tofu está correlacionada com a densidade da rede do gel, o tamanho dos grânulos de proteína na rede e o tamanho do coágulo formado durante o processo de coagulação. Quanto maior os grânulos de proteína (agregados) na rede, mais firme é o tofu. Em um outro trabalho (SAIO, KOYAMA & YAMAZAKI, 1969), esse mesmo autor verificou aumento da firmeza do tofu de diferentes variedades, com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Cai & Chang (1998) justificam o aumento da firmeza do tofu variedade Vinton à concentração de 19,2mM $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e agitação por 10s, relatando que, devido à perda de água pelo tofu pelo aumento de coagulante, as moléculas de proteína devem ficar mais próximas e formar um gel firme com o cálcio durante a etapa de coagulação e prensagem. Segundo os autores, essa estrutura mais densa e compacta mantida pelas pontes de Ca - proteína e as ligações de hidrogênio devem ser a causa da maior firmeza do tofu.

Adversamente, Lim *et al.* (1990) relataram que a firmeza do tofu não foi correlacionada ao conteúdo de proteína do tofu. Segundo os autores, provavelmente é a forma como a proteína interage com outros componentes estruturais para formar a microestrutura do tofu, e não a quantidade de proteínas que determina a firmeza do tofu.

Wang, Swain & Kwolek. (1983) encontraram uma correlação negativa entre a umidade e a firmeza do tofu, justificando que a firmeza aumenta com a diminuição do conteúdo de água.

Kao, Su & Lee (2003) estudaram o efeito da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,20, 0,25, 0,30, 0,35, 0,40, 0,45 e 0,50% sobre o leite) na microestrutura do tofu. Segundo os autores, a rede do tofu obtido com 0,2% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ revelou uma estrutura grosseira e descontínua com vários fragmentos e grandes poros. Com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ para 0,3%, houve tendência decrescente do tamanho dos poros e aumento na regularidade e uniformidade da rede. A microestrutura do tofu com 0,4% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ apresentou estrutura alveolada, mais contínua e uniforme. Essa estrutura estava bastante uniforme com poros menores do que os preparados com 0,2 e 0,3% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Quando a concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ aumentou para 0,5%, a rede do tofu tornou-se muito porosa e compacta, e não tão uniforme e regular como o obtido com 0,4% CaSO_4 , havendo perda de proteína pelo soro. O aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de 0,2 para 0,4% resultou em aumento da firmeza (concentrações maiores que 0,3% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, a firmeza manteve-se constante significativamente). A textura é considerada ser consequência direta da microestrutura, determinada pela composição química e pelas forças físicas envolvidas. Uma estrutura mais densa e compacta mantida pelas pontes de Ca - proteína e ligações de hidrogênio devem induzir a maior firmeza do tofu a maiores concentrações de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

A correlação da concentração de coagulantes e as propriedades do tofu têm sido reportadas por diversos grupos de pesquisadores (WANG & HESSELTINE, 1982; BEDDOWS & WONG, 1987b; SUN & BREENE, 1991; CAI & CHANG, 1998; HOU, CHANG & SHIH, 1997), além de trabalhos relacionados à microestrutura do tofu (SAIO, 1979; KAO, SU & LEE, 2003). Entretanto nenhuma conclusão definitiva foi traçada (KAO, SU & LEE, 2003).

5.5. Análise sensorial

As amostras selecionadas para análise sensorial corresponderam aos ensaios 6 e 11. A seleção dos ensaios foi baseada nos teores de proteína, lipídios e cálcio, na firmeza, na acidez final da amostra e na estabilidade aparente ao longo do armazenamento. Embora o ensaio 13 tenha apresentado maior teor de proteína, apresentou firmeza muito elevada e a acidez em ácido lático ficou ligeiramente acima dos padrões para iogurte (BRASIL, 2007), sendo portanto rejeitado na seleção. O ensaio 10 também foi rejeitado, pois, apesar de conter o maior teor de cálcio do experimento, apresentou reduzido teor proteico. O ensaio 6, portanto foi selecionado por apresentar elevado teor de proteína (10,53%), bom teor de lipídios (7,17%) e alta concentração de cálcio (119 mg/100g). O ensaio 11 apresentou o maior teor de proteína (10,89%), bom teor de lipídios (7,14%) e elevado teor de cálcio (111 mg/100g).

A Tabela 12 apresenta os resultados dos escores da avaliação sensorial de aroma, sabor, textura, aparência e impressão global das sobremesas de soja selecionadas adicionadas de 4% de preparado de frutas sabor frutas vermelhas.

Tabela 12. Médias de avaliação sensorial das sobremesas de soja sabor frutas vermelhas dos ensaios 6 e 11 em relação aos atributos aroma, sabor, textura, aparência e impressão global.

Ensaio	Aroma	Sabor	Textura	Aparência	Impressão global
6	6,34 ± 1,48a	5,80 ± 1,78a	6,52 ± 1,69a	6,60 ± 1,44a	6,20 ± 1,55a
11	6,48 ± 1,48a	5,84 ± 1,56a	6,24 ± 1,81b	6,68 ± 1,20a	6,16 ± 1,42a

Os valores correspondem à média das notas de 50 provadores.

Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si a $p \leq 0,05$ (Teste de Tukey).

Observa-se pela Tabela 12, que não houve rejeição a nenhum dos atributos nas duas amostras avaliadas.

Os gráficos da frequência das notas atribuídas às amostras 6 e 11 pelos provadores em relação ao aroma, sabor, textura, aparência e impressão global são apresentados nas Figuras 17 e 18, respectivamente.

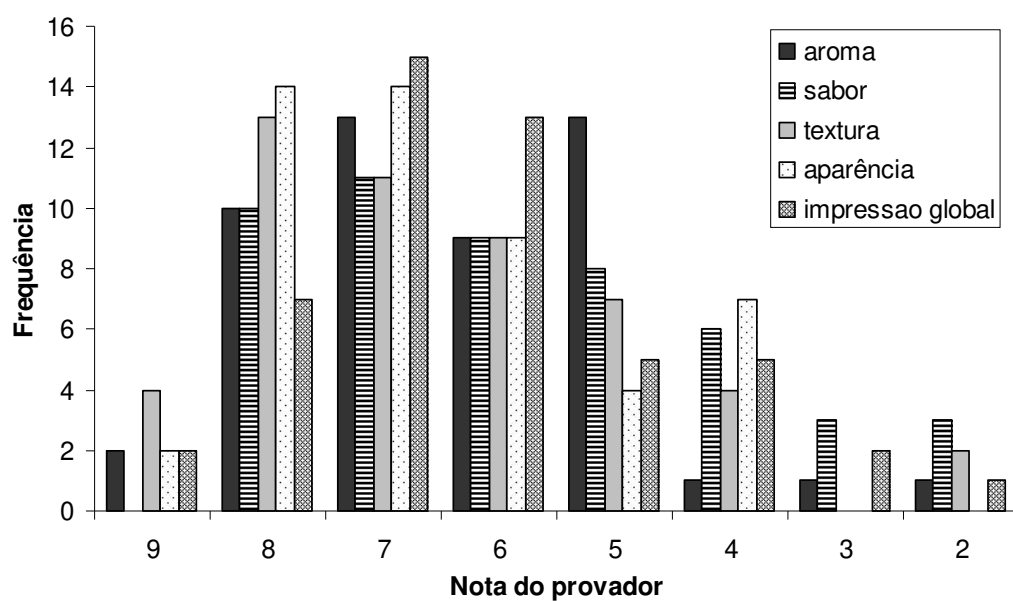


Figura 17. Frequência das notas dos atributos sensoriais para o ensaio 6.

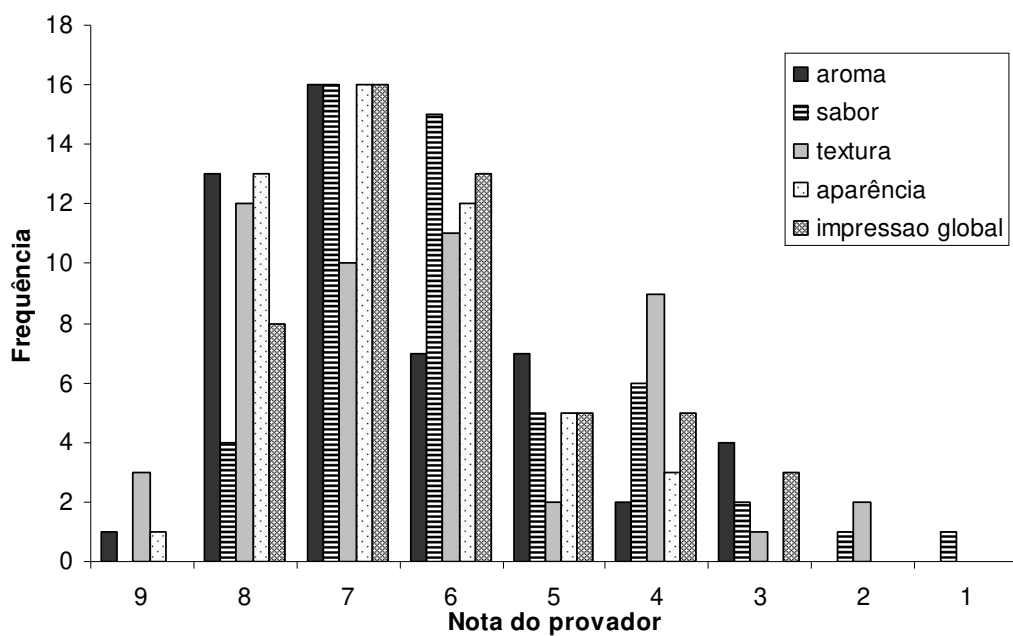


Figura 18. Frequência das notas dos atributos sensoriais para o ensaio 11.

Em geral, as amostras apresentaram sabor variando entre ‘nem gostei / nem desgostei’ (nota 5) e ‘gostei ligeiramente’ (nota 6). Para os atributos aroma, textura, aparência e impressão global, variação média das notas foi entre ‘gostei ligeiramente’ (nota 6) e ‘gostei moderadamente’ (nota 7).

Os termos “amargor”, “adstringência” e “sabor residual” foram manifestados por 12% dos provadores tanto para a amostra do ensaio 6 quanto para a do ensaio 11. 8% dos provadores manifestaram ter identificado sabor “típico de soja” na amostra do ensaio 6, e 12% no ensaio 11.

Para a amostra do ensaio 6, “textura” foi o termo citado por 40% dos provadores como ‘o que mais gostou na amostra’, seguido por “sabor”, manifestado por 30% dos indivíduos. Como ‘o que menos gostou na amostra’, “sabor” foi citado por 46% dos provadores, sendo que desses, 8% qualificou como “fraco” o atributo em questão.

Para a amostra do ensaio 11, o termo mais citado como ‘o que mais gostou’ foi “aroma”, por 30% dos provadores. 40% dos provadores consideraram “textura” e 38% “sabor” como ‘o que menos gostou da amostra’, sendo que 6% caracterizaram como “ácido” o sabor da amostra, o que deve ser atribuído ao menor pH e maior acidez (% ácido láctico) dessa amostra em relação ao ensaio 6.

Na Figura 19 estão representadas as médias das notas para os atributos aroma, sabor, textura, aparência e impressão global para sobremesa de soja tipo *petit suisse* sabor frutas vermelhas.

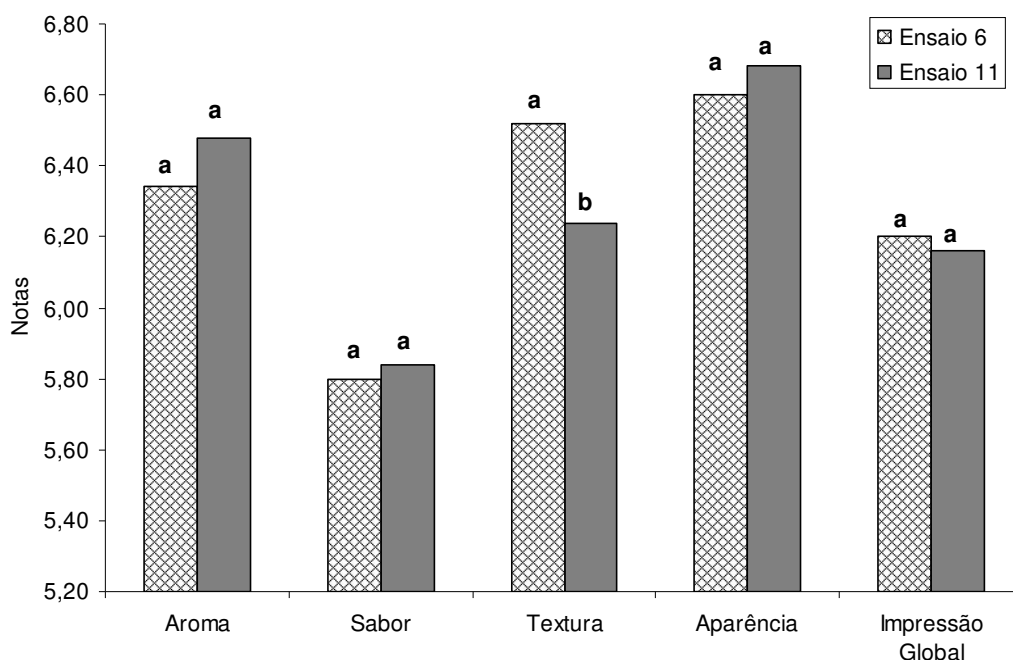


Figura 19. Atributos sensoriais para os ensaios 6 e 11.

Letras iguais não diferem significativamente entre si a $p \leq 0,05$ (Teste de Tukey).

Verifica-se que não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias das notas para quase nenhum dos atributos. Somente a textura apresentou diferença significativa a 95% de confiança, sendo a maior nota atribuída ao ensaio 6, com 0,88% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,15% de goma guar e pH 4,3.

Segundo Guo, Ono & Mikami (1997), os lipídios exercem importante influência nas características físicas (como textura e qualidade sensorial) dos produtos derivados de EHS, no entanto os ensaios apresentaram teor de lipídios significativamente iguais ($p \leq 0,05$), não sendo portanto, o parâmetro responsável pela diferença entre as notas.

Outro parâmetro que em geral, pode influenciar no atributo textura, é o teor de sólidos (ou umidade) do produto final, no entanto, é uma variável que também não teve diferença significativa entre as amostras.

Uma possível justificativa para essa diferença entre as notas desse atributo seria a diferença do teor de proteínas, e portanto, do maior número ligações com cálcio do ensaio

6, deixando a estrutura mais densa e compacta, apresentando maior firmeza e possivelmente influenciando na textura do produto final (KAO, SU & LEE, 2003).

Instrumentalmente, a textura do ensaio 6 (3,93 N) apresentou maior firmeza quando comparado ao ensaio 11 (3,56 N). Nas fichas de avaliação foram manifestadas algumas características pelos provadores relativas à textura “gomosa” das amostras do ensaio 11.

O gráfico de intenção de compra das sobremesas de soja sabor frutas vermelhas a partir dos ensaios 6 e 11 é apresentado na Figura 20.

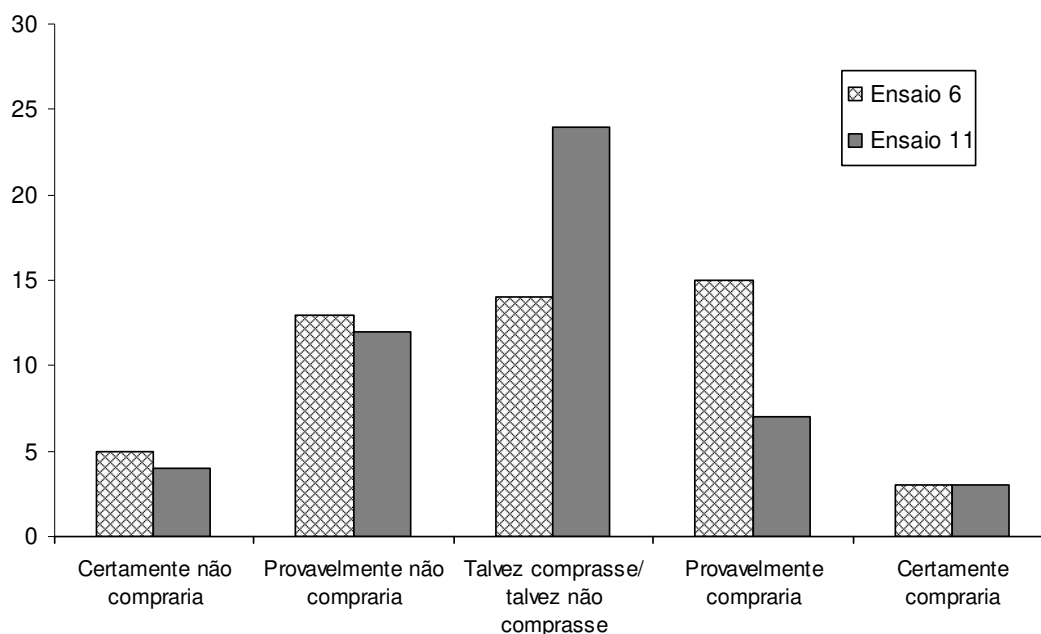


Figura 20. Intenção de compra das sobremesas de soja sabor frutas vermelhas.

Observa-se a maior aceitação da amostra do ensaio 6 pelo consumidor. A amostra foi aprovada (intenção de compra ‘certamente compraria’ ou ‘provavelmente compraria’) por 36% dos provadores, sendo que destes, 6% afirmam que ‘certamente comprariam’ essa amostra. Adversamente, 36% dos provadores rejeitam a amostra do ensaio 6 (intenção de compra ‘certamente não compraria’ ou ‘provavelmente não compraria’), e 28% têm dúvida se compraria ou não este produto.

A amostra do ensaio 11 teve aprovação (intenção de compra ‘certamente compraria’ ou ‘provavelmente compraria’) somente por 20% dos provadores. A maior parte dos consumidores (48%) tem dúvida de compraria ou não o produto. 32% rejeitaram (intenção de compra ‘certamente não compraria’ ou ‘provavelmente não compraria’) a amostra do ensaio 11.

Verifica-se assim, que a textura é um atributo que tem grande influência sobre a aceitação de sobremesa de soja tipo *petit suisse* pelos consumidores.

6. CONCLUSÕES

De uma maneira geral, as sobremesas de soja tipo *petit suisse* apresentaram composição dentro dos padrões para tofu e queijo *petit suisse*.

A concentração de sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), utilizada na elaboração do tofu, foi a variável que mais influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) a composição química e física (teor de proteína, lipídios, sólidos totais, cinzas, teor de cálcio e acidez), bem como o rendimento em proteína e a firmeza das sobremesas de soja.

A concentração de goma guar em particular, não influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) nenhuma das variáveis dependentes. Já o pH, teve influência significativa somente sobre a acidez das sobremesas de soja. A única interação entre as variáveis que foi significativa foi a interação da goma guar com o pH sobre o rendimento em proteína.

O teor de proteína dos ensaios apresentou forte correlação positiva com o conteúdo de sólidos totais e gordura. O teor de sólidos totais, além de boa correlação com a proteína, foi positivamente correlacionado a gordura e o teor de cinzas. Já a acidez titulável apresentou boa correlação com o teor de proteína, de gordura e de sólidos totais.

Os maiores teores de proteína, lipídios, acidez e firmeza foram observados nos produtos com concentrações entre 0,63 e 0,88% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

O conteúdo de cálcio aumentou linearmente com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

O rendimento em proteína foi maior em concentrações de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ próximas a 0,63% com menores concentrações de goma guar (0,02 a 0,05%) e pH entre 4,0 a 4,2. O aumento da interação goma guar e pH ocasiona declínio do rendimento em proteína. Não houve correlação entre o teor de proteína das sobremesas de soja e o rendimento em proteína.

As sobremesas de soja tipo *petit suisse* desenvolvidas nesse trabalho apresentaram teores de proteína (7,75 a 10,96%) mais elevados do que os queijos *petit suisse* (6,67 e

7,05%) e que os produtos a base de soja adicionados de frutas (0,6 a 3%) encontrados no mercado .

A firmeza aumentou com o aumento da concentração de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de 0,25 até 0,88%. No entanto, a adição de mais coagulante (até 1% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), provocou uma queda nos valores de firmeza dos produtos finais, independentemente da concentração de goma guar e do pH, dentro dos níveis estudados.

Não houve rejeição dos provadores a nenhum dos atributos sensoriais das amostras testadas (ensaios 6 e 11). As amostras apresentaram sabor variando entre ‘nem gostei / nem desgostei’ e ‘gostei ligeiramente’ e aroma, textura, aparência e impressão global, entre as escalas correspondentes a ‘gostei ligeiramente’ e ‘gostei moderadamente’.

O ensaio 6 apresentou maior aceitação na análise de intenção de compra. A textura foi o único atributo sensorial que apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras dos ensaios 6 e 11, influenciando, possivelmente, na análise do consumidor.

O ensaio 6, com 0,88% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,05% goma guar e pH 4,3 foi a melhor formulação para o desenvolvimento de sobremesa de soja tipo *petit suisse*, apresentando textura sensorial adequada, elevado teor de proteína (10,53%) e cálcio (119 mg/100g) dentre os ensaios experimentais, e boa aceitação sensorial.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Dados do complexo soja: Balanço oferta/demanda.** Disponível em: <http://www.abiove.com.br/balanco_br.html>. Acesso em 26 de abril de 2009, publicado em 12 de março, 2009.
- ALBRECHT, W. J.; MUSTAKAS, G. C. AND MCGHEE, J. E. Rate Studies on Atmospheric Steaming and Immersion Cooking of Soybeans. **Cereal Chemistry**, v. 43, p. 400-407, 1966.
- ANDERSON, J. W.; SMITH, B. M.; WASHNOCK, C.S.; Cardiovascular and renal benefits of dry bean and soybean intake. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 70 (suppl.), p. 464S-474S, 1999.
- ANTUNES, P. L. **Algumas propriedades físico-químicas e nutricionais das proteínas da soja.** 1974, 86p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1974;
- ANTUNES, P. L., SGARBIERI, V. C. Propriedades físicas, químicas e nutricionais das proteínas da soja. In: **A soja no Brasil.** MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. Campinas-SP: ITAL, p. 850-857, 1981.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. **Lex:** Diário Oficial da União de 16 de janeiro de 1998, 1998a.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ingestão Diária Recomendada (IDR) de vitaminas, minerais e proteínas. Portaria nº 33, de 13 de janeiro de 1998. **Lex:** Diário Oficial da União de 16 de janeiro de 1998, seção 1-E página 5, 1998b.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico referente a Alimentos Adicionados de Nutrientes Essenciais. Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998. **Lex:** Diário Oficial da União de 30 de março de 1998, seção 1-E, página 4, 1998c.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999. **Lex:** Diário Oficial da União de 03 de maio de 1999, seção 1, página 11, 1999.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International.** 16^a ed, Virginia, 1995.

- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria.** (2ed.) Editora da UNICAMP, Campinas-SP, 2002.
- BEDDOWS, C. G.; WONG, J. Optimization of yield and properties of silken tofu from soybeans. II. Heat processing. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 22, p. 23-27, 1987a.
- BEDDOWS, C. G.; WONG, J. Optimization of yield and properties of silken tofu from soybeans. III. Coagulant concentration, mixing and filtration pressure. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 22, p. 29-34, 1987b.
- BIET, K. R. A., **Otimização de processo para obtenção de “Tofu”.** 1994, 105 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 1994.
- BLIGH, E. G.; DYER, J. W. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry and Physiology**, v.27, p.911-917, 1959.
- BOURNE, M. C.; CLEMENTE, M. G.; BANZON, J. Survey of suitability of thirty cultivars of soybeans for soymilk manufacture. **Journal of Food Science**, v. 41, n. 5, p. 1204-1208, 1976.
- BRANDI, M. L. Natural and synthetic isoflavones in the prevention and treatment of chronic diseases. **Calcified Tissue International**, v. 61 (suppl.), p. S5-S8, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos . Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. **Lex:** Diário Oficial da União de 11/03/1996, seção 1, página 3977, 1996.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijo "Petit Suisse". Instrução Normativa nº 53, de 23 de dezembro de 2000. **Lex:** Diário Oficial da União de 04/01/2001, seção 1, página 3, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites fermentados. Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. **Lex:** Diário Oficial da União de 24/10/2007, seção 1, página 5, 2007.
- CAI, T. D.; CHANG, K. C. Characteristics of production-scale tofu as affected by soymilk coagulation method: propeller blade size, mixing time and coagulant concentration. **Food Research International**, v. 31, n. 4, p. 289-295, 1998.
- CHAUHAN, S. K.; SINGH, J. D.; TOMAR, N. S. Nutritional changes in soymilk subjected to different physical and chemical treatments. **Journal of Food Science and Technology**, v. 35, n. 3, p. 271-273, 1998a.

- CHAUHAN, S. K.; LAL, B. B.; JOSHI, V. K. Development of a protein-rich mango beverage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 35, n. 6, p. 521-523, 1998b.
- CHENG, Y.; SHIMIZU, N.; KIMURA, T. The viscoelastic properties of soybean curd (tofu) as affected by soymilk concentration and type of coagulant. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 40, p. 385-390, 2005.
- CIABOTTI, S. **Aspectos químico, físico-químico e sensorial de extratos de soja e tofus obtidos dos cultivares de soja convencional e livre de lipoxigenase**. 2004. 122p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.
- COWARD, L.; BARNES, C.; SETCHELL, K. D. R.; BARNES, S. Genistein, Daidzein, and their β -glycoside conjugates: antitumor isoflavones in soybeans foods from american and asian diets. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, n. 11, p. 1961-1967, 1993.
- EMBRAPA, **Soja**, Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/index>>. Acesso em: 15 março, 2009.
- EMBRAPA SOJA, **A soja no Brasil**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em 22 jan. 2009, publicado em 2004.
- ESTEVES, E. A.; MONTEIRO, J. B. R. Efeitos benéficos das isoflavonas de soja em doenças crônicas. **Revista de Nutrição**, v. 14, n. 1, p. 43-52, 2001.
- FRIAS, A. C. D. **Efeitos da goma guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) sobre a ingestão de alimentos, lipidemia e glicemia em ratos normais e diabéticos**. 1996, 117 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1996.
- FRIEDMAN, M.; BRANDON, D. L. Nutritional and health benefits of soy proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 3, p. 1069-1086, 2001.
- GOLBITZ, P.; JORDAN, J. Soyfoods: Market and Products. In: **Soy Applications in Food**. RIAZ, M. N., New York: CRC Press, cap. 1, p. 2-21, 2006.
- GOLDSTEIN, A. M., ALTER, E. N., SEAMAN, J. K. Guar gum. In: **Industrial gums**. (2ed). WHISTLER, R. & BeMILLER, J. San Diego: Academic Press, cap. 14, p. 303-321, 1973.
- GOMES, R. P. **A soja**. (2ed). São Paulo: Nobel, 151p., 1976.
- GOOSSENS, A. E. Protein foods: flavors and off-flavors. **Food Engineering**, v. 4, n. 10, p. 59-60, 1974.
- GUO, S. T.; ONO, T.; MIKAMI, M. Interaction between protein and lipid in soybean milk at elevated temperature. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 4601-4605, 1997.

- GUO, S. T.; ONO, T.; MIKAMI, M. Incorporation of soy milk lipid into protein coagulum by addition of calcium chloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 3, p. 901-905, 1999.
- GUO, S. T.; TSUKAMOTO, C.; TAKAHASHI, K.; YAGASAKI, K.; NAN, Q. X.; ONO, T. Incorporation of soymilk lipid into soy protein coagulum by the addition of calcium chloride. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 9, p. 3215-3219, 2002.
- HOU, H. J.; CHANG, K. C.; SHIH, M. C. Yield and textural properties of soft tofu as affected by coagulation method. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 4, p. 824-827, 1997
- HUANG, A. S.; HSIEH, O. A. L.; CHANG, S. S. Characterization of the nonvolatile minor constituents responsible of the objectionable taste of defatted soybean flour. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 1, p. 19-23, 1982.
- ISHIGURO, T.; ONO, T.; NAKASATO, K. The localization of phytate in tofu curd formation and effects of phytate on tofu texture. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 2, p. c67-c-71, 2008.
- KAO, F. J.; SU, N. W.; LEE, M. H. Effect of calcium sulfate concentration in soymilk on the microstructure of firm tofu and the protein constitutions in tofu whey. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 51, n. 21, p. 6211-6216, 2003.
- KOHYAMA, K.; SANO, Y.; DOI, E. Rheological Characteristics and Gelation Mechanism of Tofu (Soybean Curd). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, n. 7, p. 1808-1812, 1995.
- KWOK, K-C.; NIRANJAN, K. Review: Effect of thermal processing on soymilk. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 30, p. 263-295, 1995.
- LACTOSOJA. **Parceria com o inventor da vaca mecânica**. Disponível em <<http://www.lactosoja.com.br/news.asp?InCdSecao=&InCdEditoria=1&InCdMateria=31>> Acesso em 22 jan. 2009, publicado em 13 de dezembro, 2008.
- LIENER, I. E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v. 34, n. 1, p. 31-67, 1994.
- LIM, B. T.; DeMAN, J. M.; DeMAN, L.; BUZZELL, R. I. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics. Calcium sulfate coagulant. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 4, p. 1088-1900, 1990.
- LIU, K. **Soybeans: chemistry, technology and utilization**. New York: Chapman & Hall, 1999. 532p.
- LIU, Z-S.; CHANG, S. K-C. Effect of soy milk characteristics and cooking conditions on coagulant requirements of making filled tofu. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 3405-3411, 2004.

- MAIER, H.; ANDERSON, M.; KARL, C.; MAGNUSON, K. Guar, locust bean, tara and fenugreek gums. In: **Industrial gums**. (3ed). WHISTLER, R. & BeMILLER, J. San Diego: Academic Press, cap. 8, p. 181-226, 1993.
- MEILGAARD, M. R.; CIVILLIE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evalution Techniques**. 3ed. Boca Raton: CRC Press, 1999. 409p.
- MESSINA, M. J. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 70 (suppl.), p. 439S-450S, 1999.
- MIN, S.; YU, Y.; MARTIN, S. S., Effect of soybean varieties and growing locations on the physical and chemical properties of soymilk and tofu. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 1, p. C8-C12, 2005.
- MORAES, R. M.; HAJ-ISA, N. M. A.; ALMEIDA, T. C. A.; MORETTI, R. H. Efeito da desodorização nas características sensoriais de extratos hidrossolúveis de soja obtidos por diferentes processos tecnológicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 46-51, 2006.
- MORETTI, R. H.; GUTIERREZ, R. H. Produção de leite de soja em escala semi-industrial. In: **A soja no Brasil**. MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. Campinas-SP: ITAL, p. 979-986, 1981.
- OBATOLU, V. A. Effect of different coagulants on yield and quality of tofu from soymilk. **European Food Research and Technology**, v. 226, p. 467-472, 2008.
- ONO, T.; KATHO, S.; MOTHIZUKI, K. Influences of calcium and pH on protein solubility in soybean milk. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 57, n. 1, p. 24-28, 1993.
- PRABHAKARAN, M. P.; PERERA, C. O.; VALIYAVEETIL, S. Effect of different coagulans on the isoflavone levels and physical properties of prepared firm tofu. **Food Chemistry**, v. 99, p. 492-499, 2006.
- RODRIGUES, R. S., **Caracterização de extratos de soja obtidos de grãos, farinha integral e isolado protéico visando à formulação e avaliação biológica (em coelhos) de bebida funcional à base de extrato de soja e polpa de pêssegos**. 2003, 177 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.
- SAIO, K. Tofu-relationships between texture and fine structure. **Cereal Foods World**, v. 24, n. 8, p. 342-354, 1979.
- SAIO, K.; KOYAMA, E.; YAMAZAKI, S. Protein-calcium-phytic acid relationships in soybean. Part III. Effect of phytic acid on coagulative reaction in tofu-making. **Agricultural Biological Chemistry**, v. 33, n. 1, p. 36-42, 1969.

- SALGADO, J. M. **O que são alimentos funcionais?**. In: SBAF – Sociedade Brasileira de Alimentos Funcionais, Disponível em: <http://www.sbafo.org.br/sbafo/alimentos_funcionais.htm>. Acesso em 14 de outubro, 2007.
- SANTANA, L. R. R.; SANTOS, L. C. S.; NATALICIO, M. A.; MONDRAGON-BERNAL, O. L.; ELIAS, E. M.; SILVA, C. B.; ZEPKA, L. Q.; MARTINS, I. S. L.; VERNAZA, M. G.; CASTILLO-PIZARRO, C.; BOLINI, H. M. A. Perfil Sensorial de Iogurte *Light*, Sabor Pêssego. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2006.
- SAS (Statistical Analysis System) – Release 8.2. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1999.
- SETCHELL, K. D. R. Phytoestrogens: the biochemistry, physiology, and implications for human health of soy isoflavones. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 68 (suppl.), p. 133S-146S, 1998.
- SCHAEFER, M. J.; LOVE, J. Relationships between soybean components and tofu texture. **Journal of Food Quality**, v. 15, n. 1, p. 53-56, 1992.
- SHURTLEFF, W.; AOYAGI, A. **The book of tofu**. Canada: Ten Speed Press, 1998. 336p.
- SKURRAY, G.; CUNICH, J.; CARTER, O. The effect of different varieties of soybean and calcium ion concentration on the quality of tofu. **Food Chemistry**, v. 6, n. 2, p. 89-95, 1980.
- SNYDER, H. E.; KWON, T. W. **Soybean utilization**. New York: AVI Book, 1987. 346p.
- SONG, T.; BARUA, K.; BUSEMAN, G.; MURPHY, P. A. Soy isoflavone analysis: quality control and new internal standard. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 68 (suppl.), p. 1474S-1479S, 1998.
- SOYATECH, LLC. Growing opportunities. **Soy Facts**. Disponível em <http://www.soyatech.com/soy_facts.htm>. Acesso em 26 de abril, 2009.
- STATISTICA for windows – Release 5.0 A. Tulsa: Statsoft Inc., 1995.
- SUN, N.; BREENE, W. M. Calcium sulfate concentration influence on yield and quality of tofu from five soybean varieties. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 6, p. 1604-1610, 1991
- UMBELINO, D. C.; ROSSI, E. A.; CARDELLO, H. M. A. B.; LEPERA, J. S. Aspectos tecnológicos e sensoriais do “iogurte” de soja enriquecido com cálcio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 3, p. 276-280, 2001.
- USDA. National Nutrient Database for Standard Reference. Versão em português Disponível em: <<http://www.spssoft.com.br/nutrisoft/usdap.htm>>. Acesso em 21 abr. 2009, publicado em 2001.

- VEIGA, P. G.; CUNHA, R. L.; VIOTTO, W. H.; PETENATE, A. J. Caracterização químico, reológica e aceitação sensorial de queijo *petit suisse* brasileiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V. 20, n. 3, p.349-357, 2000.
- WANG, H. J.; MURPHY, P. A. Isoflavone content in commercial soybean foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 8, p. 1666-1673, 1994.
- WANG, H. J.; MURPHY, P. A. Mass balance study of isoflavones during soybean processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 4a, n. 8, p. 2377-2383, 1996.
- WANG, H. L.; HESSELTINE, C. W. Coagulation conditions in tofu processing. **Process Biochemistry**, v. 17, p. 7-8; 11-12, Jan./Fev., 1982.
- WANG, H. L.; SWAIN, E. W.; KWOLEK, W. F. Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu. **Cereal Chemistry**, v. 60, n. 3, p. 245-248, 1983.
- ZANGELMI, A. C. B.; TAGLINOLATTO, M. A.; DIAS, E. L.; LANGE, D. A. Produtos de soja: leite, farinha e outros. **Série Tecnologia Agroindustrial**, n. 10, São Paulo, SP. 1982. 158p.

ANEXO I

Ficha sensorial do teste afetivo e intenção de compra

Nome: _____ Idade: _____ Data: _____

Email: _____

1. Você está recebendo 2 (duas) amostras de sobremesa de soja sabor frutas vermelhas. Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas e indique o quanto você gostou ou desgostou de cada uma utilizando a escala abaixo:

- 9 – gostei muitíssimo
- 8 – gostei muito
- 7 – gostei moderadamente
- 6 – gostei ligeiramente
- 5 – nem gostei / nem desgostei
- 4 – desgostei ligeiramente
- 3 – desgostei moderadamente
- 2 – desgostei muito
- 1 – desgostei muitíssimo

	AROMA	SABOR	TEXTURA	APARÊNCIA	IMPRESSÃO GLOBAL
AMOSTRA	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

2. Por favor, com relação a cada amostra, indique qual seria sua INTENÇÃO DE COMPRA seguindo a escala abaixo:

- 5 – Certamente compraria este produto
- 4 – Provavelmente compraria este produto
- 3 – Tenho dúvidas se compraria ou não este produto
- 2 – Provavelmente não compraria este produto
- 1 – Certamente não compraria este produto

AMOSTRA	_____	_____
INTENÇÃO DE COMPRA	_____	_____

3. Comente o que você mais gostou e menos gostou nas amostras:

AMOTRA _____

MAIS GOSTEI: _____

MENOS GOSTEI: _____

AMOTRA _____

MAIS GOSTEI: _____

MENOS GOSTEI: _____

ANEXO II

A) Características físico-químicas das sobremesas de soja

Ensaio	Proteína (%) Média*	Lipídios (%) Média*	ST (%) Média*	Cinzas (%) Média*	Acidez (%) ^a Média*
1	8,94 ± 0,03 h	6,350 ± 0,01 f	27,78 ± 0,03 d	1,04 ± 0,02 e	1,19 ± 0,01 ef
2	9,41 ± 0,09 f	6,41 ± 0,11 ef	30,44 ± 0,28 c	2,49 ± 0,01 c	1,32 ± 0,02 cd
3	8,46 ± 0,14 i	5,99 ± 0,06 g	26,88 ± 0,03 d	1,01 ± 0,03 e	1,17 ± 0,01 f
4	10,16 ± 0,05 cd	7,05 ± 0,08 bc	31,86 ± 0,08 ab	2,64 ± 0,14 b	1,390 ± 0,004 b
5	9,15 ± 0,1 g	6,27 ± 0,07 f	27,85 ± 0,13 d	1,07 ± 0,03 e	1,035 ± 0,002 h
6	10,53 ± 0,06 b	7,17 ± 0,11 b	32,71 ± 0,34 a	2,70 ± 0,02 b	1,16 ± 0,01 f
7	7,85 ± 0,05 j	5,53 ± 0,11 h	25,66 ± 0,03 e	1,04 ± 0,01 e	0,90 ± 0,02 i
8	9,91 ± 0,03 e	6,83 ± 0,07 cd	31,70 ± 0,08 ab	2,98 ± 0,01 a	1,16 ± 0,02 f
9	7,75 ± 0,04 j	5,02 ± 0,01 i	24,68 ± 0,07 e	0,777 ± 0,004 f	0,93 ± 0,01 i
10	10,08 ± 0,12 de	6,60 ± 0,11 de	32,45 ± 0,74 a	3,03 ± 0,01 a	1,30 ± 0,04 d
11	10,89 ± 0,03 a	7,14 ± 0,05 b	32,56 ± 0,80 a	1,82 ± 0,02 d	1,37 ± 0,01 bc
12	10,66 ± 0,03 b	7,01 ± 0,04 bc	32,09 ± 0,99 a	1,84 ± 0,01 d	1,36 ± 0,01 bc
13	10,96 ± 0,04 a	7,75 ± 0,05 a	31,71 ± 0,08 ab	1,80 ± 0,04 d	1,560 ± 0,004 a
14	10,59 ± 0,03 b	7,50 ± 0,16 a	30,82 ± 0,14 bc	1,85 ± 0,09 d	1,103 ± 0,001 g
15	10,06 ± 0,04 de	6,97 ± 0,04 bc	30,03 ± 0,11 c	1,77 ± 0,03 d	1,22 ± 0,01 e
16	10,21 ± 0,05 cd	7,16 ± 0,08 b	30,39 ± 0,11 c	1,788 ± 0,004 d	1,277 ± 0,002 d
17	10,29 ± 0,04 cd	7,16 ± 0,05 b	30,41 ± 0,07 c	1,77 ± 0,01 d	1,28 ± 0,01 d
Máx.	10,96	7,75	32,71	3,03	1,56
Mín.	7,75	5,02	24,68	0,78	0,90

^a Acidez titulável expressa em porcentagem de ácido láctico.

* Os resultados representam a média de triplicata ± desvio padrão.

ST : Sólidos Totais

Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si a p≤0,05 (Teste de Tukey).

B) Coeficientes de regressão, ANOVA e gráfico dos valores previstos pelo modelo versus valores observados da composição físico-química.

Proteína*

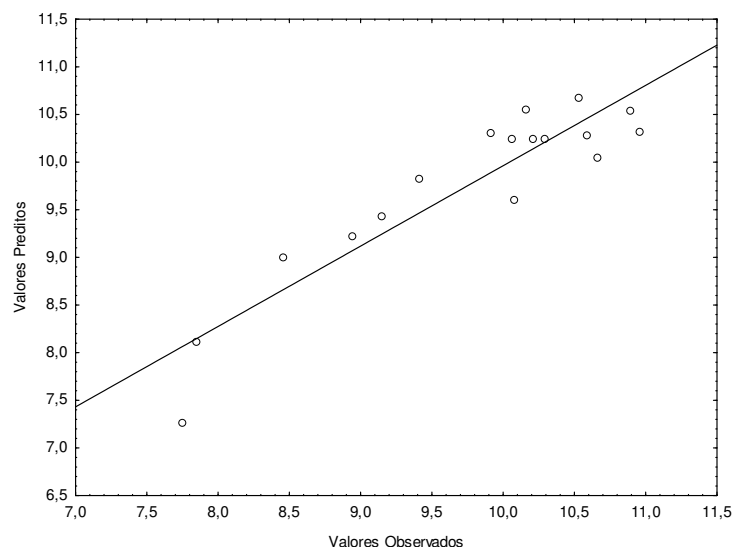
	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(7)	p
Média	10,242	0,347	29,532	<0,001
CaSO ₄ (L)	0,698	0,163	4,284	0,004
CaSO ₄ (Q)	-0,639	0,179	-3,563	0,009
Guar (L)	-0,149	0,163	-0,916	0,390
Guar (Q)	0,019	0,179	0,105	0,919
pH (L)	-0,011	0,163	-0,068	0,947
pH (Q)	0,019	0,179	0,105	0,919
CaSO ₄ x Guar (L)	0,239	0,213	1,122	0,299
CaSO ₄ x pH (L)	0,159	0,213	0,746	0,480
Guar x pH (L)	-0,274	0,213	-1,287	0,239

ANOVA completa

Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média Quadrática	Fcal
Regressão	13,6766	9	1,5196	4,20
Resíduo	2,5356	7	0,3622	
Falta de ajuste	2,5083	5	0,5017	36,80
Erro puro	0,0273	2	0,0136	
Total	16,2122	16	1,0133	
$R^2 = 0,84$				$F_{tab (9;7; 0,05)} = 3,68$ $F_{tab (5;2; 0,05)} = 19,30$

ANOVA ajustada

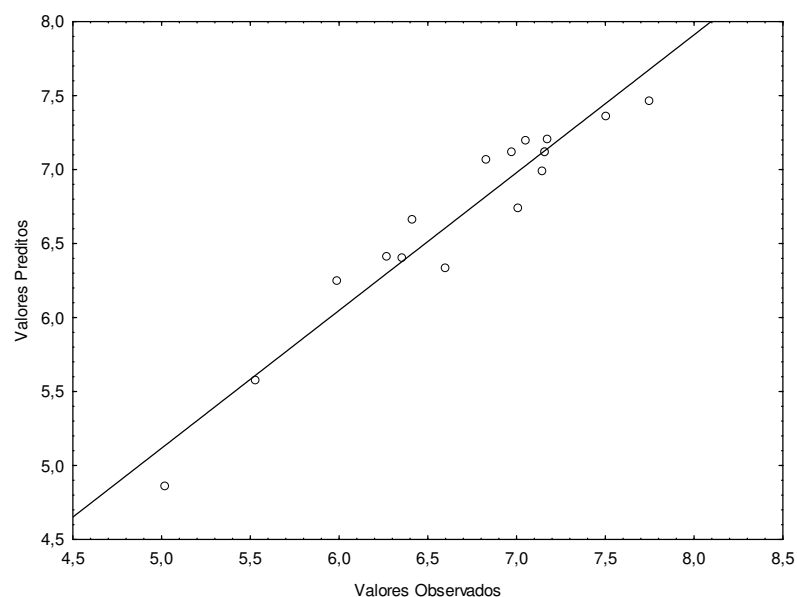
Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média Quadrática	Fcal
Regressão	12,1078	2	6,0539	20,65
Resíduo	4,1044	14	0,2932	
Falta de ajuste	4,0771	12	0,3398	24,92
Erro puro	0,0273	2	0,0136	
Total	16,2122	16	1,0133	
$R^2 = 0,75$				$F_{tab (2;14; 0,05)} = 3,74$ $F_{tab (12;2; 0,05)} = 19,41$



Valores previstos *versus* valores observados

Lipídios*

	Coefficiente de regressão	Erro padrão	t(7)	p
Média	7,121	0,161	44,155	<0,001
CaSO ₄ (L)	0,438	0,076	5,779	0,001
CaSO ₄ (Q)	-0,537	0,083	-6,446	<0,001
Guar (L)	-0,075	0,076	-0,985	0,357
Guar (Q)	-0,090	0,083	-1,080	0,316
pH (L)	-0,031	0,076	-0,407	0,696
pH (Q)	0,104	0,083	1,253	0,250
CaSO ₄ x Guar (L)	0,175	0,099	1,769	0,120
CaSO ₄ x pH (L)	0,135	0,099	1,364	0,215
Guar x pH (L)	-0,170	0,099	-1,718	0,129



ANOVA completa

Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média quadrática	Fcal
Regressão	7,4372	9	0,8264	10,55
Resíduo	0,5483	7	0,0783	
Falta de ajuste	0,5242	5	0,1048	8,71
Erro puro	0,0241	2	0,0120	
Total	7,9855	16	0,4991	
$R^2 = 0,93$			$F_{tab (9;7; 0,05)} = 3,68$	
			$F_{tab (5;2; 0,05)} = 19,30$	

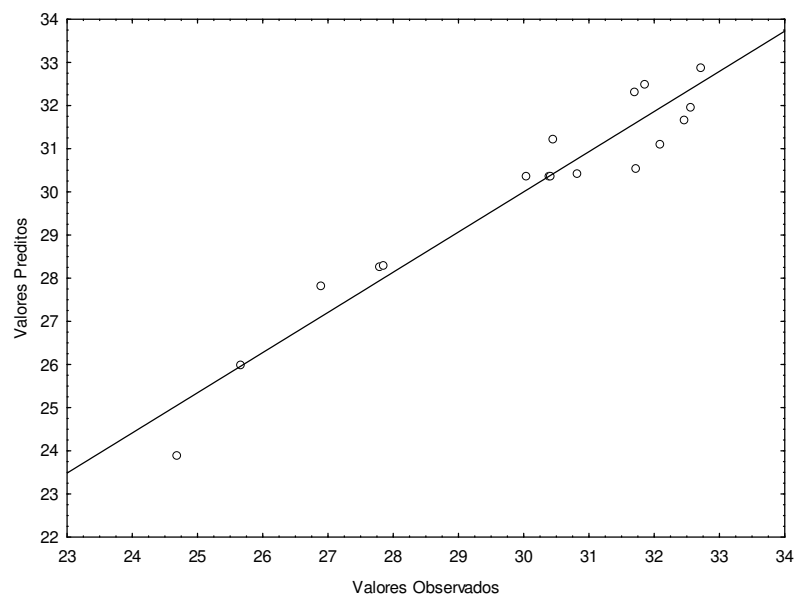
ANOVA ajustada

Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média quadrática	Fcal
Regressão	6,4229	2	3,2115	28,77
Resíduo	1,5626	14	0,1116	
Falta de ajuste	1,5385	12	0,1282	10,65
Erro puro	0,0241	2	0,012	
Total	7,9855	16	0,4991	
$R^2 = 0,80$			$F_{tab (2;14; 0,05)} = 3,74$	
			$F_{tab (12;2; 0,05)} = 19,41$	

Valores previstos *versus* valores observados

Sólidos Totais*

	Coefficiente de regressão	Erro Padrão	t(7)	p
Média	30,366	0,576	52,751	<0,001
CaSO ₄ (L)	2,314	0,270	8,561	<0,001
CaSO ₄ (Q)	-0,913	0,298	-3,067	0,018
Guar (L)	-0,254	0,270	-0,940	0,378
Guar (Q)	0,417	0,298	1,400	0,204
pH (L)	-0,039	0,270	-0,145	0,888
pH (Q)	0,042	0,298	0,141	0,892
CaSO ₄ x Guar (L)	0,438	0,353	1,239	0,255
CaSO ₄ x pH (L)	0,408	0,353	1,154	0,286
Guar x pH (L)	-0,465	0,353	-1,317	0,229



ANOVA completa

Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média Quadrática	Fcal
Regressão	94,1663	9	10,4629	10,48
Resíduo	6,9860	7	0,9980	
Falta de ajuste	6,8946	5	1,3789	30,15
Erro puro	0,0915	2	0,0457	
Total	101,1524	16	6,3220	
R ² = 0,93			F _{tab} (9;7; 0,05) = 3,68	
			F _{tab} (5;2; 0,05) = 19,30	

ANOVA ajustada

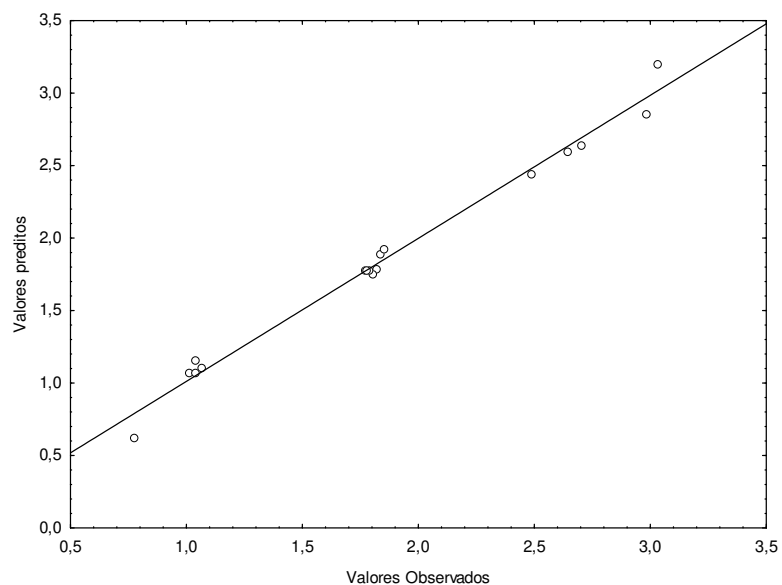
Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média Quadrática	Fcal
Regressão	86,6351	2	43,3175	41,77
Resíduo	14,5173	14	1,037	
Falta de ajuste	14,4259	12	1,2022	26,29
Erro puro	0,0915	2	0,0457	
Total	101,1524	16	6,322	
R ² = 0,86			F _{tab} (2;14; 0,05) = 3,74	
			F _{tab} (12;2; 0,05) = 19,41	

Valores previstos *versus* valores observados

Cinzas*

ANOVA completa

	Coefficiente de regressão	Erro padrão	t(7)	p
Média	1,777	0,072	24,581	<0,001
CaSO ₄ (L)	0,765	0,034	22,537	<0,001
CaSO ₄ (Q)	0,047	0,037	1,269	0,245
Guar (L)	0,030	0,034	0,879	0,408
Guar (Q)	0,021	0,037	0,554	0,597
pH (L)	0,051	0,034	1,491	0,180
pH (Q)	0,021	0,037	0,551	0,599
CaSO ₄ x Guar (L)	0,062	0,044	1,391	0,207
CaSO ₄ x pH (L)	0,062	0,044	1,402	0,204
Guar x pH (L)	0,014	0,044	0,326	0,754



Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média quadrática	Fcal
Regressão	8,1314	9	0,9035	57,40
Resíduo	0,1102	7	0,0157	
Falta de ajuste	0,1100	5	0,0220	263,43
Erro puro	0,0002	2	0,0001	
Total	8,2415	16	0,5151	

$R^2 = 0,98$

$F_{tab(9;7; 0,05)} = 3,68$
 $F_{tab(5;2; 0,05)} = 19,30$

ANOVA ajustada

Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média quadrática	Fcal
Regressão	7,9949	1	7,9949	486,29
Resíduo	0,2466	15	0,0164	
Falta de ajuste	0,2464	13	0,019	226,96
Erro puro	0,0002	2	0,0001	
Total	8,2415	16	0,5151	

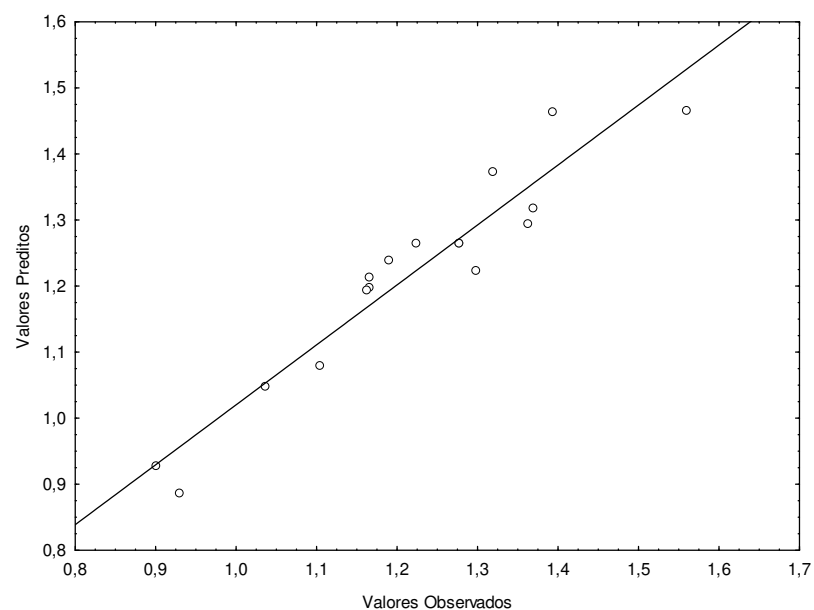
$R^2 = 0,97$

$F_{tab(1;15; 0,05)} = 4,54$
 $F_{tab(13;2; 0,05)} = 19,41$

Valores previstos *versus* valores observados

Acidez*

	Coefficiente de regressão	Erro Padrão	t(7)	p
Média	1,266	0,045	28,370	<0,001
CaSO ₄ (L)	0,100	0,021	4,777	0,002
CaSO ₄ (Q)	-0,075	0,023	-3,240	0,014
Guar (L)	-0,007	0,021	-0,347	0,739
Guar (Q)	0,014	0,023	0,617	0,557
pH (L)	-0,115	0,021	-5,499	0,001
pH (Q)	0,002	0,023	0,108	0,917
CaSO ₄ x Guar (L)	0,029	0,027	1,052	0,328
CaSO ₄ x pH (L)	0,004	0,027	0,150	0,885
Guar x pH (L)	-0,023	0,027	-0,854	0,421



ANOVA completa

Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média Quadrática	Fcal
Regressão	0,4127	9	0,0459	7,65
Resíduo	0,0420	7	0,0060	
Falta de ajuste	0,0400	5	0,0080	8,12
Erro puro	0,0020	2	0,0010	
Total	0,4547	16	0,0284	
R ² = 0,90			F _{tab} (9;7; 0,05) = 3,68	
			F _{tab} (5;2; 0,05) = 19,30	

ANOVA ajustada

Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média Quadrática	Fcal
Regressão	0,3985	3	0,1328	30,75
Resíduo	0,0562	13	0,0043	
Falta de ajuste	0,0542	11	0,0049	5
Erro puro	0,002	2	0,001	
Total	0,4547	16	0,0284	
R ² = 0,88			F _{tab} (3;13; 0,05) = 3,41	
			F _{tab} (11;2; 0,05) = 19,40	

Valores previstos *versus* valores observados

*Observações:

Efeitos em negrito são significativos a $p \leq 0,05$.

(L): Termo linear

(Q): Termo quadrático

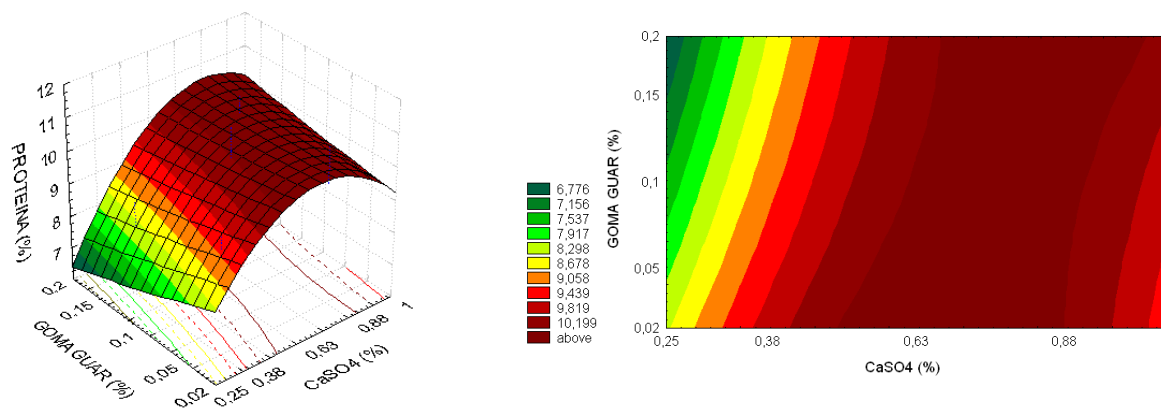
ANOVA completa: Análise de variância de todos estudados.

ANOVA ajustada: Análise de variância dos termos significativos ($p \leq 0,05$).

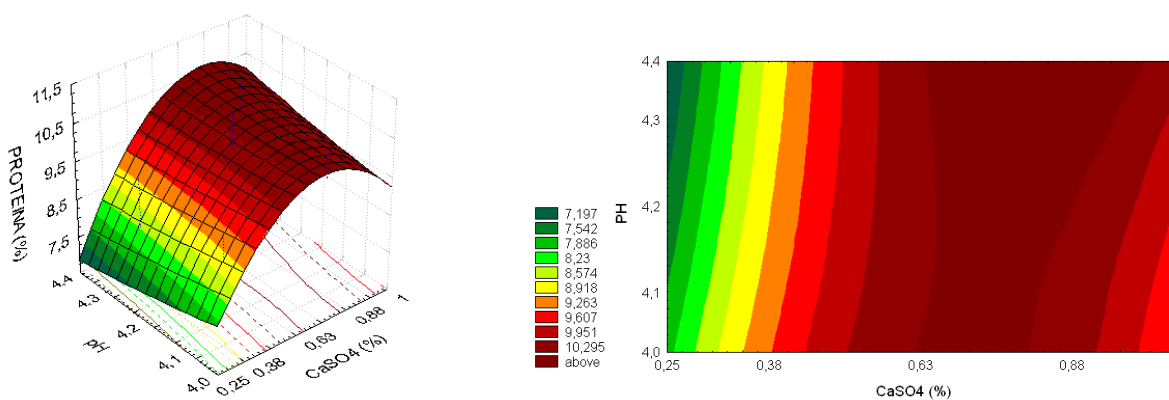
R²: Coeficiente de determinação. É uma medida do grau de proximidade entre os valores estimados e observados da variável dependente dentro da amostra utilizada para estimar a regressão, sendo, portanto uma medida do sucesso da estimativa.

C) Superfícies de resposta e curvas de contorno da composição físico-química das sobremesas de soja dos ensaios experimentais.

Proteína

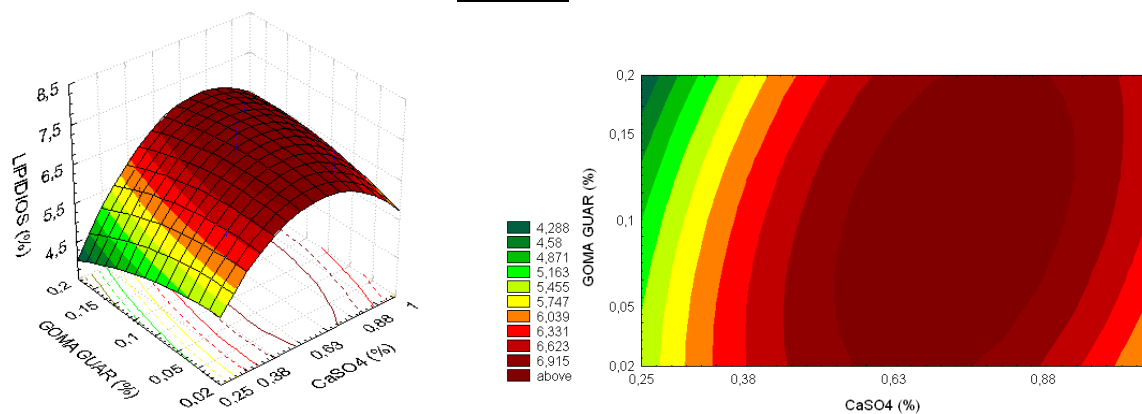


Proteína (%): CaSO₄·2H₂O X Goma guar (pH no ponto central)

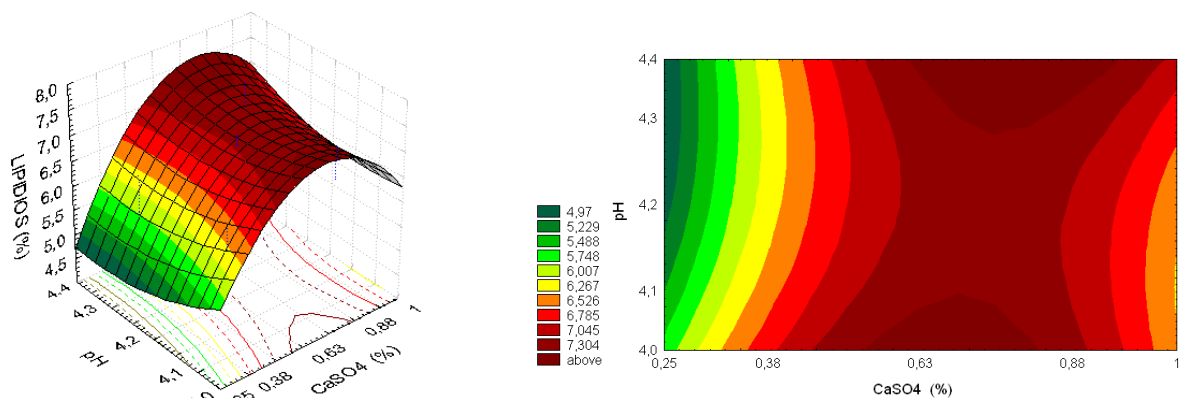


Proteína (%): CaSO₄·2H₂O X pH (goma guar no ponto central)

Lipídios

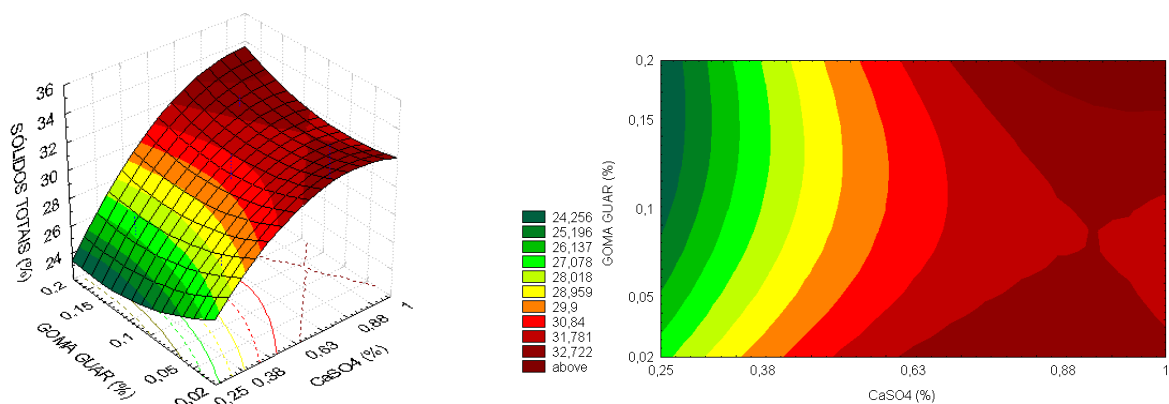


Lipídios (%): CaSO₄·2H₂O X Goma guar (pH no ponto central)

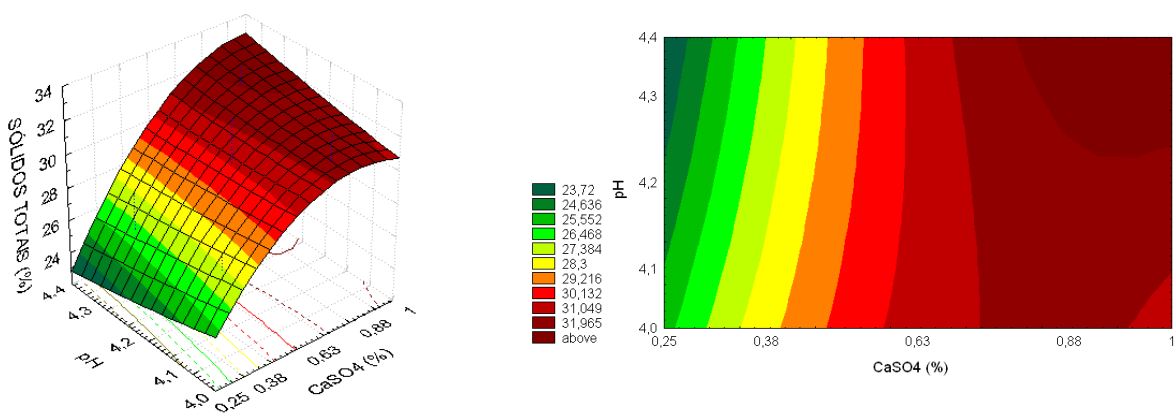


Lipídios (%):CaSO₄·2H₂O X pH (goma guar no ponto central)

Sólidos Totais

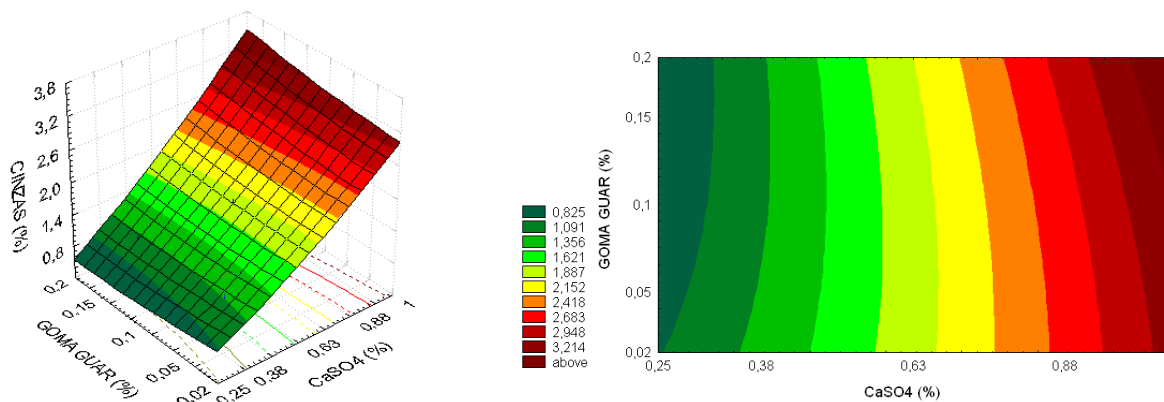


Sólidos Totais (%): CaSO₄·2H₂O X Goma guar (pH no ponto central)

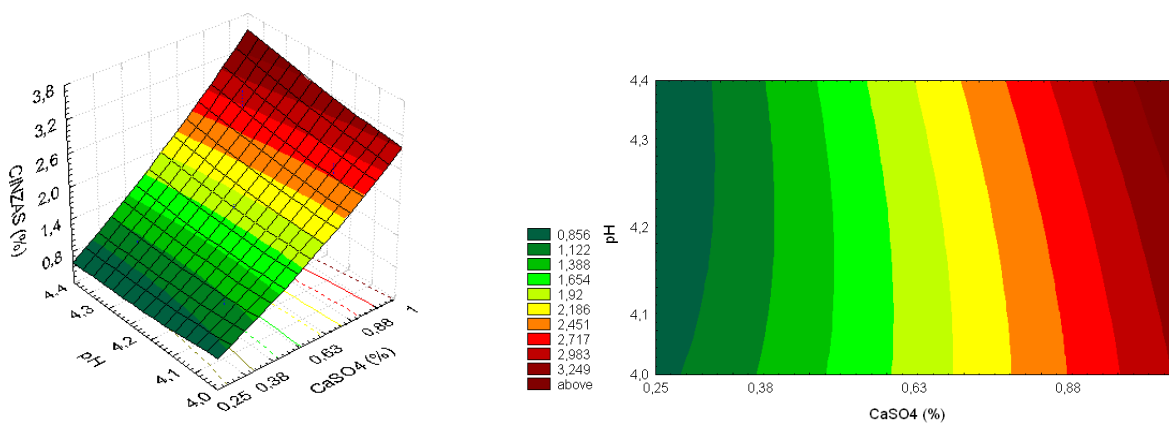


Sólidos Totais (%): CaSO₄·2H₂O X pH (goma guar no ponto central)

Cinzas

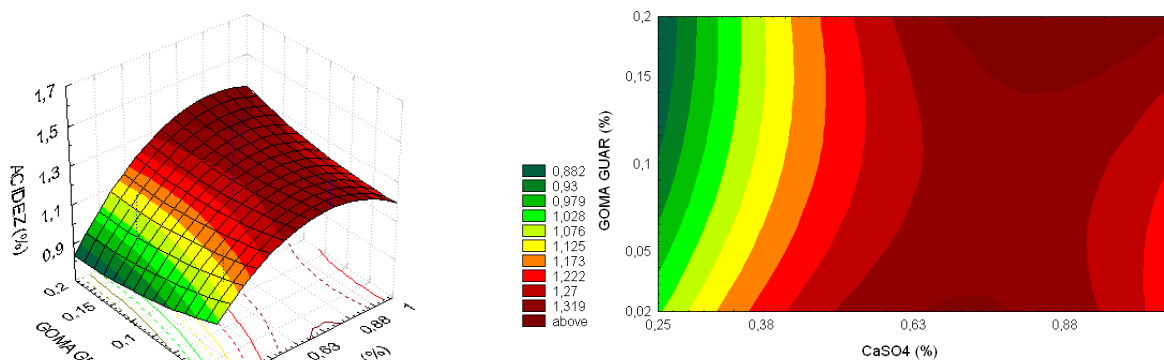


Cinzas (%): $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ X Goma guar (pH no ponto central)

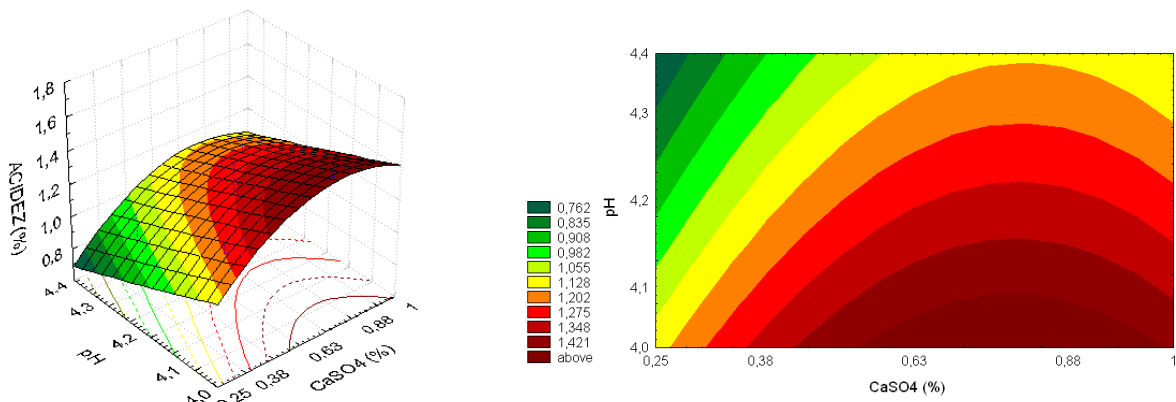


Cinzas (%): $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ X pH (goma guar no ponto central)

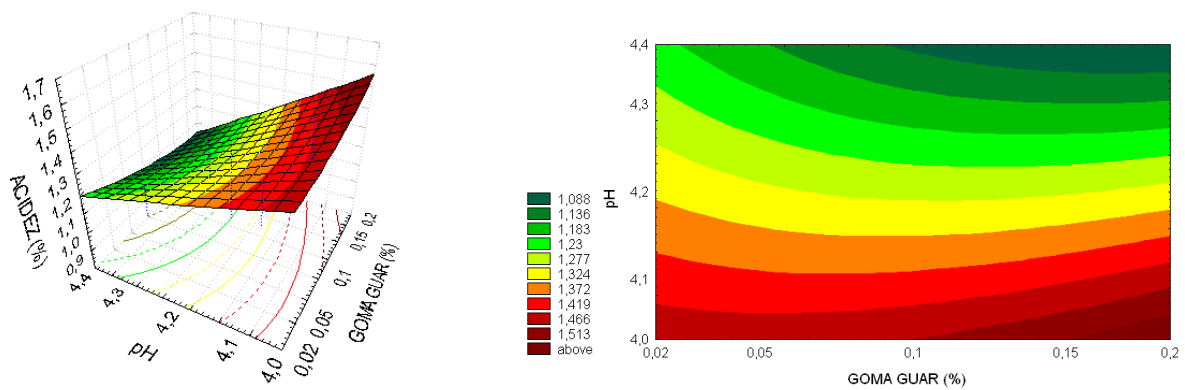
Acidez



Acidez (%): $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ X Goma guar (pH no ponto central)



Acidez (%): $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ X pH (goma guar no ponto central)



Acidez (%): Goma guar X pH ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ no ponto central)

ANEXO III

A) Teor de cálcio, rendimento em proteína (m/m) e textura instrumental^a (firmeza) da sobremesa de soja.

Ensaio	Variáveis independentes			Teor de Ca (mg de Ca/100g)		Rendimento em proteína (%)		Firmeza (N)	
	CaSO ₄	Guar	pH						
1	0,38	0,05	4,1	42 ± 3	e	86,3 ± 0,3	abc	1,16 ± 0,05	ij
2	0,88	0,05	4,1	108 ± 6	bcd	85,4 ± 0,8	c	1,72 ± 0,03	h
3	0,38	0,15	4,1	41 ± 3	e	85,5 ± 1,4	bc	1,05 ± 0,01	jk
4	0,88	0,15	4,1	116 ± 4	bc	86,3 ± 0,4	abc	3,03 ± 0,04	ef
5	0,38	0,05	4,3	43 ± 4	e	87,9 ± 0,7	a	1,25 ± 0,03	i
6	0,88	0,05	4,3	119 ± 4	b	86,1 ± 0,5	bc	3,93 ± 0,12	b
7	0,38	0,15	4,3	45 ± 4	e	81,5 ± 0,5	e	0,93 ± 0,03	k
8	0,88	0,15	4,3	121 ± 5	b	81,0 ± 0,3	e	3,15 ± 0,19	e
9	0,25	0,10	4,2	39 ± 4	e	83,5 ± 0,4	d	0,44 ± 0,01	l
10	1,00	0,10	4,2	179 ± 7	a	85,5 ± 1,0	bc	2,79 ± 0,04	g
11	0,63	0,02	4,2	111 ± 6	bcd	86,9 ± 0,2	abc	3,56 ± 0,05	c
12	0,63	0,20	4,2	111 ± 3	bcd	86,7 ± 0,2	abc	3,31 ± 0,09	d
13	0,63	0,10	4,0	104 ± 6	cd	86,4 ± 0,3	abc	4,46 ± 0,09	a
14	0,63	0,10	4,4	104 ± 4	cd	86,6 ± 0,3	abc	3,70 ± 0,11	c
15	0,63	0,10	4,2	102 ± 6	cd	86,8 ± 0,3	abc	2,79 ± 0,08	g
16	0,63	0,10	4,2	98 ± 5	d	86,9 ± 0,4	abc	2,88 ± 0,07	fg
17	0,63	0,10	4,2	99 ± 3	d	87,3 ± 0,3	ab	2,86 ± 0,05	g
Máximo				179		87,9		4,46	
Mínimo				39		81,0		0,44	

^a Analisada em texturômetro TA-XT2 após 48 horas de armazenamento a 4 ± 1°C

^b Os valores representam a média de triplicata ± desvio padrão.

^c Os valores representam a média de setuplicata ± desvio padrão.

Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si a p≤0,05 (Teste de Tukey).

B) Estimativa dos efeitos e ANOVA do teor de cálcio, rendimento em proteína e firmeza dos ensaios experimentais.

Teor de cálcio*

Fatores	Efeito	Erro padrão	t(7)	p
Média	101,632	11,638	8,733	<0,001
CaSO ₄ (L)	77,383	10,930	7,080	<0,001
CaSO ₄ (Q)	-6,145	12,030	-0,511	0,625
GUAR (L)	1,516	10,930	0,139	0,894
GUAR (Q)	-4,873	12,030	-0,405	0,698
pH (L)	2,758	10,930	0,252	0,808
pH (Q)	-9,893	12,030	-0,822	0,438
CaSO ₄ x Guar (L)	1,844	14,281	0,129	0,901
CaSO ₄ x pH (L)	2,712	14,281	0,190	0,855
Guar x pH (L)	-0,940	14,281	-0,066	0,949

Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média quadrática	Fcal
Regressão	20757,3989	4	5189,3497	21,38
Resíduo	2912,3370	12	242,6947	
Fajuste	2905,4833	10	290,5483	84,79
Erro puro	6,8537	2	3,4268	
Total	23669,7359	16		
R ² = 0,88			F _{tab} (4;12;0,05)= 3,26	
			F _{tab} (10;2;0,05)= 19,40	

Rendimento em proteína*

Fatores	Efeito	Erro padrão	t(7)	p-valor
CaSO ₄ (L)	0,126	0,782	0,161	0,877
CaSO ₄ (Q)	-2,124	0,861	-2,466	0,043
Goma guar (L)	-1,701	0,782	-2,174	0,066
Goma guar (Q)	-0,518	0,861	-0,602	0,566
pH (L)	-0,987	0,782	-1,262	0,247
pH (Q)	-0,734	0,861	-0,852	0,422
CaSO ₄ x Guar	0,750	1,022	0,733	0,487
CaSO ₄ x pH (L)	-0,513	1,022	-0,502	0,631
Guar x pH (L)	-2,881	1,022	-2,818	0,026

Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média quadrática	Fcal
Regressão	41,8595	5	8,3719	5,39
Resíduo	17,0957	11	1,5542	
Fajuste	16,9701	9	1,8856	30,04
Erro puro	0,1256	2	0,0628	
Total	58,9552	16		
R ² = 0,71			F _{tab} (5;11;0,05)= 3,20	
			F _{tab} (9;2;0,05)= 19,38	

Textura Instrumental (Firmeza)*

Fatores	Efeito	Erro padrão	t(7)	p
Média	2,910	0,482	6,033	0,001
CaSO ₄ (L)	1,668	0,453	3,684	0,008
CaSO ₄ (Q)	-1,324	0,499	-2,656	0,033
Goma guar (L)	-0,049	0,453	-0,108	0,917
Goma guar (Q)	-0,040	0,499	-0,081	0,938
pH (L)	0,153	0,453	0,338	0,745
pH (Q)	0,416	0,499	0,835	0,431
CaSO ₄ x Guar (L)	0,240	0,592	0,405	0,698
CaSO ₄ x pH (L)	0,590	0,592	0,996	0,352
Guar x pH (L)	-0,579	0,592	-0,978	0,361

Fonte de variação	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média quadrática	Fcal
Regressão	18,1063	7	2,5866	4,74
Resíduo	4,9159	9	0,5462	
Fajuste	4,9117	7	0,7017	333,05
Erro puro	0,0042	2	0,0021	
Total	23,0222	16		
R ² = 0,79			F _{tab} (7;9; 0,05)= 3,29	
			F _{tab} (7;2; 0,05)= 19,35	

***Observações:**

Efeitos em negrito são significativos a $p \leq 0,05$.

(L): Termo linear

(Q): Termo quadrático

ANOVA: Análise de variância ($p \leq 0,05$).

R²: Coeficiente de determinação. É uma medida do grau de proximidade entre os valores estimados e observados da variável dependente dentro da amostra utilizada para estimar a regressão, sendo, portanto uma medida do sucesso da estimativa.