

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO

**BOLO DE LINHAÇA *DIET*:
DESENVOLVIMENTO DA FORMULAÇÃO,
DETERMINAÇÃO DO PERFIL SENSORIAL E
ESTUDOS DE CONSUMIDOR**

JULIANA ROSA BATTOCHIO

Engenheira de Alimentos

DR^a. HELENA MARIA ANDRÉ BOLINI

Orientadora

DR. YOON KIL CHANG

Co-orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Campinas

2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

Battochio, Juliana Rosa
B322b Bolo de linhaça *diet*: desenvolvimento da formulação,
determinação do perfil sensorial e estudos de consumidor
/ Juliana Rosa Battocchio. – Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Helena Maria André Bolini
Co-orientador: Yoon Kil Chang
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Edulcorantes. 2. Análise sensorial. 3. Análise
descritiva quantitativa. 4. Tempo-intensidade - Análise.
5. Superfície de resposta - Metodologia. I. Bolini, Helena
Maria André. II. Chang, Yoon Kil. III. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de
Alimentos. IV. Título.

Título em inglês: Linseed diet cake: formulation development, determination of the
sensory profile and consumer studies

Palavras-chave em inglês (Keywords): Sweeteners, Sensory analysis, Quantitative
descriptive analysis, Time-intensity - Analysis

Área de concentração: Consumo e Qualidade de Alimentos

Titulação: Mestre em Alimentação e Nutrição

Banca examinadora: Helena Maria André Bolini

Rosamaria da Re

Selma Bergara Almeida

Caroline Joy Steel

Programa de Pós-Graduação: Programa em Alimentos e Nutrição

BANCA EXAMINADORA

Dra. Helena Maria André Bolini
(Orientadora)

Dra. Rosamaria Da Re
(Membro)

Dra. Selma Bergara Almeida
(Membro)

Dra. Caroline Joy Steel
(Membro)

Agradecimentos

A Deus, por sempre iluminar os meus caminhos.

À Profa. Dra. Helena Maria André Bolini, pelos conhecimentos transmitidos desde a Iniciação Científica, orientação e amizade.

Ao Prof. Dr. Yoon Kil Chang, pela orientação e disponibilidade.

À Profa. Dra. Maria Aparecida Azevedo Pereira da Silva e ao Prof. Dr. Yoon Kil Chang pelas críticas e sugestões no momento da qualificação.

Aos membros da banca, Dra. Selma Bergara Almeida, Dra. Rosamaria da Re e Dra. Caroline Joy Steel, pelas correções e sugestões que muito enriqueceram este trabalho.

Ao Prof. Nilo, por disponibilizar o uso dos equipamentos e estrutura do Laboratório de Serviços de Alimentação.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos do Laboratório de Análise Sensorial e da FEA, Patrícia, Vilene, Angélica, Carlos, Vitor, Vanesca, Léo, Alessandra, Rafael, Aline, Martha, Luciene, Juliana Cardoso e Lauro, pelos momentos de discussão acadêmica e de confraternização. Especialmente à Ju Cardoso e ao Lauro, pela amizade, trabalhos realizados em conjunto, conversas, cervejas...

Às queridas amigas Joyce (Dó), Joeni (Ni) e, mais uma vez, Ju Cardoso, pela amizade construída nesses anos de Unicamp e pelo companheirismo nos momentos de alegria, tristeza, desânimo, luta, esperança... Amigas pra vida toda!

À Lia, do Laboratório de Análise Sensorial, pelos serviços prestados, confraternizações e amizade.

À D. Nice, do Laboratório de Análise Sensorial, pelos serviços prestados e amizade.

À Alessandra Coelho, do Laboratório de Cereais, pelo auxílio na realização das análises da farinha de trigo.

Ao Chico, do Laboratório Central Instrumental do DEPAN, pelo auxílio na realização das análises instrumentais dos bolos.

À Cidinha, da secretaria do DEPAN, pela competência e serviços prestados.

À Fátima, pelos serviços prestados na área de informática.

À Danisco, especialmente na pessoa de Leandro Teixeira, pela doação dos ingredientes povidexose (Litesse®) e lactitol.

À Cisbra, pela doação da farinha de linhaça.

À Cargill, pela doação da farinha de trigo.

A todos os provadores, sem os quais a realização desse trabalho não seria possível.

Aos meus pais, Sergio e Gersilei, por terem prezado por minha educação desde cedo, pelo amor, incentivo, orações, encorajamento, "paitrocínios"... Vocês são a base da minha vida!

À minha irmã, Carolina, pela força, incentivo, paciência para ouvir meus desabafos, cumplicidade e amor.

Aos meus avós, Diomar e Norma, pelo amor, orações, "marmitas", visitas em Campinas...

Aos meus tios, Gerson e Heleninha, e meus primos, Guilherme e Luciana, que são minha família em Campinas, pelos almoços de domingo, conversas e por sempre me receberem de braços abertos em sua casa.

Finalmente, um agradecimento especial ao Hélio, meu companheiro querido e grande incentivador. Pelo amor, companheirismo, compreensão, todos os momentos compartilhados e imensa paciência! Minha vida sem você não teria sentido.

Dedico este trabalho aos meus pais,
Sergio e Gersilei,
à minha irmã, Carolina,
e ao Hélio.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	xv
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Alimentos Dietéticos	3
2.2. Alimentos Funcionais	3
2.2.1. Linhaça	3
2.3. Substitutos da Sacarose em Bolos.....	5
2.3.1. Agentes de Corpo.....	5
2.3.2. Sucralose.....	7
2.4. Otimização de formulações através de Planejamento Experimental e Metodologia de Superfície de Resposta	8
2.5. Análise Sensorial	10
2.5.1. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®).....	11
2.5.2. Análise Tempo-Intensidade	15
2.5.3. Análise de Aceitação.....	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. Materiais	18
3.2. Métodos	19
3.2.1. Avaliação da Farinha de Trigo	19
3.2.1.1. Composição Centesimal	19
3.2.1.2. Reologia	19
3.2.2. Processamento das Amostras	19
3.2.3. Otimização da Formulação de Bolo de Linhaça <i>Diet</i>	20
3.2.3.1. Delineamento Experimental.....	20
3.2.3.2. Análise Instrumental da Textura	23
3.2.3.3. Análise de Aceitação.....	23
3.2.3.3. Análise Estatística Complementar	25

3.2.4. Análise Sensorial	25
3.2.4.1. Pré-Seleção da Equipe de Provadores	25
3.2.4.2. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®)	26
3.2.4.3. Análise Tempo-Intensidade	28
3.2.4.4. Análise da Aceitação.....	30
3.2.4.5. Análise Estatística.....	30
3.2.5. Avaliação da Estabilidade das Amostras durante o Armazenamento	31
3.2.5.1. Análise Instrumental da Textura	31
3.2.5.2. Atividade de Água	32
3.2.5.3. Umidade.....	32
3.2.5.4. Análise Instrumental da Cor	32
3.2.5.5. Análise Estatística.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Avaliação da Farinha de Trigo	33
4.1.1. Composição Centesimal	33
4.1.2. Reologia	33
4.2. Otimização da Formulação de Bolo de Linhaça <i>Diet</i>	35
4.2.1. Análise de Aceitação.....	35
4.2.1.1. Aceitação da Aparência.....	35
4.2.1.2. Aceitação do Aroma	39
4.2.1.3. Aceitação do Sabor.....	43
4.2.1.4. Aceitação da Textura	47
4.2.1.5. Aceitação da Impressão Global.....	52
4.2.1.6. ANOVA e Teste de Médias de Tukey – Aceitação.....	56
4.2.2. Análise Instrumental da Textura	58
4.2.2.1. Dureza	58
4.2.2.2. Adesividade	60
4.2.2.3. Coesividade	61
4.2.2.4. Gomosidade	63
4.2.2.5. Mastigabilidade	65
4.2.2.6. ANOVA e Teste de Médias de Tukey – Textura Instrumental	67
4.3. Análise Sensorial	68

4.3.1. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®).....	68
4.3.2. Análise Tempo-Intensidade	84
4.3.3. Análise da Aceitação	91
4.4. Avaliação da Estabilidade das Amostras durante o Armazenamento	92
4.4.1. Análise Instrumental da Textura	92
4.4.2. Atividade de Água	94
4.4.3. Umidade.....	95
4.4.4. Análise Instrumental da Cor	96
5. CONCLUSÕES.....	101
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104

ÍDICE DE TABELAS

Tabela 01. Formulação padrão de bolo de linhaça.....	20
Tabela 02. Valores codificados e reais das variáveis independentes.	22
Tabela 03. Delineamento Central Composto Rotacional com os valores codificados e reais.....	22
Tabela 04. Composição centesimal da farinha de trigo.	33
Tabela 05. Limites de tolerância para a farinha de trigo.	33
Tabela 06. Parâmetros farinográficos da farinha de trigo avaliada.....	34
Tabela 07. Parâmetros extensográficos da farinha de trigo avaliada.....	34
Tabela 08. Resultados do perfil de viscosidade RVA.	35
Tabela 09. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na aceitação sensorial do atributo aparência.	35
Tabela 10. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores), equações e coeficientes de determinação ajustado (R_{Adj}^2) do modelo completo e do modelo ajustado obtidos para a aceitação da aparência.	36
Tabela 11. ANOVA para a resposta aceitação da aparência utilizando apenas o parâmetro significativo, a $p < 0,1$	36
Tabela 12. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na aceitação sensorial do atributo aroma.	39
Tabela 13. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores), equações e coeficientes de determinação ajustado (R_{Adj}^2) do modelo completo e do modelo ajustado obtidos para a aceitação do aroma.....	40
Tabela 14. ANOVA para a resposta aceitação do aroma utilizando os parâmetros significativos a $p < 0,1$	40
Tabela 15. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na aceitação sensorial do atributo sabor.....	43
Tabela 16. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores), equações e coeficientes de determinação ajustado (R_{Adj}^2) do modelo completo e do modelo ajustado obtidos para a aceitação do sabor.	44
Tabela 17. ANOVA para a resposta aceitação do sabor utilizando os parâmetros significativos a $p < 0,1$	44
Tabela 18. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na aceitação sensorial do atributo textura.	48
Tabela 19. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores), equações e coeficientes de determinação ajustado (R_{Adj}^2) do modelo completo e do modelo ajustado obtidos para a aceitação da textura.....	49

Tabela 20. ANOVA para a resposta aceitação da textura utilizando os parâmetros significativos a $p < 0,1$.	49
Tabela 21. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na aceitação sensorial do atributo impressão global.	52
Tabela 22. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores), equações e coeficientes de determinação ajustado (R_{Adj}^2) do modelo completo e do modelo ajustado obtidos para a aceitação da impressão global.	53
Tabela 23. ANOVA para a resposta aceitação da impressão global utilizando os parâmetros significativos a $p < 0,1$.	53
Tabela 24. Faixas ótimas das variáveis independentes estudadas e máximas médias obtidas para cada resposta sensorial.	56
Tabela 25. ANOVA e Teste de Médias de Tukey para a Análise de Aceitação.	57
Tabela 26. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na dureza dos bolos de linhaça e Teste de Média de Tukey.	58
Tabela 27. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores) e coeficiente de determinação ajustado (R_{Adj}^2) obtidos para a resposta de textura instrumental dureza.	59
Tabela 28. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na adesividade dos bolos de linhaça e Teste de Média de Tukey.	60
Tabela 29. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores) e coeficiente de determinação ajustado (R_{Adj}^2) obtidos para a resposta de textura instrumental adesividade.	61
Tabela 30. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na coesividade dos bolos de linhaça e Teste de Média de Tukey.	62
Tabela 31. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores) e coeficiente de determinação ajustado (R_{Adj}^2) obtidos para a resposta de textura instrumental coesividade.	62
Tabela 32. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na gomosidade dos bolos de linhaça e Teste de Média de Tukey.	64
Tabela 33. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores) e coeficiente de determinação ajustado (R_{Adj}^2) obtidos para a resposta de textura instrumental gomosidade.	64
Tabela 34. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na mastigabilidade dos bolos de linhaça e Teste de Média de Tukey.	66

Tabela 35. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores) e coeficiente de determinação ajustado (R_{Adj}^2) obtidos para a resposta de textura instrumental mastigabilidade.	66
Tabela 36. Termos descritores, definições e referências para a ADQ de bolo de linhaça.	69
Tabela 37. Níveis de significância (p) para provadores em função da discriminação das amostras (p de $F_{amostra}$).	76
Tabela 38. Níveis de significância (p) para provadores em função da repetibilidade (p de $F_{repetição}$).	76
Tabela 39. Médias dos atributos das formulações padrão e <i>diet</i> de bolo de linhaça.	79
Tabela 40. Valores de r (coeficiente de correlação linear de Pearson) entre os atributos analisados pela ACP.	83
Tabela 41. Níveis de significância (p) para provadores em função da discriminação das amostras (p de $F_{amostra}$) e repetibilidade (p de $F_{repetição}$).	84
Tabela 42. Médias dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o gosto doce das formulações padrão e <i>diet</i> de bolo de linhaça.	86
Tabela 43. Valores de r (coeficiente de correlação linear de Pearson) entre os vetores da ACP para o estímulo gosto doce dos bolos de linhaça avaliados.	88
Tabela 44. Médias dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o sabor de linhaça das formulações padrão e <i>diet</i> de bolo de linhaça.	88
Tabela 45. Valores de r (coeficiente de correlação linear de Pearson) entre os vetores da ACP para o sabor de linhaça dos bolos de linhaça avaliados.	90
Tabela 46. Médias do Teste de Aceitação das amostras padrão e <i>diet</i> de bolo de linhaça.	91
Tabela 47. Médias dos atributos de textura instrumental durante o armazenamento dos bolos de linhaça.	92
Tabela 48. Atividade de água durante o armazenamento dos bolos de linhaça.	94
Tabela 49. Umidade durante o armazenamento dos bolos de linhaça.	95
Tabela 50. Médias das medições de cor instrumental do miolo e da crosta dos bolos de linhaça durante o armazenamento.	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Ficha utilizada no Teste de Aceitação.	24
Figura 02. Gráfico da Análise Seqüencial de Wald utilizado na pré-seleção de provadores.	26
Figura 03. Ficha do Método Rede.....	27
Figura 04. Tela do programa SCDTI, mostrando a escala de avaliação e uma das mensagens para realização da análise.	29
Figura 05. Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a variável dependente aceitação do aroma.	37
Figura 06. Valores experimentais x preditos (a) e desvios relativos (b) da resposta aceitação da aparência.	39
Figura 07. Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a variável dependente aceitação do aroma.	41
Figura 08. Valores experimentais x preditos (a) e desvios relativos (b) da resposta aceitação do aroma.	42
Figura 09. Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a variável dependente aceitação do sabor.	45
Figura 10. Valores experimentais x preditos (a) e desvios relativos (b) da resposta aceitação do sabor.	47
Figura 11. Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a variável independente aceitação textura.	50
Figura 12. Valores experimentais x preditos (a) e desvios relativos (b) da resposta aceitação da textura.	51
Figura 13. Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a variável dependente aceitação da impressão global.	54
Figura 14. Valores experimentais x preditos (a) e desvios relativos (b) da resposta aceitação da impressão global.	55
Figura 15. Amostras padrão (esquerda) e <i>diet</i> (direita) de bolo de linhaça.	71
Figura 16. Amostras referências para os atributos de aparência.....	71
Figura 17. Amostras referências para os atributos de aroma.....	72
Figura 18. Amostras referências para os atributos de sabor.	72
Figura 19. Amostras referências para os atributos de textura.	73
Figura 20. Mesa de ADQ com todas as amostras referências.	73
Figura 21. Ficha utilizada na seleção de provadores e nos testes da ADQ de bolo de linhaça. ..	75
Figura 22. Interação amostra x provador para o atributo brilho (bri).	77
Figura 23. Interação amostra x provador para o atributo aroma de bolo comum (abc).	78
Figura 24. Interação amostra x provador para o atributo sabor de bolo comum (sbc).	78

Figura 25. Interação amostra x provador para o atributo maciez (mac).....	78
Figura 26. Perfil sensorial descritivo dos bolos de linhaça padrão e <i>diet</i>	80
Figura 27. Figura bidimensional da Análise de Componentes Principais dos termos descritores das amostras de bolo de linhaça padrão e <i>diet</i>	81
Figura 28. Interação amostra x provador para o parâmetro Intensidade Máxima (Imax).	85
Figura 29. Interação amostra x provador para o parâmetro Tempo da Intensidade Máxima (TImax).	85
Figura 30. Interação amostra x provador para o parâmetro Tempo Total (Ttot).....	85
Figura 31. Interação amostra x provador para o parâmetro Área sob a curva (Área).....	86
Figura 32. Curvas tempo-intensidade do gosto doce das amostras padrão e <i>diet</i> do bolo de linhaça.	87
Figura 33. Figura bidimensional da Análise de Componentes Principais dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o gosto doce das amostras de bolo de linhaça padrão e <i>diet</i>	87
Figura 34. Curvas tempo-intensidade do sabor de linhaça das amostras padrão e <i>diet</i> do bolo de linhaça.	89
Figura 35. Figura bidimensional da Análise de Componentes Principais dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o sabor de linhaça das amostras de bolo de linhaça padrão e <i>diet</i>	90
Figura 36. Atitude dos consumidores em relação à intenção de compra dos bolos de linhaça padrão e <i>diet</i>	91
Figura 37. Avaliação da estabilidade em função do tempo de armazenamento para os atributos de textura instrumental dureza (a), adesividade (b), coesividade (c), gomosidade (d) e mastigabilidade (e), em função do tempo de vida de prateleira.	93
Figura 38. Avaliação da estabilidade em função do tempo de armazenamento para a atividade de água dos bolos de linhaça.	94
Figura 39. Avaliação da estabilidade em função do tempo de armazenamento para a umidade dos bolos de linhaça.	95
Figura 40. Avaliação da estabilidade em função do tempo de armazenamento dos valores de L* (a), a* (c) e b* (e) do miolo e valores de L* (b), a* (d) e b* (f) da crosta dos bolos de linhaça, em função do tempo de vida de prateleira.	98
Figura 41. Figura bidimensional da Análise de Componentes Principais dos parâmetros instrumentais medidos para a avaliação da estabilidade durante o armazenamento dos bolos de linhaça padrão e <i>diet</i>	99

RESUMO

A preocupação com a saúde vem acarretando um aumento na pesquisa e desenvolvimento de alimentos mais saudáveis, sem adição de sacarose e com apelo funcional. Isto ocorre em função dos riscos causados pela alta ingestão de sacarose, tais como os representados pela obesidade, diabetes, cárie dental e suas conseqüências. Esse fenômeno também ocorre em relação a produtos funcionais, com papel metabólico ou fisiológico nas funções do organismo, com a finalidade de se obter uma dieta mais saudável e prevenir doenças, tais como câncer e problemas cardiovasculares. Este trabalho teve por objetivo desenvolver uma formulação *diet* (sem sacarose) de bolo de linhaça, a partir de uma formulação padrão (com sacarose), utilizando-se da técnica de Planejamento Experimental associada à Metodologia de Superfície de Resposta. Dada a importância da aplicação da Análise Sensorial no desenvolvimento de novos produtos, o presente estudo também objetivou traçar o perfil sensorial das formulações padrão e *diet* de bolo de linhaça, através de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e Análise Tempo-Intensidade e testar a aceitação pelo consumidor, através da Análise da Aceitação. As variáveis independentes do delineamento experimental foram os substitutos da sacarose: sucralose (g/100g) e a relação polidextrose (g/100g) / lactitol (g/100g). Através da avaliação das variáveis dependentes (os atributos de aceitação sensorial: aparência, aroma, sabor, textura e impressão global; os atributos de textura instrumental: dureza, adesividade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade), foi possível obter uma formulação otimizada de bolo de linhaça *diet*, com a adição de 0,024% de sucralose e uma proporção de 4,1% de polidextrose / 21,9% de lactitol, ou seja, uma relação de polidextrose/lactitol de 0,19. A ADQ mostrou que as amostras padrão e *diet* do bolo de linhaça apresentaram perfis sensoriais distintos entre si ($p \leq 0,05$), sendo que a amostra *diet* obteve as características sensoriais relativas à linhaça mais intensamente que a amostra padrão. Porém, quanto a aroma doce e gosto doce, atributos importantes em caso de substituição de sacarose, as amostras não apresentaram diferença entre si ($p \leq 0,05$). Já quanto ao perfil tempo-intensidade, as amostras não diferiram entre si ($p \leq 0,05$) em relação ao estímulo gosto doce, para todos os parâmetros da curva estudados. Para o estímulo sabor de linhaça, as versões padrão e *diet* do bolo somente diferiram entre si ($p \leq 0,05$) quanto à intensidade máxima do estímulo, sendo este maior para o

bolo *diet*. Apesar de apresentarem algumas diferenças em seus perfis sensoriais, ambas as formulações foram similarmente aceitas pelos consumidores, para todos os atributos avaliados (aparência, aroma, sabor, textura e impressão global). Isto comprovou que a substituição da sacarose em bolo de linhaça é perfeitamente possível, não provocando diminuição na aceitação pelos consumidores.

ABSTRACT

The concern about health is causing a rise on research and development of healthier foods, without sucrose and with a functional appeal. This occurs in function of the risks caused by the high ingestion of sucrose, such as those represented by obesity, diabetes, dental caries and theirs consequences. This phenomenon also occurs for functional products, which develop metabolic or physiologic roles in the human organism, with the purpose of having a more healthful diet and preventing illnesses such as cancer and cardiovascular problems. This research aimed to develop a linseed diet cake formulation (without sucrose), based on a standard formulation (with sucrose), using the Experimental Design technique, linked to the Response Surface Methodology. Knowing about the relevance of Sensory Analysis application to new products research and development, the present work also aimed to study the sensory profile of both linseed cake formulations, standard and diet, using Quantitative Descriptive Analysis (QDA) and Time-Intensity Analysis and test consumer acceptance. The independent variables of the experimental design were the sucrose substitutes sucralose (g/100g) and polydextrose (g/100g) / lactitol (g/100g) ratio. The analysis of the dependent variables (acceptance attributes: appearance, aroma, flavor, texture and overall impression; instrumental texture attributes: hardness, adhesiveness, cohesiveness, gumminess and chewiness), made it possible to obtain a optimized formulation of linseed diet cake, adding 0.024% sucralose and 4.1% polydextrose / 21.9% lactitol, that means a polydextrose/lactitol ratio of 0.19. QDA showed that the standard and diet samples of linseed cake presented different ($p \leq 0.05$) sensory profiles, and the diet sample presented more intensely the sensory characteristics related to linseed. However, both samples did not differ ($p \leq 0.05$) with respect to sweet aroma and sweet taste, important attributes in the case of sucrose substitution. In the time-intensity profile, the samples did not differ between each other ($p \leq 0.05$) with respect to sweet taste stimulus, for all curve parameters studied. For the linseed flavor stimulus, the standard and diet cake versions only differed ($p \leq 0.05$) for the maximum intensity of the stimulus (the diet cake presented higher linseed flavor maximum intensity). Despite having some sensory profile differences, both formulations were similarly accepted by consumers, for all studied attributes (appearance, aroma, flavor,

texture and overall impression). This proved that sucrose substitution in linseed cake is perfectly possible, and did not cause a reduction in consumer acceptance.

1. INTRODUÇÃO

A procura por alimentos de baixa caloria, com substitutos do açúcar na formulação, está cada vez maior. Isto ocorre devido à constante preocupação com a saúde, em função dos riscos causados pela alta ingestão de sacarose, tais como os representados pela obesidade, diabetes e cárie dental.

A obesidade é uma séria preocupação porque aumenta o risco de inúmeros problemas de saúde, inclusive um aumento no risco de diabetes tipo II. Diabetes tipo II é uma enfermidade resultante da incapacidade do organismo produzir insulina ou de utilizá-la eficientemente. Este tipo de diabetes afeta, geralmente, pessoas com mais de 45 anos de idade, obesas e que não se exercitam regularmente. Entretanto, o número de jovens diagnosticados com diabetes tipo II também tem aumentado a cada ano (THOMSON, 2004).

A alimentação com baixos níveis de carboidrato (*low-carb*) e de baixo impacto glicêmico não é mais um nicho de mercado composto apenas por diabéticos e pessoas que necessitam de dietas restritas. O que já foi considerado como dieta "da moda" vem se tornando um modo de vida para muitas pessoas (THOMSON, 2004).

Esse fenômeno também ocorre em relação a produtos funcionais, com papel metabólico ou fisiológico nas funções do organismo, com a finalidade de se obter uma dieta mais saudável e prevenir doenças como câncer e problemas cardiovasculares.

A linhaça é considerada um ingrediente funcional e, adicionada a um produto comum e de alta aceitação, como é o bolo, pode ser facilmente inserida na dieta do brasileiro.

Uma técnica que vem sendo muito utilizada nos últimos anos para a otimização de formulações e processos é o Planejamento Experimental associado à Metodologia de Superfície de Resposta. Sabe-se que o desenvolvimento de um novo produto é, geralmente, dependente de um grande número de variáveis. O planejamento dos experimentos que devem ser realizados para determinar e quantificar a influência das variáveis sobre as respostas desejadas deve ser consciente, para que resultados confiáveis possam ser obtidos, fundamentados em ferramentas estatísticas (RODRIGUES & IEMMA, 2005). Através dessa técnica, é possível determinar os níveis de cada ingrediente (variáveis independentes) a fim de se maximizar a aceitação pelos consumidores (variável dependente ou resposta), por exemplo.

É importante estudar o perfil sensorial de um novo produto, antes de colocá-lo no mercado. No caso de produtos com alguma modificação na formulação, como os alimentos dietéticos, por exemplo, é possível comparar seu perfil sensorial ao do alimento tradicional, para descobrir se eles são similares ou diferentes entre si e, ainda, se diferentes, saber em que atributos. Estudos descritivos, quando associados a estudos afetivos, tornam-se ainda mais ricos, pois é possível saber, entre produtos distintos, quais são os que possuem maior aceitação pelo consumidor e por qual motivo, através da análise dos atributos e suas intensidades.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma formulação *diet* (sem sacarose) de bolo de linhaça, a partir de uma formulação padrão (com sacarose), utilizando-se da técnica de Planejamento Experimental associada à Metodologia de Superfície de Resposta. Dada a importância da aplicação da Análise Sensorial no desenvolvimento de novos produtos, o presente estudo também objetivou traçar o perfil sensorial das formulações padrão e *diet* (otimizada na etapa anterior) de bolo de linhaça, através de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e Análise Tempo-Intensidade, e testar a aceitação pelo consumidor, através da Análise da Aceitação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Alimentos Dietéticos

Alimentos dietéticos estão classificados na legislação como “alimentos para fins especiais”. A Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998, define alimentos para fins especiais como alimentos especialmente formulados ou processados, nos quais se introduzem modificações no conteúdo de nutrientes, adequadas à utilização em dietas, diferenciadas e ou opcionais, atendendo às necessidades de pessoas em condições metabólicas e fisiológicas específicas (ANVISA, 1998).

No caso de alimentos isentos de sacarose, a categoria referente na Portaria em questão é a de “alimentos para dietas com restrição de carboidratos”. Podem conter no máximo 0,5 g de sacarose por 100 g ou 100 mL do produto final a ser consumido (ANVISA, 1998).

2.2. Alimentos Funcionais

De acordo com a Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999, um alimento ou ingrediente com alegação de propriedade funcional é aquele que possui propriedade relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano; o alimento ou ingrediente com alegação de propriedade de saúde é aquele cuja propriedade afirma, sugere ou implica a existência da relação entre o alimento ou ingrediente com doença ou condição relacionada à saúde (ANVISA, 1999). A linhaça é considerada, assim, um ingrediente funcional.

2.2.1. Linhaça

A semente da planta sazonal do linho (*Linum usitatissimum*) e de algumas espécies perenes tem sido usada para alimentação na Europa e na Ásia desde 8 mil – 5 mil a.C. e a fibra do seu tronco tem sido usada para a fabricação de roupas de linho, dentre outros usos (CARTER, 1993).

Atualmente, a linhaça é reconhecida como uma boa fonte de: fibras solúveis, que ajudam a diminuir o colesterol da corrente sanguínea; fibras insolúveis, que promovem laxação; ácido α -linolênico, um ácido graxo ômega-3 essencial e importante para a saúde

cardiovascular; fitoestrogênios, compostos de plantas com atividade parecida com a do hormônio estrogênio (PAYNE, 2000).

A linhaça é composta de 35% de óleo, do qual cerca de 50-55% é ácido α -linolênico e 15-18% é ácido α -linoléico, apresentando um balanço favorável de ácidos graxos polinsaturados, monoinsaturados e saturados. A linhaça tem o maior teor de ácido α -linolênico dentre todos os óleos de sementes. A semente é composta, aproximadamente, de 35% de fibras (1/4 solúveis e 3/4 insolúveis), 28-30% de proteínas e 6% de cinzas ou minerais (CARTER, 1993).

Os aparentes benefícios à saúde providos pela linhaça são: efeito antihipercolesterolêmico do ácido α -linolênico e das fibras solúveis; efeitos anticarcinogênicos das fibras, incluindo, especificamente as lignanas das plantas (fitoestrogênios) que são convertidas às lignanas dos animais, enterolactona e enterodiol, no intestino dos mamíferos (CARTER, 1993). O composto presente na linhaça, responsável pela conversão das lignanas dos mamíferos, é o seicosolariciresinol diglicosídeo (SDG). Este composto é a principal lignana da linhaça. Isolariciresinol, pinioresinol e matairesinol também foram identificados, porém em menor quantidade (MEAGHER et al., 1999).

Westcott e Muir (2003) fizeram uma revisão bibliográfica sobre a atuação das lignanas da linhaça na prevenção de doenças e promoção da saúde e concluíram que pesquisas sobre a atividade das lignanas em cânceres de mama, próstata, intestino e tireóide mostraram, na maioria dos casos, efeitos benéficos; as lignanas têm mostrado possuir efeitos positivos na diminuição de fatores de risco relativos a doenças cardiovasculares; o uso de linhaça ou de SDG tem mostrado efeitos positivos tanto em lupus e doenças renais policísticas; estudos de diabetes dos tipos I e II demonstraram resultados positivos quando do uso de SDG; linhaça também tem demonstrado ser hepato-protetora.

Segundo Payne (2000), algumas pesquisas sugerem que uma dieta rica em fitoestrogênios pode ajudar a aliviar os sintomas da menopausa e da tensão pré-menstrual (TPM). Ainda, dependendo da concentração de estrogênios endógenos, as lignanas podem exercer um efeito anti-estrogênico, ligando-se a receptores de estrogênio e inibindo o crescimento de cânceres estimulados por esse hormônio.

A linhaça, apesar de ser muito utilizada em outros países, é pouco consumida no Brasil. No entanto, este quadro vem mudando, pois alguns estudos sobre a funcionalidade

dessa semente têm sido publicados. Uma ampla gama de produtos pode ser adicionada de linhaça, porém nesta pesquisa optou-se pelo bolo, por ser um alimento normalmente consumido no Brasil, além de possibilitar o estudo da adição de edulcorantes.

2.3. Substitutos da Sacarose em Bolos

A substituição da sacarose, em bolos, por edulcorantes artificiais (não carboidratos), cerca de 300 a 600 vezes mais doces que a sacarose e, portanto, utilizados em pequenas quantidades, provoca uma redução no volume de ingredientes do bolo.

O bolo resultante dessa substituição é achatado, pastoso e rijo. A sacarose confere ao bolo mais do que simplesmente doçura e volume. A maciez é conferida conforme as temperaturas de gelatinização do amido e de coagulação das proteínas são atingidas, havendo tempo suficiente para que os gases expelidos expandam a estrutura, melhorando, então, o volume e a textura (NEVILLE & SETSER, 1986).

Além de edulcorantes de alta intensidade, que conferem doçura, agentes de corpo devem ser utilizados em casos de substituição de sacarose em produtos de panificação, a fim de solucionar os problemas relatados acima.

2.3.1. Agentes de Corpo

A polidextrose é um polímero da glicose, é hidrossolúvel, levemente ácido e não contribui com doçura ou sabor. Foi desenvolvida para fornecer volume e textura, substituindo parcialmente a gordura e totalmente a sacarose. O comportamento da polidextrose é similar ao da sacarose no atraso da gelatinização do amido, quando aquecido. A sacarose fornece 4 kcal/g e a gordura, 9 kcal/g, mas a polidextrose, como é parcialmente metabolizada pelo organismo humano, fornece apenas 1 kcal/g (NEVILLE & SETSER, 1986; PONG et al., 1991; ATTIA et al., 1993).

A polidextrose é, ainda, um ingrediente altamente funcional. É um prebiótico, contendo 90% de fibra, e possui baixo índice glicêmico (IG). O IG é uma medida, variando de 0 a 100, que indica se um determinado alimento aumenta os níveis de açúcar sanguíneos levemente (IG baixo < 55), moderadamente (IG moderado ≥ 55-70) ou dramaticamente (IG alto > 70) (THOMSON, 2004).

Jie et al. (2000) estudaram os efeitos fisiológicos em indivíduos chineses devido à ingestão de 4, 8 e 12 g de polidextrose diariamente e concluíram que esta ingestão proporcionou efeitos similares aos de uma fibra dietética, sem problemas laxativos.

Devido a esta característica da polidextrose, a ANVISA determinou, através da Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998, que deve constar a informação "Este produto pode ter efeito laxativo" nos rótulos de alimentos cuja previsão razoável de consumo resulte na ingestão diária superior a 90 g de polidextrose (ANVISA, 1998).

Ainda, para melhor apelo visual, a polidextrose pode produzir a reação de Maillard, provocando o escurecimento característico em produtos de panificação assados (THOMSON, 2004).

Polióis são álcoois derivados da hidrogenação catalítica de seus respectivos açúcares redutores. O lactitol é um poliol derivado do açúcar do leite, a lactose (OLINGER & VELASCO, 1996). Sua contribuição calórica é de apenas 2,0 kcal/g, sendo também prebiótico e de baixo índice glicêmico (IG) (THOMSON, 2004).

As aplicações do lactitol incluem produtos isentos de sacarose (*sugar free*), chocolates, gomas de mascar, produtos de panificação sem adição de sacarose e sorvetes. Uma nova aplicação potencial para o lactitol são produtos pré- e probióticos. Devido à falta de β -galactosidase compatível na fração superior do trato gastro-intestinal dos humanos e da maioria dos animais, o lactitol alcança o intestino praticamente indigerido. No intestino, o lactitol é usado como fonte de energia pela microflora intestinal. A fermentação do lactitol acarreta o desenvolvimento de bactérias sacarolíticas e a diminuição de bactérias proteolíticas. Estas são responsáveis pela produção de amônia, compostos carcinogênicos e endotoxinas. Esta mudança no balanço entre bactérias benéficas e maléficas pode influenciar positivamente a saúde de humanos e animais (KUMMEL & BROKX, 2001).

A portaria nº 502, de 22 de junho de 1998, aprovou a inclusão do lactitol na lista de aditivos da Legislação Brasileira com a função de edulcorante, em quantidade suficiente para obter o efeito desejado (q.s.p.) (ANVISA, 1998 b).

Com índices glicêmicos variando de 4 a 7, ambos os ingredientes, polidextrose e lactitol, têm impacto mínimo nos níveis de glicose sangüínea e na demanda de insulina e podem ser utilizados para substituir carboidratos com IG altos, tais como farinhas, açúcares e amidos (THOMSON, 2004).

Em produtos de panificação doces, a polidextrose é, geralmente, usada em combinação com o lactitol (THOMSON, 2004).

O lactitol possui doçura equivalente a 0,35 vezes a da sacarose. Desta forma, quando utilizado sozinho na substituição do açúcar ou em combinação com a polidextrose (que não apresenta doçura), deve ser combinado, também, com edulcorantes de alta intensidade, a fim de atingir níveis de doçura satisfatórios (OLINGER & VELASCO, 1996).

2.3.2. Sucralose

Os adoçantes permitidos para uso em alimentos e bebidas dietéticas são vários, tais como aspartame, ciclamato, sacarina, sucralose, estévia, entre outros. Todavia, cada um possui características específicas de intensidade e persistência do gosto doce e presença ou não de gosto residual. Esses fatores são determinantes na aceitação, preferência e escolha por parte dos consumidores.

A sucralose é um edulcorante de alta intensidade, não-calórico e não-cariogênico. É derivado do açúcar, em um processo que substitui seletivamente três grupos hidroxila por três átomos de cloro na molécula de sacarose (nas posições 4,1' e 6'). É quimicamente denominada 1,6 – dicloro – 1,6 – dideoxi – β – D – fructofuranosil – 4 – cloro – 4 – deoxi – α – D – galactopiranosídeo. É um adoçante versátil, apresentando excelente estabilidade em líquidos e em alimentos que sofrem tratamentos térmicos, sendo também solúvel em água (WIET & BEYTS, 1992). Possui excelente estabilidade na presença de temperaturas e pHs encontrados na produção e distribuição de produtos de panificação. Neste tipo de produtos, 1 g de sucralose substitui a doçura de 500-800 g de açúcar. O perfil de sabor da sucralose se aproxima muito do perfil do açúcar (CAMPBELL & HOOD, 1990).

Sucralose é mais estável a calor e acidez do que o açúcar e não é degradada sob condições de temperaturas usadas em panificação. Barndt e Jackson (1990) testaram a estabilidade térmica da sucralose na presença de ingredientes típicos de panificação. Eles prepararam os produtos com ^{14}C -sucralose e, então, extraíram os materiais radioativos para caracterização. Bolo, biscoitos doces e biscoitos tipo *cracker* foram testados para avaliar uma ampla gama de ingredientes e processos térmicos usados na indústria de panificação. A sucralose foi isolada e avaliada por cromatografia em camada delgada. Os resultados demonstraram que 100% do material radioativo foi recuperado de cada produto processado. Foram feitas análises em duplicata, que mostraram que não houve

perda de sucralose durante o assamento e nenhum outro composto foi formado, indicando, assim, a completa estabilidade da sucralose em aplicação comercial.

O FDA (Food and Drug Administration) permitiu o uso da sucralose em alimentos, como um edulcorante não-nutritivo, através do Registro Federal de 03 de abril de 1998 (volume 63, número 64), garantindo, assim, sua segurança toxicológica (FDA, 1998). A ingestão diária aceitável (IDA) de 5,0 mg/kg de peso corpóreo/dia de sucralose foi determinada pelo FDA, através do Registro Federal de 12 de agosto de 1999 (volume 64, número 155) (FDA, 1999).

Dados os aspectos tecnológicos da sucralose, seu amplo uso na substituição do açúcar e a detecção de sua segurança toxicológica, este edulcorante teve seu uso aprovado no Brasil através da Portaria nº 318 de 24 de novembro de 1995 (BRASIL, 1995). Esta portaria foi revogada pela Resolução RDC nº 3 de 02 de janeiro de 2001 (ANVISA, 2001), estabelecendo limite máximo para o uso de sucralose de 0,045 g / 100 g ou 100 mL do produto adicionado.

2.4. Otimização de formulações através de Planejamento Experimental e Metodologia de Superfície de Resposta

A Metodologia de Superfície de Resposta é uma técnica de otimização baseada em planejamentos fatoriais, introduzida por G. E. P. Box na década de 1950, e que vem sendo utilizada com sucesso na modelagem de diversos processos industriais e desenvolvimento de formulações em geral. Essa metodologia tem duas etapas distintas – modelagem e deslocamento –, que são repetidas tantas vezes quantas forem necessárias, com o objetivo de atingir uma região ótima da superfície investigada. A modelagem normalmente é feita ajustando-se modelos simples (em geral, lineares ou quadráticos) a respostas obtidas com planejamentos fatoriais. O deslocamento se dá sempre ao longo do caminho de máxima inclinação de um determinado modelo, que é a trajetória na qual a resposta varia de forma mais pronunciada (BARROS NETO et al., 2003).

Em um experimento fatorial os efeitos de diferentes fatores são investigados simultaneamente. Os tratamentos consistem em todas as combinações que podem ser formadas a partir dos diferentes fatores (COCHRAN & COX, 1992).

Segundo Rodrigues e Iemma (2005), as vantagens do Planejamento Experimental são muitas, tais como: redução do número de experiências ou repetições e melhora na

qualidade da informação obtida através dos resultados; análise de diversos fatores simultaneamente, podendo-se verificar e quantificar efeitos sinérgicos e antagônicos entre os mesmos; otimização de mais de uma resposta ao mesmo tempo; possibilidade do cálculo e avaliação do erro experimental.

Turola (2002) desenvolveu um bolo *diet* enriquecido com fibras, aplicando a Metodologia de Superfície de Resposta. Foram realizados dois delineamentos centrais compostos rotacionais (DCCR): no primeiro, as variáveis independentes estudadas foram os ingredientes povidexose e gordura, e as variáveis dependentes, as respostas sensoriais de aceitação global, aceitação de sabor, textura e aparência, além do volume específico; no segundo, as variáveis independentes foram as porcentagens de adição de povidexose e de fibras, enquanto que as dependentes foram aceitação global, aceitação da aparência externa e do miolo e a atitude de compra dos consumidores. Ao final do experimento, o autor obteve a formulação ótima do bolo *diet*, com 23,55% de povidexose e 1,45% de fibras, que obteve boa aceitação pelos consumidores.

O efeito das gomas guar e xantana como substitutos de gordura em bolos foi avaliado por Zambrano et al. (2005). Foi realizado um DCCR, no qual as variáveis independentes analisadas foram a porcentagem de goma guar / goma xantana, a porcentagem de emulsificante e o nível de substituição de gordura. Para tanto, os autores estudaram, como variáveis dependentes, o volume específico, as características internas, atividade de água, firmeza e elasticidade instrumentais (TA-XT2), viscosidade Brookfield e densidade específica da massa. Os resultados desse estudo confirmaram a possibilidade da formulação de bolos com maior volume, características internas e aspecto geral similares ao bolo padrão e, ainda, com redução do teor de gordura, se substituídos, na formulação, níveis iguais ou superiores a 29,80% de gordura.

Moscatto et al. (2006) objetivaram obter, usando a Metodologia de Superfície de Resposta, uma formulação ótima de bolo de chocolate, quando a farinha de trigo era parcialmente substituída por inulina e/ou farinha de yacon. Foi realizado um delineamento fatorial incompleto 3³, no qual as variáveis independentes estudadas foram a concentração da farinha de yacon, a concentração de inulina e o volume de água. As variáveis dependentes foram dureza, coesividade e volume específico. Foram encontradas duas formulações ótimas: a primeira, com 20% de farinha de trigo substituída pela de yacon, 153 mL de água e isenta de inulina; a segunda, com 40% da farinha de trigo substituída

pela de yacon e 6% pela inulina e contendo 126 mL de água. A segunda formulação citada acima possui um maior conteúdo de frutooligossacarídeos e inulina, porém os autores concluíram que ambas as formulações possuem aspectos funcionais com parâmetros físicos comparáveis aos da formulação padrão.

Neville e Setser (1986) realizaram a otimização da textura de bolos de baixa caloria, usando a Metodologia de Superfície de Resposta. Primeiramente foi realizado um planejamento experimental, baseado em cinco variáveis independentes (os ingredientes polidextrose, N-Flate, água, fermento e frutose) em cinco níveis (+2, +1, 0, -1, -2). As respostas avaliadas foram: gravidade específica da massa, atividade de água da massa e do bolo, pH da massa e do bolo; volume, simetria, uniformidade, porcentagem de encolhimento (determinados pelos métodos AACC); avaliação sensorial de uniformidade das células, tamanho das células, espessura das paredes das células, densidade do bolo, umidade, gomosidade, maciez e pegajosidade da crosta. Foram avaliados os efeitos das variáveis independentes nas respostas e uma segunda série de experimentos foi realizada, considerando-se apenas as variáveis independentes água, polidextrose e fermento. As respostas avaliadas neste segundo momento foram somente os atributos sensoriais de textura. Por fim, as autoras chegaram a uma formulação com volume e textura semelhantes à formulação padrão, porém deixaram claro que o estudo não incluiu a otimização do sabor, o que é de extrema importância para a futura comercialização de bolos de baixa caloria.

2.5. Análise Sensorial

Para que a substituição da sacarose seja aplicada com êxito é necessário, além da segurança absoluta de seus substitutos, que eles apresentem características sensoriais agradáveis, com comportamento semelhante ao da sacarose, principalmente a doçura. A única forma de se avaliar a aceitação de um produto como este é a aplicação da análise sensorial.

A análise sensorial foi definida, em 1975, pela Divisão de Avaliação Sensorial do Institute of Food Technologists, da seguinte forma: "Avaliação sensorial é uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características de alimentos e materiais percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição." (STONE & SIDEL, 1993).

2.5.1. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®)

A Análise Descritiva Quantitativa® foi desenvolvida por Stone et al. (1974), com o objetivo de caracterizar os atributos sensoriais percebidos em um produto, em termos quantitativos.

A ADQ® é uma metodologia que proporciona a obtenção de uma completa descrição de todas as propriedades sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de atributos importantes (STONE & SIDEL, 1993). Possui inúmeras aplicações, como por exemplo: acompanhamento de produtos concorrentes; testes de armazenamento de produtos para verificar possíveis alterações no decorrer do período; controle da qualidade de produtos industrializados; realização de relação entre testes sensoriais e instrumentais; desenvolvimento de novos produtos, incluindo o caso de desenvolvimento de produtos *light* ou *diet* como alternativa aos originais.

A Análise Descritiva Quantitativa® permite traçar o perfil sensorial dos produtos avaliados e, quando é associada ao estudo afetivo de consumidor, permite chegar a conclusões de extrema importância, como, por exemplo, saber quais as características sensoriais, em que intensidade estão presentes nos produtos mais ou menos aceitos pelos consumidores e, ainda, verificar em que produtos concorrentes diferem sensorialmente entre si. Desta forma, se desejável, é possível saber exatamente quais atributos sensoriais devem ser atenuados, intensificados, suprimidos ou colocados em um produto para que ele possa superar seu concorrente ou, no caso de um produto *light* ou *diet*, para que ele possa assemelhar-se ao original. Portanto, a Análise Descritiva Quantitativa® é uma ferramenta de extrema importância para a garantia e o controle da qualidade de produtos alimentícios (STONE & SIDEL, 1993).

Rocha et al. (2003) avaliaram o efeito da adição de diferentes variedades de milho nas características de aparência, aroma, sabor e textura de bolo de fubá, utilizando Análise Descritiva Quantitativa®. Foi verificado que houve diferença significativa entre as formulações analisadas, a $p \leq 0,05$, para todos os termos descritivos. Associando os resultados da ADQ com a Análise de Aceitação por consumidores, os autores verificaram que a formulação com 66,6% de fubá de milho amarelo QPM (BR473) obteve melhor aceitação que o bolo com 66,6% de fubá de milho comum (BR201). Este último apresentou maiores notas que o primeiro, significativamente ($p \leq 0,05$), para

características indesejadas pelos consumidores, tais como sabor residual de margarina, granulidade e fraturabilidade, e menores notas para características desejadas, como maciez.

Battochio et al. (2006) estudaram o perfil sensorial de três marcas comerciais de pão de forma integral, através da Análise Descritiva Quantitativa[®], e também associaram seus resultados com Análise de Aceitação. Duas das amostras apresentaram perfis sensoriais bastante parecidos e uma delas apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) em relação às outras para a maioria dos 18 atributos levantados, dentre eles, aroma fermentado, aroma queimado da casca e sabor fermentado residual. Apesar desta diferença, as três amostras foram similarmente ($p \leq 0,05$) bem aceitas pelos consumidores, para todos os atributos de aceitação avaliados. As autoras concluíram que as diferenças no perfil sensorial das amostras não acarretaram resultados de aceitação diferentes, ou seja, há espaço no mercado para pães de forma integrais caracterizados por diferentes atributos.

Seis marcas comerciais de *tortillas* foram avaliadas através de Análise Descritiva Quantitativa[®] por Reyes-Vega et al. (1998). Os resultados dos atributos de textura da ADQ[®] (umidade, elasticidade, pegajosidade e arenosidade) foram correlacionados com parâmetros de textura instrumental (coesividade, elasticidade, mastigabilidade e dureza), medidos através de texturômetro Instron Universal Testing Machine. Isto foi feito através dos coeficientes de correlação de Pearson e os autores conseguiram obter níveis de correlação significativos, tais como: dureza (instrumental) x arenosidade (sensorial): - 0,84; elasticidade (instrumental) x elasticidade (sensorial): 0,96; mastigabilidade (instrumental) x pegajosidade (sensorial): 0,94; coesividade (instrumental) x umidade (sensorial): 0,84; entre outros.

2.5.2. Análise Tempo-Intensidade

Um teste sensorial que vem ganhando especial atenção ao longo do tempo é o denominado tempo-intensidade. Isto tem ocorrido, principalmente, porque, com o rápido desenvolvimento da informática nos últimos anos, a principal dificuldade deste teste, que era a coleta de dados, tem sido muito facilitada. Esse teste foi definido por AMERINE et al. (1965) como a medida da velocidade, duração e intensidade percebidas por um estímulo único.

Uma das primeiras pesquisas de avaliação de atributos sensoriais em função do tempo foi realizada por Neilson (1957). A autora avaliou a percepção do sabor de menta em chiclete em função do tempo de mastigação.

Da Silva (1999) fez uma revisão bibliográfica e verificou a evolução das metodologias para avaliação dos atributos sensoriais temporais dos alimentos, classificando-as em três gerações: a primeira geração, considerada como mecânica, com metodologia desenvolvida por Larson-Powers e Pangborn, em 1978, na qual o provador marcava com um lápis a intensidade da sensação percebida sobre uma escala localizada em um papel, que se movia sob velocidade constante; a segunda geração, que baseava a metodologia de avaliações sensoriais temporais em potenciômetros, a partir da proposta de Birch e Munton, em 1981; e a terceira e atual geração, que se utiliza de microcomputadores para o desenvolvimento de metodologias de avaliação tempo-intensidade.

A percepção do aroma, do gosto e da textura em alimentos é um fenômeno dinâmico, e não estático. A avaliação sensorial clássica quantifica a resposta sensorial, usando um ponto único de medida. Os provadores fazem uma média do tempo ou integram suas respostas para as decodificarem a um valor de intensidade único.

O gosto, o aroma, a textura e as sensações térmicas e picantes, presentes em alimentos e bebidas, mostram mudanças dinâmicas perceptíveis em intensidade, durante todo o tempo de contato com a mucosa oral (LEE & PANGBORN, 1986).

Diferentes estímulos sensoriais possuem uma característica em comum no decorrer do tempo, que é o aumento da percepção, seguido de uma intensidade máxima, que caminha para a extinção (KELLING & HALPERN, 1983).

De acordo com Dubois et al. (1977) e Larson-Powers & Pangborn (1978), edulcorantes julgados como idênticos na intensidade da doçura total, podem diferir completamente em suas curvas tempo-intensidade.

O tempo requerido para que os sítios receptores dos botões gustativos respondam a um estímulo constante depende do tipo e da concentração dos estímulos presentes e a interação entre os alimentos e a saliva (YAMAMOTO et al., 1982). Em outras palavras, a percepção da intensidade máxima para um composto específico ou ingrediente é uma função do tempo e da concentração do estímulo (BIRCH et al., 1980).

A avaliação sensorial através da metodologia tempo-intensidade é um prolongamento da análise sensorial clássica através de escalas, provida de informações temporais sobre a sensação percebida (CLIFF & HEYMANN, 1993).

É interessante investigar a influência dos parâmetros de uma solução, tais como concentração e temperatura, na intensidade e persistência da resposta doce para uma classe de moléculas, como, por exemplo, os carboidratos. Este tipo de investigação só é possível através da metodologia de análise tempo-intensidade. A percepção do gosto doce é controlada por uma seqüência de interações químicas, físicas e eletrofisiológicas, induzidas pela adsorção de um estímulo doce num sítio receptor. Tais estímulos localizados geram um potencial de ação, que após iniciação move-se como uma onda sobre a superfície da membrana. Quando encontram a periferia das células nervosas, eles constituem-se numa mensagem neural. O código desta mensagem é então processado pelo sistema nervoso central. Os estímulos doces caminham através de diferentes camadas da saliva antes de acessar o receptor da membrana. O ambiente imediato do sítio é composto pela saliva. Qualquer modificação vicinal desse ambiente da membrana pode provocar mudanças específicas da mesma por si só e alterar a resposta ao estímulo (PORTMANN et al, 1992).

Cada um desses parâmetros físico-químicos citados acima pode determinar uma modificação específica. O aumento da temperatura geralmente causa o enfraquecimento ou até mesmo a quebra das pontes de hidrogênio intramoleculares nos açúcares, que afetam a conformação dos estímulos doces, alterando-os (PORTMANN et al., 1992). Por outro lado, mudanças na temperatura da camada vicinal de água (ou saliva) contribuem para uma modificação da membrana em si, e podem levar a uma alteração da mensagem. Uma vez que a tradução do estímulo químico em uma mensagem nervosa se dá através de um número de etapas, a temperatura pode influenciar cada uma delas (BARTOSHUK et al, 1982).

De acordo com Green & Frankmann (1987), é mais fácil prever o comportamento dos açúcares quando a temperatura é alterada do que o comportamento dos adoçantes artificiais.

Portanto, é de grande importância realizar a avaliação do gosto de diferentes substâncias adoçantes sob o aspecto tempo-intensidade, em sistemas modelos onde a temperatura seja controlada, para que não haja influência nas respostas dos provadores.

Bolini-Cardello (1996) e Bolini-Cardello et al. (1999) estudaram a caracterização sensorial dos edulcorantes aspartame, extrato de folhas de estévia e mistura ciclamato/sacarina 2:1, através de Análise Tempo-Intensidade. Os edulcorantes foram estudados nos níveis de doçura equivalentes à sacarose em soluções a 3, 10, 20 e 30%. A autora constatou que o aspartame teve seu comportamento temporal modificado com o aumento da concentração, pois foi verificado que, em doçura equivalente à solução de sacarose (SSAC) a 3%, não foi registrado gosto amargo, enquanto que em SSAC a 10% houve esta característica, que aumentou, quanto à intensidade e ao tempo de duração, com o aumento da concentração. As características temporais de doçura do aspartame também foram modificadas pelo aumento da concentração, através do aumento da área total sob a curva tempo-intensidade e o tempo total de duração do estímulo. Para extrato de folhas de estévia e mistura ciclamato/sacarina 2:1, a autora observou que suas características temporais para doçura e amargor foram intensificadas com o aumento da concentração.

Lawless et al. (1996) usaram a Análise Tempo-Intensidade para estudar propriedades de textura de um sistema alimentício modelo com alta concentração de gordura, o qual consistia de manteiga de cacau, sacarose e aroma artificial. Oito amostras foram avaliadas, variando-se quantidades de celulose micro-cristalina e goma guar em níveis de 5% a 20%, isoladamente e em combinação, em substituição à manteiga de cacau. Os atributos avaliados foram: derretimento na boca, intensidade do sabor global e doçura. Os autores verificaram que a adição dos carboidratos em substituição à manteiga de cacau não apenas afetou as intensidades dos atributos, mas também as formas das curvas tempo-intensidade foram alteradas. A adição de carboidratos provocou, em geral, a diminuição da intensidade total do sabor e um atraso em seu desenvolvimento. Também foi verificada uma diminuição na doçura e no derretimento na boca, conforme os níveis de carboidratos substituídos aumentavam.

2.5.3. Análise de Aceitação

A análise da aceitação é uma metodologia valiosa e necessária para todo programa de avaliação sensorial. O hedonismo representa um componente substancial da resposta humana aos alimentos e seus estímulos. O hedonismo lida com o “gostar” e “desgostar” e envolve uma grande variedade de comportamentos, tais como: escolha entre dois ou mais

produtos, escalas de aceitação de produtos, frequência de consumo e intenção de compra (MOSKOWITZ, 1983).

Em um processo de avaliação de um produto, a análise da aceitação geralmente, mas não sempre, aparece em seguida dos testes discriminativos e descritivos – que devem limitar o número de alternativas do produto em teste – e antecede testes em grande escala, feito fora do laboratório, tal como pesquisa de marketing (STONE & SIDEL, 1993).

A análise de aceitação mede o quanto uma pessoa gosta ou não de um determinado produto ou sua preferência. Preferência é a expressão do apelo de um produto em relação a outro. A preferência pode ser medida diretamente, através da comparação entre dois ou mais produtos entre si. Sua medida indireta pode ser alcançada verificando-se qual produto alcançou maiores notas sensoriais (preferido) em relação a outro, em um teste com várias amostras, ou qual produto obteve escolha por um maior número de pessoas em relação a outro, significativamente (STONE & SIDEL, 1993). Para ser mais eficiente, a avaliação sensorial deve enfatizar a medida da aceitação de um produto em meio a vários outros e, a partir dos dados gerados, determinar a preferência.

Para a avaliação da aceitação e preferência, o método sensorial que utiliza escala hedônica de 9 pontos (ou 9 cm) é, provavelmente, o mais utilizado. A escala é facilmente entendida pelos provadores, através de instruções mínimas. Os resultados têm mostrado ser estáveis, sendo as diferenças na aceitação dos produtos reproduzidas com diferentes grupos de provadores (STONE & SIDEL, 1993).

Ronda et al. (2005) avaliaram a aceitação de bolos sem adição de sacarose, tendo como substitutos deste ingrediente sete polióis / oligossacarídeos: maltitol, manitol, xilitol, sorbitol, isomaltose, oligofrutose e polidextrose. Os autores observaram que os provadores assinalaram menores notas, em relação à aceitação global, para o bolo contendo manitol, seguido por oligofrutose e polidextrose. As notas baixas dadas para os bolos com oligofrutose e polidextrose foram relacionadas, principalmente, a sabor e sabor residual. Pouca doçura e sabor residual amargo foram as principais justificativas dadas pelos provadores. Os autores lembraram que não foram adicionados edulcorantes de alta intensidade às formulações, portanto, esta pode ser uma justificativa para a menor aceitação dos bolos com oligofrutose e polidextrose. A amostra com xilitol foi a melhor aceita, com notas próximas às do bolo padrão (com sacarose).

Sae-Eaw et al. (2007) estudaram a substituição de farinha de trigo em bolos por farinha de arroz, através de três formulações submetidas à Análise de Aceitação. Foi utilizada escala hedônica de 9 pontos para a realização dos testes. Um dos produtos obteve média de 5,39 para aceitação global (faixa de "nem gostei, nem desgostei"). Porém, os autores verificaram que, para as outras duas amostras, pelo menos 81% dos consumidores assinalaram a resposta "sim", quando questionados sobre a aceitação positiva da impressão global dos produtos. Essas duas amostras obtiveram médias de 6,06 e 6,20, não diferindo estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$). Desta forma, concluíram que há a possibilidade da total substituição da farinha de trigo por farinha de arroz para a produção de bolos aceitáveis para o mercado norte-americano.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

As amostras foram obtidas através do processamento nos Laboratórios de Análise Sensorial e de Serviços de Alimentação do Departamento de Alimentos e Nutrição, localizados na Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp.

Para a fabricação dos bolos foram utilizados os seguintes ingredientes:

- Farinha de Trigo Cargill Especial;
- Farinha de Linhaça Integral para panificação Cisbra;
- Açúcar Refinado União;
- Polidextrose Litesse® Danisco;
- Lactitol Danisco;
- Sucralose Splenda® Danisco;
- Leite em pó Integral Ninho (Nestlé);
- Margarina Primor Forno e Fogão;
- Fermento Químico em pó Royal;
- Ovos brancos grandes in natura;
- Água filtrada.

Os equipamentos utilizados na produção dos bolos foram:

- Batedeira Kitchen Aid, Modelo K45SS;
- Forno Combinado Engefood, Modelo CPC 61;

Os equipamentos utilizados para a realização das análises físico-químicas dos bolos, realizadas no Laboratório Central Instrumental do Departamento de Alimentos e Nutrição, localizado na Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, foram:

- Texturômetro TAXT2 Stable Micro Systems;
- Colorímetro Hunter Lab, Modelo Color Quest II;
- Equipamento para medição de atividade de água AquaLab, Modelo 3 TE;
- Estufa.

Para as análises preliminares da farinha de trigo foram utilizados os seguintes equipamentos do Laboratório de Cereais do Departamento de Tecnologia, localizado na Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp:

- Farinógrafo Brabender;
- Extensógrafo Brabender;

- Viscosímetro RVA (Rapid Visco Analyser);
- Infravermelho;
- Estufa;
- Mufla;
- Destilador de nitrogênio TE 036 Sarge (Tecnal);
- Bloco digestor macro TE 015/50 Sarge (Tecnal);
- Bloco digestor micro TE 040/25 Sarge (Tecnal);
- Conjunto para extração de gordura segundo Soxhlet (balão, extrator e condensador tipo Ahllin).

3.2. Métodos

3.2.1. Avaliação da Farinha de Trigo

3.2.1.1. Composição Centesimal

Foram feitas análises da farinha de trigo para a determinação da porcentagem de: umidade, através do método AACC 44-15^a (1989); proteína, através do Método de Kjeldahl, AACC 46-13 (1989), com fator de conversão de 5,7; gordura, através do Método de Soxhlet (LEES, 1969); cinzas, através do método AACC 08-12 (1989).

3.2.1.2. Reologia

A qualidade da farinha de trigo foi avaliada através dos equipamentos: Farinógrafo Brabender, utilizando-se o método AACC 54-21 (1989) e Extensógrafo Brabender, através do método AACC 54-10 (1989).

A viscosidade do amido foi determinada através do equipamento RVA (Rapid Visco Analyser), sendo os cálculos realizados pelo programa Thermocline para Windows, versão 1.10. O método de análise utilizado foi o padrão ICC (International Association for Cereal Science and Technology) nº 162.

3.2.2. Processamento das Amostras

As amostras foram processadas, de forma aleatorizada, através de uma adaptação do Método "All-In", que consiste em misturar todos os ingredientes em um único estágio e em alta velocidade. Este método apresenta como vantagens: mistura de todos os

ingredientes em um único estágio; facilidade de operação; melhor estabilidade da massa; produção mais rápida e mais uniforme (BENNION & BAMFORD, 1973).

Após o batimento, as amostras foram colocadas em formas descartáveis de alumínio e seguiram para o forno, à temperatura de 160°C, por 45 minutos. Foram, então, resfriadas à temperatura ambiente e embaladas em sacos de polipropileno bio-orientado (BOPP).

As amostras foram armazenadas em balcões do Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, à temperatura ambiente. Para todos os testes realizados, as amostras foram utilizadas no dia seguinte à sua fabricação, exceto para os testes de avaliação da estabilidade das amostras, em que foram utilizados bolos armazenados no 1º, 3º, 5º e 7º dias após sua fabricação.

3.2.3. Otimização da Formulação de Bolo de Linhaça *Diet*

3.2.3.1. Delineamento Experimental

Para o desenvolvimento de uma formulação de bolo de linhaça *diet* (sem sacarose), foi utilizada uma formulação padrão (com sacarose) do mesmo bolo (Tabela 01), desenvolvida pelo Prof. Dr. Yoon Kil Chang, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp.

Tabela 01. Formulação padrão de bolo de linhaça.

Ingrediente	Quantidade (g/100g)
Farinha de trigo	26,6
Açúcar	26,6
Água	19,0
Margarina	9,6
Ovos	8,0
Farinha de linhaça	6,8
Leite em pó	2,4
Fermento químico	1,0

A sacarose da formulação padrão do bolo de linhaça foi totalmente retirada para a obtenção de uma formulação *diet*. Para tanto, foram utilizados polidextrose, lactitol e sucralose como substitutos da sacarose. Os níveis de adição desses três ingredientes

(variáveis independentes) foram otimizados através de um Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR), aplicando-se a Metodologia de Superfície de Resposta. As variáveis independentes estudadas foram a porcentagem de sucralose (g/100g) (x_1) e a relação polidextrose (g/100g) / lactitol (g/100g) (x_2), as quais foram definidas em cinco níveis codificados como $-\alpha$, -1 , 0 , $+1$ e $+\alpha$. Estes níveis foram estabelecidos de acordo com os limites tecnológicos de cada ingrediente e com a bibliografia. Para a sucralose, as concentrações utilizadas foram baseadas em estudo de equivalência de doçura de diferentes edulcorantes em bebida de chá mate (CARDOSO et al., 2004). Para a relação polidextrose/lactitol, considerou-se, também, uma recomendação do fabricante, a qual sugeria que fossem usados 1/3 de polidextrose para 2/3 de lactitol.

Assim, os cálculos dos níveis do delineamento da relação polidextrose / lactitol foram feitos com base na quantidade de cada ingrediente em relação ao total de sacarose substituída (aproximadamente 26 g), ou seja, polidextrose (g) / 26 g e lactitol (g) / 26 g. Desta forma, partindo-se do ponto central até $+1,41$, aumentou-se os níveis de polidextrose em relação aos de lactitol e, do outro lado, partindo-se de 0 a $-1,41$, diminuiu-se os níveis de polidextrose em relação aos de lactitol. Assim, foi possível verificar o efeito da combinação destes dois ingredientes, em uma única variável, nas variáveis dependentes estudadas e, ainda, verificar se a recomendação de uso feita pelo fabricante foi adequada para caso.

Desta forma, foi realizado um planejamento fatorial completo 2^2 , incluindo os 4 pontos fatoriais (combinação dos níveis -1 e $+1$), 4 pontos axiais (combinação dos níveis $-\alpha$ e $+\alpha$) e 4 repetições no ponto central ($0,0$), totalizando 12 ensaios (BARROS NETO et al., 2003; RODRIGUES & IEMMA, 2005).

A adição de pontos centrais a um planejamento fatorial, caracterizando-o como um Delineamento Composto Central, tem o objetivo de ajustar respostas experimentais a um modelo de segunda ordem, ou seja, aumentar o número de observações independentes, a fim de se estimar um maior número de parâmetros. Em um Delineamento Central Composto Rotacional, são utilizados pontos do tipo $\pm\alpha$, onde $\alpha = (2^K)^{1/4}$ (RODRIGUES & IEMMA, 2005). Sendo K o número de fatores em estudo (neste caso, $K = 2$), o valor de α para o delineamento deste trabalho é de $\pm 1,41$.

Para cada ensaio foram avaliadas todas as variáveis dependentes: textura instrumental, através dos parâmetros dureza, adesividade, coesividade, gomosidade e

mastigabilidade, e aceitação sensorial dos bolos em função dos atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global.

A formulação padrão do bolo de linhaça também foi submetida à avaliação das variáveis dependentes e foi comparada com as formulações de cada ensaio.

A Tabela 02 mostra os valores codificados e reais das variáveis independentes estudadas. O DCCR está representado na Tabela 03.

Tabela 02. Valores codificados e reais das variáveis independentes.

Variáveis		-1,41	-1	0	+1	+1,41
Sucralose (g/100g)	x1 (g/100g)	0,0063	0,0113	0,0240	0,0360	0,0410
Polidextrose (g/100g) / Lactitol (g/100g)	x2	4,1 / 21,9	5,2 / 20,8	7,8 / 18,2	10,4 / 15,6	11,47 / 14,53

Tabela 03. Delineamento Central Composto Rotacional com os valores codificados e reais.

Ensaio	Variáveis codificadas		Variáveis reais	
	x1	x2	Sucralose (g/100g)	Polidextrose (g/100g) / Lactitol (g/100g)
1	-1	-1	0,0113	5,2 / 20,8
2	+1	-1	0,0360	5,2 / 20,8
3	-1	+1	0,0113	10,4 / 15,6
4	+1	+1	0,0360	10,4 / 15,6
5	-1,41	0	0,0063	7,8 / 18,2
6	+1,41	0	0,0410	7,8 / 18,2
7	0	-1,41	0,0240	4,1 / 21,9
8	0	+1,41	0,0240	11,47 / 14,53
9	0	0	0,0240	7,8 / 18,2
10	0	0	0,0240	7,8 / 18,2
11	0	0	0,0240	7,8 / 18,2
12	0	0	0,0240	7,8 / 18,2
Padrão	-	-	0	0

As respostas obtidas através da análise das variáveis dependentes foram submetidas à análise de regressão multivariada, a fim de se obter um modelo de segunda ordem, que, no caso deste trabalho, tem a forma:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + e \quad (\text{Equação I})$$

Na Equação I, x_1 e x_2 são as variáveis independentes codificadas; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_{12}, \beta_{11}$ e β_{22} são os parâmetros do modelo de regressão, que foram obtidos através do método dos mínimos quadrados; y é a resposta ou variável dependente; e é o resíduo.

Para o ajuste dos modelos e elaboração de suas respectivas superfícies de resposta, os parâmetros significativos a $p \leq 0,1$ permaneceram no modelo e os demais foram descartados, através da análise do teste t. A significância do modelo foi testada por Análise de Variância (ANOVA), através do teste F. O processamento dos dados foi realizado com o programa *Statistica*.

3.2.3.2. Análise Instrumental da Textura

A análise instrumental da textura dos bolos de linhaça foi feita através do texturômetro TAXT2, equipado com um probe cilíndrico de alumínio de 100 mm de diâmetro, adequado a este tipo de produto. Os testes foram realizados nas seguintes condições:

- Força em compressão;
- Velocidade de teste: 2 mm/s;
- Velocidade de pré-teste: 5 mm/s;
- Velocidade de pós-teste: 5 mm/s;
- Força de contato: 50 g;
- Distância: 15 mm;
- Sensibilidade do aparelho: 50 g.

Os parâmetros de textura instrumental avaliados foram: dureza, adesividade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade, sendo expressos através da média de três repetições. Foram utilizadas fatias centrais dos bolos, cada uma com 25 mm de espessura, e analisadas ao longo de seu comprimento. As amostras foram fabricadas no dia anterior ao teste.

3.2.3.3. Análise de Aceitação

Foi realizado um teste de aceitação com as amostras dos 12 ensaios de bolo de linhaça mais a amostra padrão, as quais foram avaliadas em relação aos atributos de aparência, aroma, sabor, textura e impressão global.

O teste de aceitação utilizou escala hedônica não-estruturada de nove centímetros e a equipe foi composta por 31 consumidores e representativos do público alvo (STONE & SIDEL, 1993). A ficha utilizada no teste de aceitação está representada na Figura 01.

Nome: _____		Data: _____	
Amostra: _____			
APARÊNCIA		-----	
AROMA	Desgostei muitíssimo	-----	Gostei muitíssimo
SABOR	Desgostei muitíssimo	-----	Gostei muitíssimo
TEXTURA	Desgostei muitíssimo	-----	Gostei muitíssimo
IMPRESSÃO GLOBAL	Desgostei muitíssimo	-----	Gostei muitíssimo
Se esta amostra estivesse à venda, qual seria a sua atitude? ☐ Certamente compraria ☐ Provavelmente compraria ☐ Tenho dúvidas se compraria ou não ☐ Provavelmente não compraria ☐ Certamente não compraria			
Comentários: _____			

Figura 01. Ficha utilizada no Teste de Aceitação.

As amostras foram apresentadas aos provadores, no dia seguinte à sua fabricação, em fatias cortadas ao meio de, aproximadamente, 20g, de forma monádica e em pires brancos codificados com algarismos de três dígitos. Os testes foram conduzidos em cabines individuais climatizadas, sob luz branca. A apresentação das amostras seguiu o delineamento de blocos completos balanceados conforme sugerido por Macfie e Bratchell (1989).

3.2.3.3. Análise Estatística Complementar

Além da análise estatística para avaliação do delineamento experimental, os resultados da análise de textura instrumental e do teste de aceitação foram submetidos à Análise de variância (ANOVA) e Teste de Médias de Tukey. Desta forma, foi possível comparar as médias de cada atributo e cada formulação, a fim de se escolher **apenas uma formulação *diet***, que seguiu, **juntamente com a formulação padrão**, para os estudos de: perfil sensorial, consumidor e avaliação da estabilidade durante armazenamento.

3.2.4. Análise Sensorial

3.2.4.1. Pré-Seleção da Equipe de Provadores

Inicialmente foi feita uma pré-seleção dos 11 candidatos que participaram da equipe de provadores para realização dos testes descritivos (Análise Descritiva Quantitativa e Análise Tempo-Intensidade). Isto ocorreu através de análise seqüencial de WALD (AMERINE et al., 1965), utilizando testes triangulares de diferença com duas amostras de bolo adoçadas com sacarose, com diferença significativa de 15% em relação à doçura. Para estabelecer a diferença entre estas duas amostras foi realizado um teste pareado com 30 candidatos, onde foram apresentadas as duas amostras e comprovada a diferença.

Na análise seqüencial foram utilizados os valores para $\rho_0=0,45$ (máxima inabilidade aceitável), $\rho_1=0,70$ (mínima habilidade aceitável), e para os riscos $\alpha=0,05$ (probabilidade de aceitar um candidato sem acuidade sensorial) e $\beta=0,05$ (probabilidade de rejeitar um candidato com acuidade sensorial).

O gráfico da Análise Seqüencial de Wald utilizado para a seleção dos provadores está representado na Figura 02.

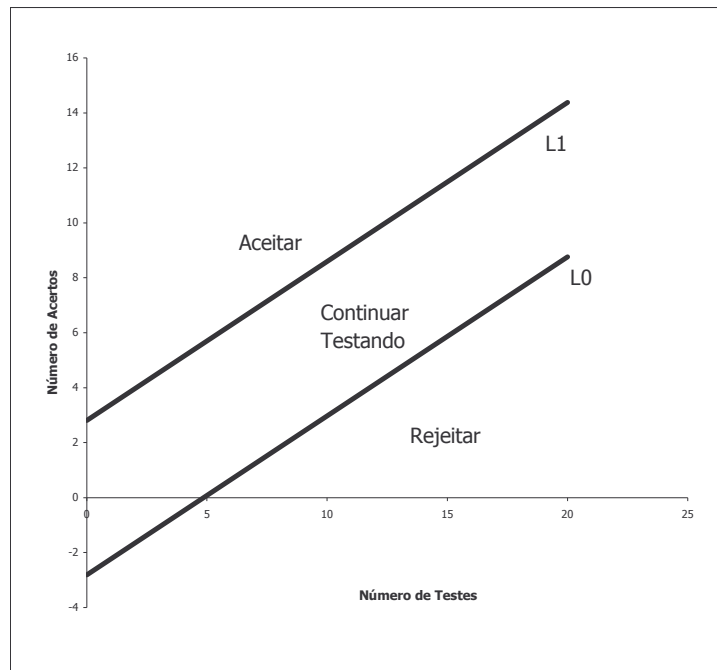


Figura 02. Gráfico da Análise Sequencial de Wald utilizado na pré-seleção de provadores.

3.2.4.2. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®)

Os 11 candidatos pré-selecionados fizeram o levantamento dos termos descritores sensoriais do bolo de linhaça, adoçado com sacarose (amostra padrão) e sucralose (uma única amostra *diet*, selecionada através do item 3.2.3), através do Método Rede - Repertory Grid Kelly's Method - (MOSKOWITZ, 1983), cuja ficha está representada na Figura 03.

Nome:_____ Data:_____	
Por favor, observe, aspire e prove as duas amostras de bolo de linhaça e indique em que elas são similares e em que são diferentes em relação à aparência, ao aroma, ao sabor e à textura.	
Amostras: _____ e _____	
Similaridades	Diferenças
Aparência	
Aroma	
Sabor	
Textura	

Figura 03. Ficha do Método Rede.

Seguindo a metodologia descrita por Stone et al. (1974), com os termos descritores gerados e as amostras referências definidas em consenso pela equipe, foi elaborada a ficha de avaliação, com escalas não estruturadas de 9 cm, ancoradas nos pontos extremos, à esquerda pelo termo "fraco" ou "nenhum" e à direita, "forte".

A equipe passou por treinamento com as amostras padrão e *diet* do bolo de linhaça e as amostras referências e, então, foram realizados os testes para a seleção da equipe definitiva da ADQ®. Nesta etapa, foi utilizada a ficha elaborada com as escalas de intensidade para os termos definidos. Foram selecionados os candidatos com base no poder de discriminação entre amostras (p de $F_{amostra} < 0,30$), repetibilidade (p de $F_{repetição} > 0,05$) e concordância entre os provadores (gráficos de comparação entre médias individuais dos provadores, para cada atributo), verificadas através de análise de variância de dois fatores (amostra e repetição), para cada provador, em relação a cada atributo (DAMÁSIO & COSTELL, 1991).

Essa equipe selecionada realizou, então, o teste final da Análise Descritiva Quantitativa®. As amostras foram apresentadas em fatias de 40 g cada, no dia seguinte à sua fabricação, codificadas com algarismos de três dígitos, de forma monádica (STONE &

SIDEL, 1993) e em quatro repetições. Os testes foram conduzidos em cabines individuais climatizadas, sob luz branca. Os provadores tiveram acesso às fichas geradas com os termos descritores. Como foram avaliadas apenas duas amostras, a ordem de apresentação foi alternada (ora AB, ora BA) entre os provadores e entre cada repetição de cada provador. Os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial, localizado no Departamento de Alimentos e Nutrição (DEPAN) da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp.

3.2.4.3. Análise Tempo-Intensidade

Foi realizada Análise Tempo-Intensidade para os atributos gosto doce e sabor de linhaça das formulações padrão e *diet* (uma única formulação, selecionada através do item 3.2.3) do bolo de linhaça.

A coleta dos dados para a Análise Tempo-Intensidade foi realizada em computador, em cabines individuais climatizadas, através do programa "Sistema de Coleta de Dados Tempo-intensidade - SCDTI" (BOLINI-CARDELLO et al., 2003)

Para esta análise, os 11 provadores previamente selecionados, através do item 3.2.4.1, passaram por uma nova etapa de seleção, através da habilidade para o teste interativo com o computador e, ainda, com base no poder de discriminação (p de $F_{amostra} < 0,30$), repetibilidade (p de $F_{repetição} > 0,05$) e concordância entre os provadores (gráficos de comparação entre médias individuais dos provadores, para cada atributo) (DAMÁSIO & COSTELL, 1991), verificados através de análise de variância de dois fatores (amostra e repetição), para cada provador, em relação a cada parâmetro da curva tempo-intensidade.

Para esta seleção, os provadores realizaram avaliações de atributo pré-determinado (gosto doce) das amostras de bolo de linhaça, através de apresentação monádica, em quatro repetições, registrando a intensidade do atributo avaliado em função do tempo percorrido, na escala de 9 pontos do monitor (0=nenhum; 4,5=moderado; 9=forte), utilizando o *mouse*. Os provadores então selecionados foram treinados para a realização do teste propriamente dito.

A Figura 04 mostra uma tela do *software* utilizado, para exemplificação.



Figura 04. Tela do programa SCDTI, mostrando a escala de avaliação e uma das mensagens para realização da análise.

O provador iniciava cada sessão de avaliação pressionando, com ajuda do *mouse*, uma opção mostrada na tela do computador. Imediatamente, era mostrada no monitor uma escala híbrida de intensidade, onde o pesquisador podia selecionar o número de pontos, sendo que, neste caso, foi utilizada escala de 9 pontos. Ao primeiro aviso emitido pelo computador, o provador colocava a amostra na boca e começava a mastigar e, usando o *mouse*, indicava na escala a intensidade do atribuo sensorial determinado. Ao segundo aviso sonoro, o provador engolia a amostra, e um terceiro aviso indicava o final do teste.

O tempo de espera inicial, ou seja, o tempo em que o provador se prepara para o início do teste, antes de colocar a amostra na boca, foi atribuído em 10 segundos; o tempo de residência na boca, ou seja, o tempo em que o provador mastiga a amostra, sem engoli-la, foi de 15 segundos; o tempo após a ingestão, ou seja, do momento em que o provador engole a amostra até a finalização do teste foi de 60 segundos. Esses valores foram atribuídos para ambos os atributos avaliados (doçura e sabor de linhaça).

Esse programa foi utilizado para analisar os dados coletados em cada sessão de avaliação sensorial e fornecer os seguintes parâmetros: intensidade máxima registrada pelo provador; tempo em que a intensidade máxima foi registrada; área sob a curva tempo x intensidade; tempo total de duração do estímulo (gosto doce ou sabor de linhaça).

As amostras foram apresentadas em porções idênticas de 10 g cada, no dia seguinte à sua fabricação, codificadas com algarismos de três dígitos, de forma monádica (STONE & SIDEL, 1993) e em quatro repetições. Os testes foram conduzidos em cabines individuais climatizadas, sob luz branca. A ordem de apresentação foi alternada (ora AB, ora BA) entre os provadores e entre cada repetição de cada provador. Os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial, localizado no Departamento de Alimentos e Nutrição (DEPAN) da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp.

3.2.4.4. Análise da Aceitação

Após a determinação do perfil sensorial das formulações padrão e *diet* (uma única formulação, selecionada através do item 3.2.3) de bolo de linhaça, foi feito um teste de aceitação com as mesmas, as quais foram avaliadas em relação aos atributos de aparência, aroma, sabor, textura e impressão global.

O teste de aceitação utilizou escala hedônica não estruturada de nove centímetros e a equipe foi composta por 100 consumidores e representativos do público alvo (consumidores de bolo e de linhaça, questionados no início do teste) (STONE & SIDEL, 1993).

As amostras foram apresentadas aos provadores, no dia seguinte à sua fabricação, em fatias cortadas ao meio de, aproximadamente, 20g, de forma monádica e em pires brancos codificados com algarismos de três dígitos. Os testes foram conduzidos em cabines individuais climatizadas, sob luz branca. A ordem de apresentação das amostras foi alternada entre cada consumidor (ora AB, ora BA).

3.2.4.5. Análise Estatística

A pré-seleção dos provadores foi realizada através de análise seqüencial de Wald (AMERINE et al., 1965).

A seleção dos provadores para os testes descritivos foi realizada através de análise de variância de dois fatores (amostra e repetição), para cada provador, em relação a cada atributo (ou parâmetro da curva, no caso da análise tempo-intensidade). Foram selecionados os provadores com valores de $F_{amostra}$ significativos ($p < 0,30$), $F_{repetição}$ não significativos ($p > 0,05$) e com concordância com a equipe sensorial, através de gráficos de comparação entre médias individuais dos provadores, para cada atributo.

Os atributos componentes do perfil sensorial e os parâmetros obtidos através das curvas tempo-intensidade foram avaliados através de Análise de Variância (ANOVA), Teste de Média de Tukey e Análise de Componentes Principais (ACP).

Os resultados dos testes de aceitação foram avaliados por ANOVA e Teste de Média de Tukey.

Todas as análises estatísticas foram realizadas através do programa *SAS*, versão 9.1 (2003).

3.2.5. Avaliação da Estabilidade das Amostras durante o Armazenamento

As formulações padrão e *diet* do bolo de linhaça foram submetidas a análise instrumental da textura, atividade de água, umidade e análise instrumental de cor, nos tempos correspondentes ao 1º, 3º, 5º e 7º dias de armazenamento. As amostras foram armazenadas embaladas em sacos de polipropileno bio-orientado (BOPP), a temperatura ambiente e dispostas em balcões do Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp.

Como os bolos não apresentaram conservantes em suas formulações, foi verificado que, após o sétimo dia de armazenamento, as amostras começaram a ser afetadas por bolores. Portanto, as avaliações foram finalizadas no sétimo dia. Por esta mesma razão, não foram realizadas avaliações sensoriais nesta etapa do estudo.

3.2.5.1. Análise Instrumental da Textura

A análise instrumental da textura dos bolos de linhaça foi feita através do texturômetro TAXT2, equipado com um probe cilíndrico de alumínio de 100 mm de diâmetro. Os testes foram realizados nas mesmas condições apresentadas no item 3.3.3.2.

Os parâmetros avaliados foram: dureza, adesividade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade, sendo expressos através da média de três repetições. Foram utilizadas

fatias centrais dos bolos, cada uma com 25 mm de espessura, e analisadas ao longo de seu comprimento.

3.2.5.2. Atividade de Água

A atividade de água das amostras de bolo de linhaça foi medida em triplicata através do equipamento AquaLab.

3.2.5.3. Umidade

A umidade das amostras de bolo de linhaça foi realizada em triplicata, por dessecação à temperatura ambiente por 24 horas, seguida de dessecação em estufa a 130°C até peso constante, conforme o método AACC 44-15 (1989).

3.2.5.4. Análise Instrumental da Cor

A análise instrumental de cor foi realizada para o miolo e a crosta das amostras de bolo de linhaça.

O sistema CIELAB foi utilizado, sendo a leitura realizada através dos parâmetros luminosidade (L^*) e coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*), sendo que o eixo a^* é composto pelas cores vermelha ($a^* > 0$) e verde ($a^* < 0$) e o eixo b^* , pelas cores amarela ($b^* > 0$) e azul ($b^* < 0$).

As análises foram realizadas em triplicata, nas seguintes condições:

- Iluminante: D65;
- Grau do iluminador: 10°;
- RSIN: 1 pol de abertura.

3.2.5.5. Análise Estatística

Os resultados das medições de textura instrumental, atividade de água, umidade e cor instrumental foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), Teste de Média de Tukey e Análise de Componentes Principais (ACP).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da Farinha de Trigo

4.1.1. Composição Centesimal

Os resultados da composição centesimal da farinha de trigo encontram-se na Tabela 04.

Tabela 04. Composição centesimal da farinha de trigo.

Componente	Porcentagem (%)
Umidade	14,5 ± 0,2
Carboidratos	72,05*
Proteínas	11,67 ± 0,04
Lipídios	1,31 ± 0,08
Cinzas	0,47 ± 0,08

* A porcentagem de carboidratos foi determinada retirando-se de 100% a soma das porcentagens de umidade, proteínas, lipídios e cinzas.

A ANVISA, através da Instrução Normativa nº 8, de 02 de junho de 2005, aprovou o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo, no qual estão estabelecidos os limites de teor de cinzas, proteína e umidade, apresentados na Tabela 05.

Tabela 05. Limites de tolerância para a farinha de trigo.

Tipos	Teor de Cinzas (máximo)	Teor de Proteínas (mínimo)	Umidade (máximo)
Tipo 1	0,8%	7,5%	15,0%
Tipo 2	1,4%	8,0%	
Integral	2,5%	8,0%	

Fonte: ANVISA (2005).

Desta forma, foi verificado que a farinha de trigo utilizada no projeto enquadrou-se nos Padrões de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo, estabelecidos pela ANVISA (2005).

4.1.2. Reologia

Os resultados da análise no farinógrafo, apresentados na Tabela 06, mostraram que a farinha de trigo utilizada no projeto foi classificada como forte (EL-DASH et al., 1979). O ideal para a produção de bolos é uma farinha fraca, porém, com a adição de

farinha de linhaça, a farinha de trigo teve sua força diminuída, o que a tornou adequada à fabricação de bolos.

Tabela 06. Parâmetros farinográficos da farinha de trigo avaliada.

Absorção de água (%)	63,9
Tempo de chegada (min)	1,4
Tempo de desenvolvimento (min)	11
Tempo de saída (min)	14,5
Estabilidade à mistura (min)	13,1
Índice de tolerância à mistura (UF*)	30

*UF = Unidades Farinográficas.

A Tabela 07 mostra que a farinha de trigo utilizada no processamento dos bolos apresentou resistência à extensão igual a (335 ± 7) UE e resistência máxima de (440 ± 28) UE. Sua extensibilidade de (170 ± 14) mm indica que a massa possui propriedade de extensão de, aproximadamente, 17 vezes seu comprimento original. O valor de número proporcional (D) indica o comportamento da massa: quanto maior o valor de D, maior é a tendência da massa a encolher; quanto menor, maior é a tendência de a massa fluir; em geral, para farinhas fortes, $D > 2,5$ e para farinhas fracas, $D < 1,0$ (EL-DASH et al., 1979).

Os parâmetros extensográficos da Tabela 07 sugerem que a farinha utilizada no projeto pode ser classificada como média a forte.

Tabela 07. Parâmetros extensográficos da farinha de trigo avaliada.

Resistência – R (UE ^{**})	335 ± 7
Resistência Máxima – Rm (UE ^{**})	440 ± 28
Extensibilidade – E (mm)	170 ± 14
Número Proporcional – D ($D = R/E$)	$2,0 \pm 0,1$

* Considerando somente o tempo de 90 minutos.

** UE = Unidades Extensográficas.

A Tabela 08 mostra os resultados do estudo da viscosidade da farinha de trigo utilizada na produção dos bolos, realizado através do Rapid Visco Analyser (RVA).

A temperatura de pasta é a temperatura mínima necessária pra cozer uma determinada amostra. No caso da farinha estudada, a temperatura de pasta foi de $(69,0 \pm 0,6)$ °C. Ainda pôde-se observar que a viscosidade final apresentou-se maior que a máxima obtida durante o processo, indicando a capacidade de o material formar uma pasta viscosa ou gel após o cozimento e resfriamento.

Tabela 08. Resultados do perfil de viscosidade RVA.

Temperatura de pasta (°C)	69,0 ± 0,6
Viscosidade máxima (RVU)	1718 ± 7
Tempo de viscosidade máxima (min)	5,94 ± 0,09
Viscosidade mínima (RVU)	737 ± 36
Viscosidade final (RVU)	1863 ± 16

* RVU = *Rapid Visco Units*

4.2. Otimização da Formulação de Bolo de Linhaça *Diet*

4.2.1. Análise de Aceitação

4.2.1.1. Aceitação da Aparência

A Tabela 09 mostra os resultados da análise de aceitação para o atributo aparência.

Tabela 09. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na aceitação sensorial do atributo aparência.

Ensaio	Sucralose (g/100g)	Polidextrose (g/100g) / Lactitol (g/100g)	Aparência	
			Média	DP
1	0,0113	5,2 / 20,8 (0,25)	7,1	1,2
2	0,0360	5,2 / 20,8 (0,25)	6,9	1,2
3	0,0113	10,4 / 15,6 (0,67)	6,8	1,4
4	0,0360	10,4 / 15,6 (0,67)	6,7	1,7
5	0,0063	7,8 / 18,2 (0,43)	6,8	1,2
6	0,0410	7,8 / 18,2 (0,43)	6,7	1,4
7	0,0240	4,1 / 21,9 (0,19)	6,9	1,2
8	0,0240	11,47 / 14,53 (0,79)	6,2	1,8
9	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	6,7	1,7
10	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	6,7	1,2
11	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	6,6	1,9
12	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	6,9	1,1
Padrão	0	0	6,5	1,8

Com base nas respostas apresentadas na Tabela 09, calcularam-se os coeficientes de regressão, apresentados na Tabela 10. Assim, foi possível verificar que apenas o fator linear da variável polidextrose/lactitol foi significativo, a $p < 0,1$.

Tabela 10. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores), equações e coeficientes de determinação ajustado (R_{Adj}^2) do modelo completo e do modelo ajustado obtidos para a aceitação da aparência.

Modelo Completo				
Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (6)	p-valor
Média	6,72	0,09	72,65	< 0,0001
x1 (L)	-0,05	0,07	-0,81	0,4473
x1 (Q)	0,08	0,07	1,09	0,3159
x2 (L)	-0,19	0,07	-2,95	0,0257
x2 (Q)	-0,03	0,07	-0,47	0,6541
x1 x2	0,03	0,09	0,34	0,7455
Aceitação Aparência = $6,72 - 0,05x_1 + 0,08x_1^2 - 0,19x_2 - 0,03x_2^2 + 0,03x_1x_2$ (Equação II) $R_{Adj}^2 = 0,36$				
Modelo Ajustado				
Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (10)	p-valor
Média	6,75	0,05	137,36	< 0,0001
x2 (L)	-0,19	0,06	-3,20	0,0094
Aceitação Aparência = $6,75 - 0,19x_2$ (Equação III) $R_{Adj}^2 = 0,46$				

O cálculo da ANOVA foi realizado (Tabela 11), considerando-se apenas o parâmetro estatisticamente significativo (polidextrose/lactitol (L)), a $p < 0,1$. Foi ajustado um modelo linear, porém com baixa explicação ($R_{Adj}^2 = 46\%$).

Tabela 11. ANOVA para a resposta aceitação da aparência utilizando apenas o parâmetro significativo, a $p < 0,1$.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F_{calc}	p-valor
Regressão	0,2977	1	0,2977	10,26	0,0094
Resíduos	0,2901	10	0,0290		
Falta de ajuste	0,2280	7	0,0326	1,57	0,3847
Erro Puro	0,0621	3	0,0207		
Total	0,5878	11	-	-	-
$R_{Adj}^2 = 0,46$ $F_{1; 10; 0,1} = 3,29$ $F_{7; 3; 0,1} = 5,27$					

Apesar da baixa explicação, foi obtida a superfície de resposta para a resposta aceitação da aparência (Figura 05), que é, na verdade, uma regressão linear, representada pela Equação III.

Algumas avaliações podem ser feitas, ainda, através da análise da Tabela 09, que mostra que as notas para a aceitação sensorial da aparência dos bolos variaram de 6,2 a 7,1, para os 12 ensaios do DCCR. A variação deste atributo nos pontos centrais (onde se avalia a repetibilidade do processo) foi de 6,6 a 6,9, isto é, valores muito próximos aos das outras condições do delineamento.

A média para o atributo sensorial aparência obtida para o bolo padrão foi de 6,5, valor dentro da faixa encontrada para os ensaios do DCCR.

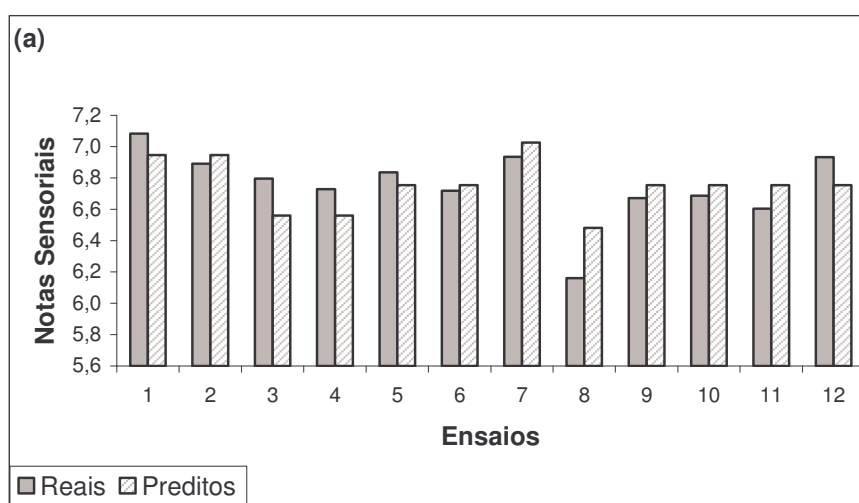
A Figura 05 mostra que o atributo sensorial aparência recebeu maiores notas na condição - α do delineamento, ou seja, quando a relação povidexose (g/100g) / lactitol (g/100g) foi a menor do estudo (0,19%). A quantidade de sucralose adicionada não interferiu na aceitação da aparência, isto é, a variável independente sucralose não foi significativa para o ajuste do modelo.

A faixa ótima dos substitutos de sacarose para a resposta aceitação da aparência foi, portanto, de:

- Sucralose: 0,0063 g/100g - 0,0410 g/100g
- Povidexose/Lactitol: 0,19

Foram calculados os valores preditos pela Equação III da resposta sensorial aceitação da aparência, para os 12 ensaios realizados no DCCR. Estes valores encontram-se ilustrados na Figura 06, bem como os seus desvios relativos aos valores experimentais, calculados conforme a equação IV.

$$\text{Desvio Relativo} = ((Y_{\text{experimental}} - Y_{\text{predito}}) / Y_{\text{experimental}}) \times 100 \quad (\text{Equação IV})$$



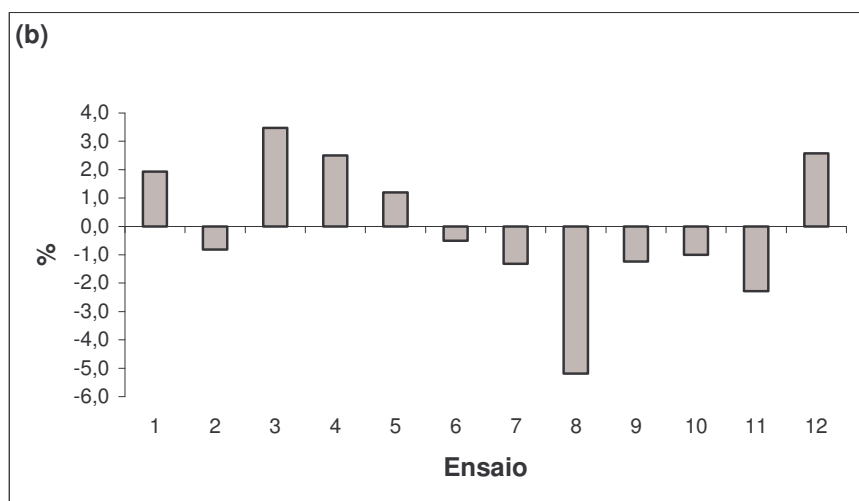


Figura 06. Valores experimentais x preditos (a) e desvios relativos (b) da resposta aceitação da aparência.

Apesar do modelo linear ajustado através da Equação III ter apresentado baixa explicação, os valores reais e os preditos pela Equação III da resposta aceitação da aparência ficaram próximos, com desvios relativos entre si menores que 5%.

4.2.1.2. Aceitação do Aroma

A Tabela 12 mostra as respostas da análise de aceitação para o atributo aroma.

Tabela 12. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na aceitação sensorial do atributo aroma.

Ensaio	Sucralose (g/100g)	Polidextrose (g/100g) / Lactitol (g/100g)	Aroma	
			Média	DP
1	0,0113	5,2 / 20,8 (0,25)	7,1	1,1
2	0,0360	5,2 / 20,8 (0,25)	7,0	1,5
3	0,0113	10,4 / 15,6 (0,67)	6,5	1,6
4	0,0360	10,4 / 15,6 (0,67)	6,4	1,9
5	0,0063	7,8 / 18,2 (0,43)	6,7	1,5
6	0,0410	7,8 / 18,2 (0,43)	6,7	1,7
7	0,0240	4,1 / 21,9 (0,19)	7,0	1,5
8	0,0240	11,47 / 14,53 (0,79)	6,6	1,3
9	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	7,0	1,2
10	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	6,8	1,4
11	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	7,1	1,3
12	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	7,0	1,3
Padrão	0	0	6,8	1,5

Com base nas respostas obtidas para a aceitação do aroma, foi possível o cálculo dos coeficientes de regressão. Através deste cálculo, pôde-se verificar que o fator quadrático da variável sucralose e o fator linear da variável polidextrose/lactitol apresentaram-se significativos, a $p < 0,1$, conforme a Tabela 13.

Tabela 13. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores), equações e coeficientes de determinação ajustado (R_{Adj}^2) do modelo completo e do modelo ajustado obtidos para a aceitação do aroma.

Modelo Completo				
Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (6)	p-valor
Média	7,00	0,08	85,50	< 0,0001
x1 (L)	-0,03	0,06	-0,48	0,6487
x1 (Q)	-0,16	0,06	-2,50	0,0464
x2 (L)	-0,21	0,06	-3,65	0,0107
x2 (Q)	-0,10	0,06	-1,58	0,1653
x1 x2	-0,02	0,08	-0,29	0,7847
Aceitação Aroma = $7,00 - 0,03x_1 - 0,16x_1^2 - 0,21x_2 - 0,10x_2^2 - 0,02x_1x_2$ (Equação V)				
$R_{Adj}^2 = 0,59$				
Modelo Ajustado				
Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (9)	p-valor
Média	6,92	0,06	110,28	< 0,0001
x1 (Q)	-0,14	0,06	-2,26	0,0506
x2 (L)	-0,21	0,06	-3,69	0,0050
Aceitação Aroma = $6,92 - 0,14x_1^2 - 0,21x_2$ (Equação VI)				
$R_{Adj}^2 = 0,60$				

A análise de variância foi realizada para o modelo ajustado, considerando-se somente os parâmetros significativos ($p < 0,1$), como mostra a Tabela 14.

Tabela 14. ANOVA para a resposta aceitação do aroma utilizando os parâmetros significativos a $p < 0,1$.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F_{calc}	p-valor
Regressão	0,4900	2	0,2450	9,34	0,0064
Resíduos	0,2360	9	0,0262		
Falta de ajuste	0,1560	6	0,0260	0,97	0,5549
Erro Puro	0,0800	3	0,0267		
Total	0,7260	11	-	-	-
$R_{Adj}^2 = 0,60$ $F_{2; 9; 0,1} = 3,01$ $F_{6; 3; 0,1} = 5,28$					

A Tabela 14 mostra que o valor de F calculado da regressão em relação aos resíduos (9,34) foi significativo, a $p < 0,1$. A falta de ajuste foi não significativa, a $p < 0,1$. Assim, pôde-se obter a superfície de resposta (Figura 07).

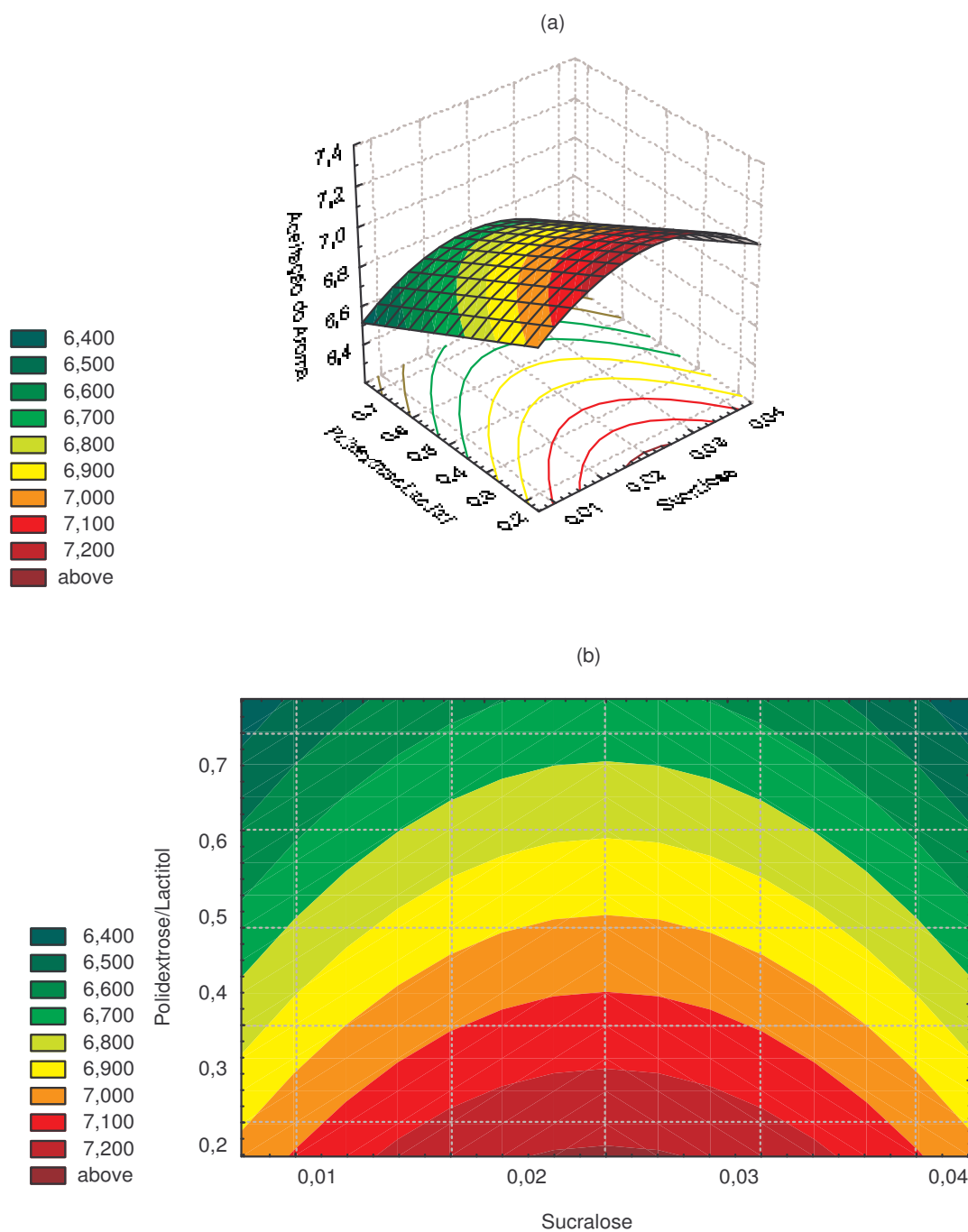


Figura 07. Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a variável dependente aceitação do aroma.

A Figura 07 mostra que o atributo sensorial aceitação do aroma recebeu maiores notas na faixa entre 0,015% e 0,035% de sucralose e para a condição $-\alpha$ da relação polidextrose/lactitol, ou seja, as notas para aroma foram maiores quando se diminuiu a concentração de polidextrose e se aumentou a de lactitol.

A faixa ótima dos substitutos de sacarose para a resposta sensorial aceitação do aroma foi, portanto, de:

- Sucralose: 0,015 g/100g - 0,035 g/100g
- Polidextrose/Lactitol: 0,19

Foram calculados os valores preditos pela Equação VI da resposta sensorial aceitação do aroma, para os 12 ensaios realizados no DCCR. Esses valores encontram-se ilustrados na Figura 08, bem como os seus desvios relativos aos valores experimentais, calculados conforme a Equação IV.

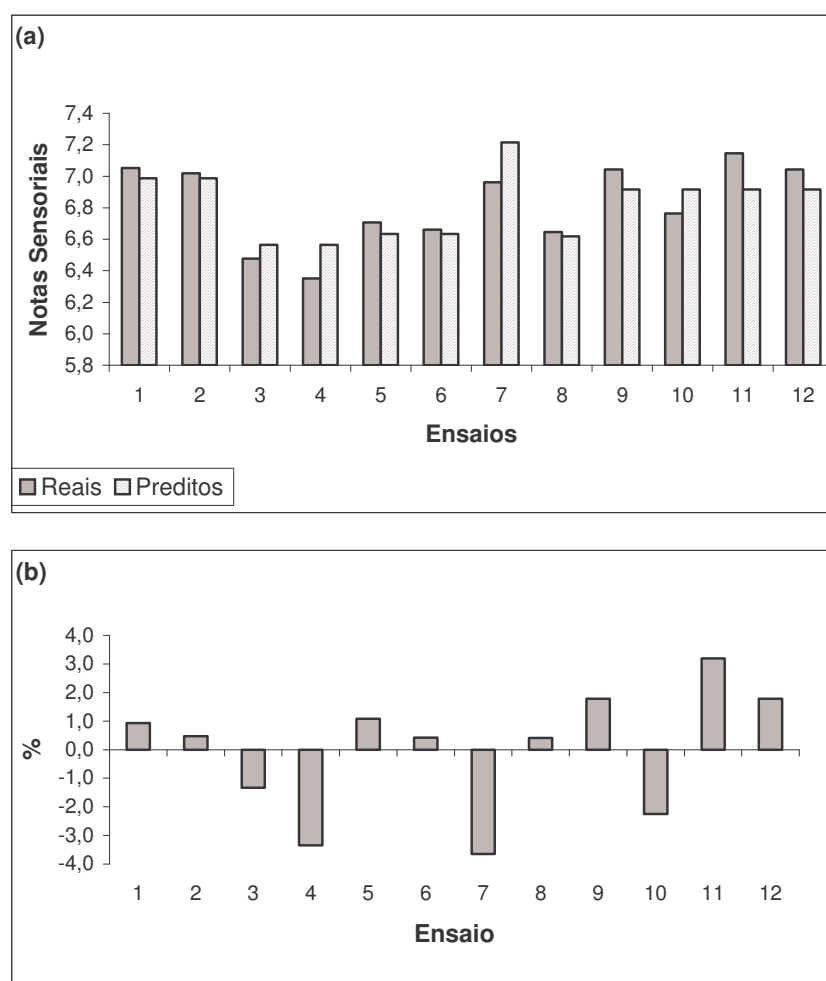


Figura 08. Valores experimentais x preditos (a) e desvios relativos (b) da resposta aceitação do aroma.

Observa-se, a partir da Figura 08, que as notas sensoriais obtidas para a resposta aceitação do aroma (valores reais) estão de acordo com os valores preditos pela Equação VI, com desvios relativos menores que 4%. Isto confirma a validade estatística do modelo matemático gerado.

4.2.1.3. Aceitação do Sabor

A Tabela 15 mostra as respostas da análise de aceitação para o atributo sabor.

Tabela 15. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na aceitação sensorial do atributo sabor.

Ensaio	Sucralose (g/100g)	Polidextrose (g/100g) / Lactitol (g/100g)	Sabor	
			Média	DP
1	0,0113	5,2 / 20,8 (0,25)	5,9	1,7
2	0,0360	5,2 / 20,8 (0,25)	6,8	1,2
3	0,0113	10,4 / 15,6 (0,67)	4,9	2,1
4	0,0360	10,4 / 15,6 (0,67)	5,8	1,8
5	0,0063	7,8 / 18,2 (0,43)	4,7	1,9
6	0,0410	7,8 / 18,2 (0,43)	6,4	1,5
7	0,0240	4,1 / 21,9 (0,19)	6,6	1,3
8	0,0240	11,47 / 14,53 (0,79)	5,6	2,1
9	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	6,2	1,9
10	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	5,7	1,7
11	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	5,9	2,5
12	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	6,8	1,5
Padrão	0	0	6,2	1,9

Com base nas respostas obtidas para a variável aceitação do sabor, calculou-se os coeficientes de regressão, os quais permitiram verificar que os fatores linear e quadrático da variável sucralose e o fator linear da variável polidextrose/lactitol apresentaram-se significativos, a $p < 0,1$, como pode ser visto na Tabela 16.

Tabela 16. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores), equações e coeficientes de determinação ajustado (R_{Adj}^2) do modelo completo e do modelo ajustado obtidos para a aceitação do sabor.

Modelo Completo				
Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (6)	p-valor
Média	6,14	0,18	33,63	< 0,0001
x1 (L)	0,51	0,13	3,94	0,0076
x1 (Q)	-0,30	0,14	-2,06	0,0856
x2 (L)	-0,41	0,13	-3,21	0,0184
x2 (Q)	-0,004	0,14	-0,03	0,9786
x1 x2	-0,002	0,18	-0,01	0,9899
Aceitação Sabor = $6,14 + 0,51x_1 - 0,30x_1^2 - 0,41x_2 - 0,004x_2^2 - 0,002x_1x_2$ (Equação VII) $R_{Adj}^2 = 0,70$				
Modelo Ajustado				
Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (8)	p-valor
Média	6,14	0,12	50,10	< 0,0001
x1 (L)	0,51	0,11	4,55	0,0019
x1 (Q)	-0,30	0,12	-2,42	0,0422
x2 (L)	-0,41	0,11	-3,71	0,0060
Aceitação Sabor = $6,14 + 0,51x_1 - 0,30x_1^2 - 0,41x_2$ (Equação VIII) $R_{Adj}^2 = 0,77$				

Assim, foi efetuada a análise de variância do modelo ajustado para a resposta sensorial aceitação do sabor, considerando-se apenas os parâmetros significativos, a $p < 0,1$, como mostra a Tabela 17.

Tabela 17. ANOVA para a resposta aceitação do sabor utilizando os parâmetros significativos a $p < 0,1$.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F_{calc}	p-valor
Regressão	4,0310	3	1,3437	13,42	0,0017
Resíduos	0,8008	8	0,1001		
Falta de ajuste	0,0735	5	0,0147	0,06	0,9950
Erro Puro	0,7273	3	0,2424		
Total	4,8317	11	-	-	-
$R_{Adj}^2 = 0,77$ $F_{3; 8; 0,1} = 2,92$ $F_{5; 3; 0,1} = 5,31$					

A Tabela 17 mostra que o valor calculado de F da regressão em relação aos resíduos (13,42) foi significativo, a $p < 0,1$, e a falta de ajuste não apresentou-se

significativa ($p < 0,1$). Assim, foi possível obter a superfície de resposta, com base no modelo ajustado pela Equação VIII (Figura 09).

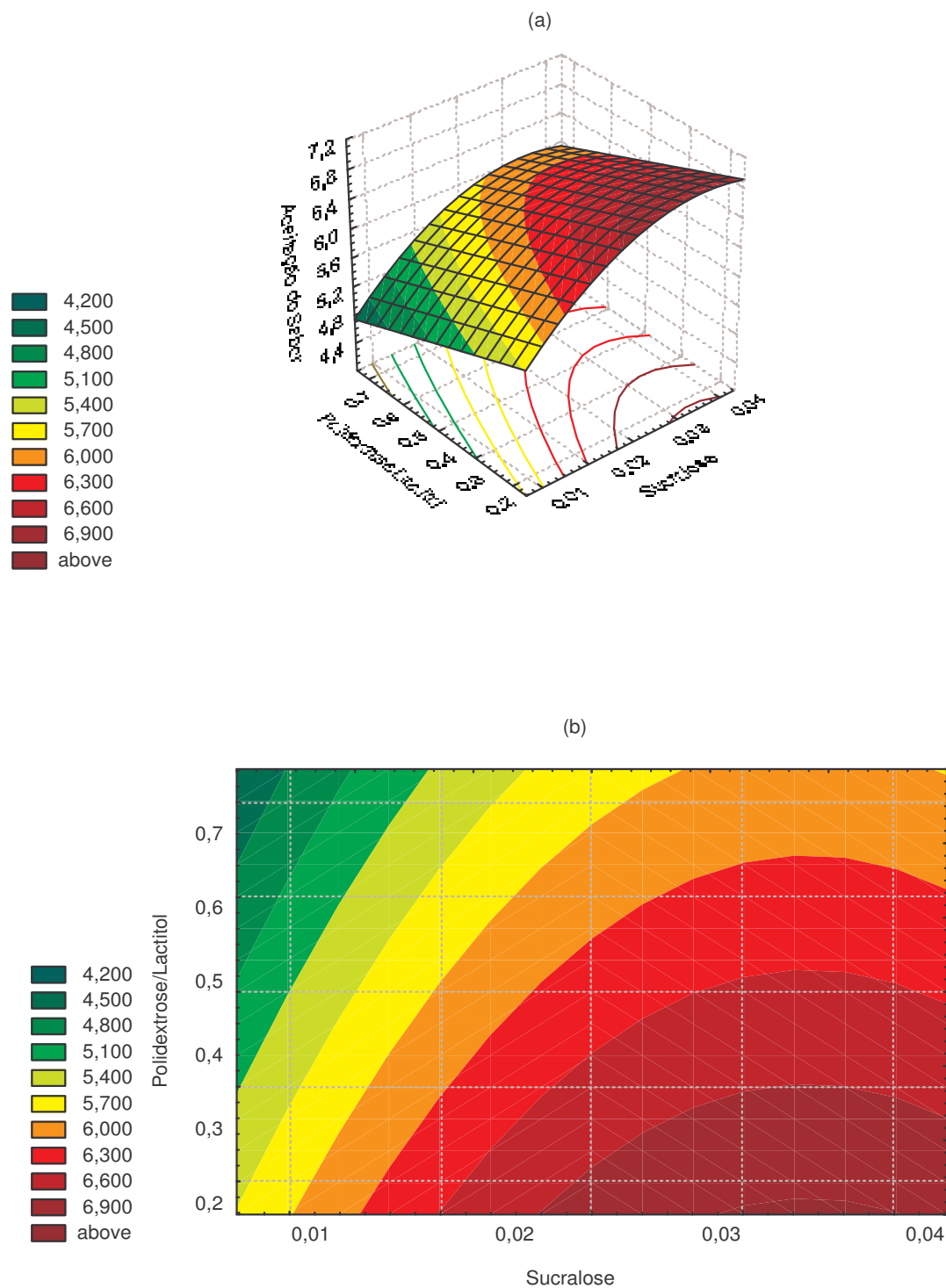


Figura 09. Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a variável dependente aceitação do sabor.

A Figura 09 mostra que o atributo sensorial aceitação do sabor recebeu maiores notas na faixa de, aproximadamente, 0,022% a 0,041% de sucralose e para concentrações menores da relação polidextrose/lactitol, ou seja, as notas para sabor foram maiores quando se diminuía a concentração de polidextrose e aumentava-se a de lactitol.

Pode-se dizer, portanto, que a faixa ótima das variáveis independentes estudadas, em bolo de linhaça, para a resposta sensorial sabor foi:

- Sucralose: 0,022 g/100g - 0,041 g/100g
- Polidextrose/Lactitol: < 0,30

Também foram calculados os valores, preditos pela Equação VIII, da resposta sensorial aceitação do sabor, para os 12 ensaios realizados no DCCR. Esses valores encontram-se ilustrados na Figura 10, bem como os seus desvios relativos aos valores experimentais, calculados conforme a Equação IV.

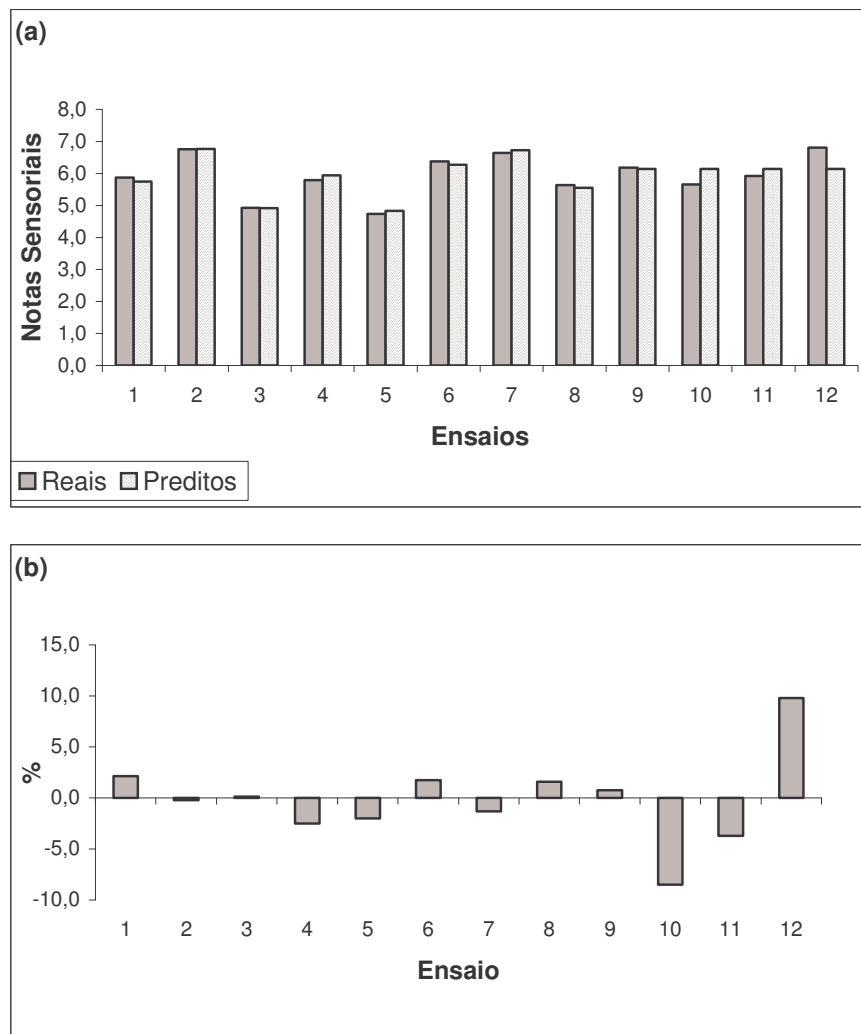


Figura 10. Valores experimentais x preditos (a) e desvios relativos (b) da resposta aceitação do sabor.

A análise da comparação dos valores preditos com os reais, através da Figura 10, mostrou que estes estavam em concordância entre si, de modo que os desvios relativos não ultrapassaram 10%, o que é mais uma comprovação da validade estatística do modelo estabelecido para a resposta sensorial aceitação do sabor.

4.2.1.4. Aceitação da Textura

A Tabela 18 mostra as respostas da análise de aceitação para o atributo textura.

Tabela 18. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na aceitação sensorial do atributo textura.

Ensaio	Sucralose (g/100g)	Polidextrose (g/100g) / Lactitol (g/100g)	Textura	
			Média	DP
1	0,0113	5,2 / 20,8 (0,25)	5,4	2,4
2	0,0360	5,2 / 20,8 (0,25)	6,4	1,4
3	0,0113	10,4 / 15,6 (0,67)	5,0	2,3
4	0,0360	10,4 / 15,6 (0,67)	5,1	2,1
5	0,0063	7,8 / 18,2 (0,43)	4,9	2,3
6	0,0410	7,8 / 18,2 (0,43)	6,0	2,2
7	0,0240	4,1 / 21,9 (0,19)	6,5	1,7
8	0,0240	11,47 / 14,53 (0,79)	5,9	1,8
9	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	5,5	2,5
10	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	5,7	2,3
11	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	6,1	2,3
12	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	6,5	1,8
Padrão	0	0	6,3	1,8

Com base nas respostas obtidas para a variável textura, foram calculados os coeficientes de regressão e, a partir disto, foi verificado que apenas os fatores linear e quadrático da variável sucralose e o fator linear da variável polidextrose/lactitol foram significativos, a $p < 0,1$, para a resposta sensorial aceitação da textura, conforme mostra a Tabela 19.

Tabela 19. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores), equações e coeficientes de determinação ajustado (R_{Adj}^2) do modelo completo e do modelo ajustado obtidos para a aceitação da textura.

Modelo Completo				
Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (6)	p-valor
Média	5,93	0,20	30,08	< 0,0001
x1 (L)	0,32	0,14	2,31	0,0606
x1 (Q)	-0,32	0,16	-2,08	0,0831
x2 (L)	-0,32	0,14	-2,31	0,0603
x2 (Q)	0,04	0,16	0,25	0,8131
x1 x2	-0,22	0,20	-1,10	0,3116
Aceitação Textura = $5,93 + 0,32x_1 - 0,32x_1^2 - 0,32x_2 + 0,04x_2^2 - 0,22x_1x_2$ (Equação IX) $R_{Adj}^2 = 0,51$				
Modelo Ajustado				
Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (8)	p-valor
Média	5,96	0,15	40,92	< 0,0001
x1 (L)	0,32	0,13	2,42	0,0420
x1 (Q)	-0,33	0,15	-2,27	0,0525
x2 (L)	-0,32	0,13	-2,42	0,0418
Aceitação Textura = $5,96 + 0,32x_1 - 0,33x_1^2 - 0,32x_2$ (Equação X) $R_{Adj}^2 = 0,56$				

Assim, foi possível calcular a análise de variância do modelo ajustado (Tabela 20), considerando-se somente os parâmetros que se apresentaram significativos, a $p < 0,1$.

Tabela 20. ANOVA para a resposta aceitação da textura utilizando os parâmetros significativos a $p < 0,1$.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F_{calc}	p-valor
Regressão	2,3868	3	0,7956	5,62	0,0227
Resíduos	1,1317	8	0,1415		
Falta de ajuste	0,5891	5	0,1178	0,65	0,6854
Erro Puro	0,5425	3	0,1808		
Total	3,5185	11	-	-	-

$$R_{Adj}^2 = 0,56$$

$$F_{3; 8; 0,1} = 2,92$$

$$F_{5; 3; 0,1} = 5,31$$

A Tabela 20 mostra que o valor calculado de F da regressão em relação aos resíduos (5,62) foi significativo, a $p < 0,1$. A falta de ajuste não se apresentou significativa ($p < 0,1$). Assim, pôde-se gerar a superfície de resposta, baseada no modelo ajustado através da Equação X, conforme ilustrado na Figura 11.

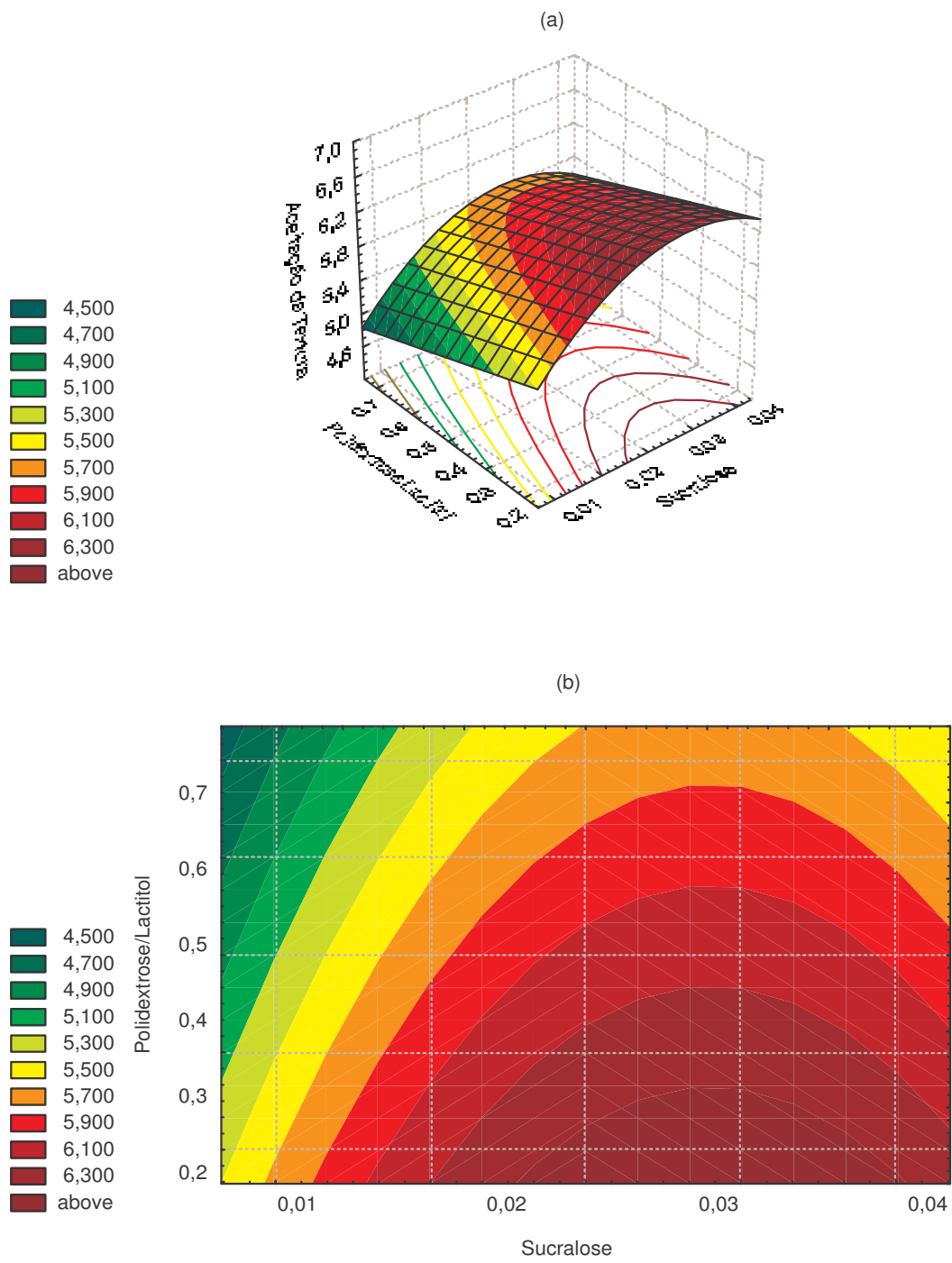


Figura 11. Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a variável independente aceitação textura.

A Figura 11 mostra que o atributo sensorial aceitação da textura recebeu maiores notas na faixa de 0,02% a 0,04% de sucralose e para concentrações menores da relação polidextrose/lactitol, ou seja, as notas para textura foram maiores quando se diminuiu a concentração de polidextrose e aumentou-se a de lactitol.

A faixa ótima encontrada, então, para os níveis de adição de sucralose e de polidextrose/lactitol em bolo de linhaça, para a resposta sensorial textura, foi:

- Sucralose: 0,02% - 0,04%
- Polidextrose/Lactitol: < 0,3%

Foram calculados os valores preditos pela Equação X da resposta sensorial aceitação da textura, para os 12 ensaios realizados no DCCR. Estes valores encontram-se ilustrados na Figura 12, bem como os seus desvios relativos aos valores experimentais, calculados conforme a Equação IV.

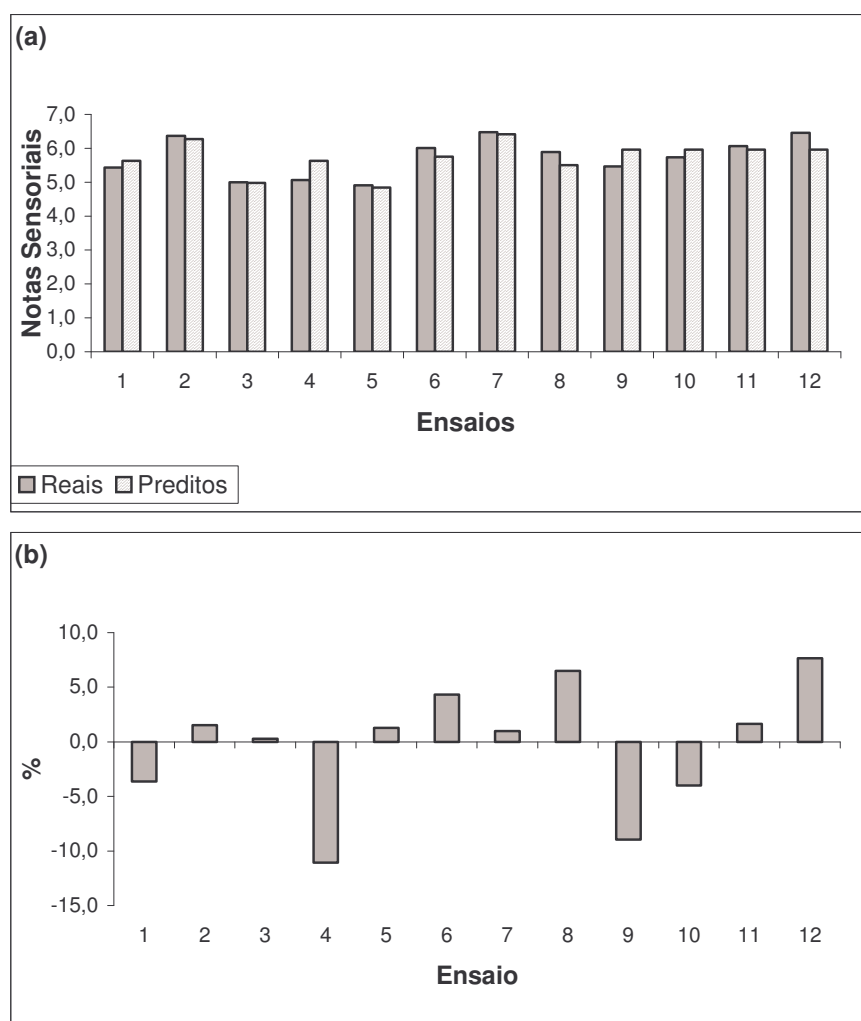


Figura 12. Valores experimentais x preditos (a) e desvios relativos (b) da resposta aceitação da textura.

A análise da Figura 12 permitiu a confirmação da validade do modelo matemático obtido para a resposta sensorial textura (Equação X), uma vez que os valores reais e preditos apresentaram desvios relativos entre si menores que 12%.

4.2.1.5. Aceitação da Impressão Global

A Tabela 21 mostra as respostas da análise de aceitação para o atributo impressão global.

Tabela 21. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na aceitação sensorial do atributo impressão global.

Ensaio	Sucralose (g/100g)	Polidextrose(g/100g) / Lactitol (g/100g)	Impressão Global	
			Média	DP
1	0,0113	5,2 / 20,8 (0,25)	5,9	1,7
2	0,0360	5,2 / 20,8 (0,25)	7,1	1,1
3	0,0113	10,4 / 15,6 (0,67)	5,2	1,8
4	0,0360	10,4 / 15,6 (0,67)	5,6	1,7
5	0,0063	7,8 / 18,2 (0,43)	4,9	1,9
6	0,0410	7,8 / 18,2 (0,43)	6,4	1,6
7	0,0240	4,1 / 21,9 (0,19)	6,8	1,1
8	0,0240	11,47 / 14,53 (0,79)	5,9	1,8
9	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	5,9	1,9
10	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	6,1	1,4
11	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	6,3	1,9
12	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	7,0	1,4
Padrão	0	0	6,3	1,7

Com base nas respostas obtidas para a impressão global, foram calculados os coeficientes de regressão e foi verificado que os fatores linear e quadrático da variável sucralose e o fator linear da variável polidextrose/lactitol foram significativos, a $p < 0,1$, como apresentado na Tabela 22.

Tabela 22. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores), equações e coeficientes de determinação ajustado (R_{Adj}^2) do modelo completo e do modelo ajustado obtidos para a aceitação da impressão global.

Modelo Completo				
Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (6)	p-valor
Média	6,32	0,17	37,07	< 0,0001
x1 (L)	0,45	0,12	3,75	0,0095
x1 (Q)	-0,35	0,13	-2,60	0,0406
x2 (L)	-0,43	0,12	-3,56	0,0119
x2 (Q)	0,009	0,13	0,07	0,9485
x1 x2	-0,21	0,17	-1,22	0,2699
Aceitação Impressão Global = $6,32 + 0,45x_1 - 0,35x_1^2 - 0,43x_2 + 0,009x_2^2 - 0,21x_1x_2$ (Equação XI) $R_{Adj}^2 = 0,73$				
Modelo Ajustado				
Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (8)	p-valor
Média	6,33	0,13	49,54	< 0,0001
x1 (L)	0,45	0,12	3,89	0,0047
x1 (Q)	-0,35	0,13	-2,76	0,0247
x2 (L)	-0,43	0,12	-3,68	0,0062
Aceitação Impressão Global = $6,33 + 0,45x_1 - 0,35x_1^2 - 0,43x_2$ (Equação XII) $R_{Adj}^2 = 0,75$				

Sendo assim, foi possível realizar a análise de variância do modelo ajustado para a aceitação da impressão global, considerando-se apenas os parâmetros significativos, a $p < 0,1$, como mostra a tabela 23.

Tabela 23. ANOVA para a resposta aceitação da impressão global utilizando os parâmetros significativos a $p < 0,1$.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F_{calc}	p-valor
Regressão	3,9427	3	1,3142	12,08	0,0024
Resíduos	0,8704	8	0,1088		
Falta de ajuste	0,2841	5	0,0568	0,29	0,8915
Erro Puro	0,5863	3	0,1954		
Total	4,8131	11	-	-	-
$R^2 = 0,75$ $F_{3; 8; 0,1} = 2,92$ $F_{5; 3; 0,1} = 5,31$					

A Tabela 23 mostra que o valor calculado de F da regressão em relação aos resíduos (12,08) foi significativo, a $p < 0,1$, e a falta de ajuste não foi significativa ($p < 0,1$).

0,1). Assim, foi possível estabelecer um modelo matemático para a resposta impressão global, em função das variáveis independentes estudadas (Equação XII), e gerar a superfície de resposta (Figura 13).

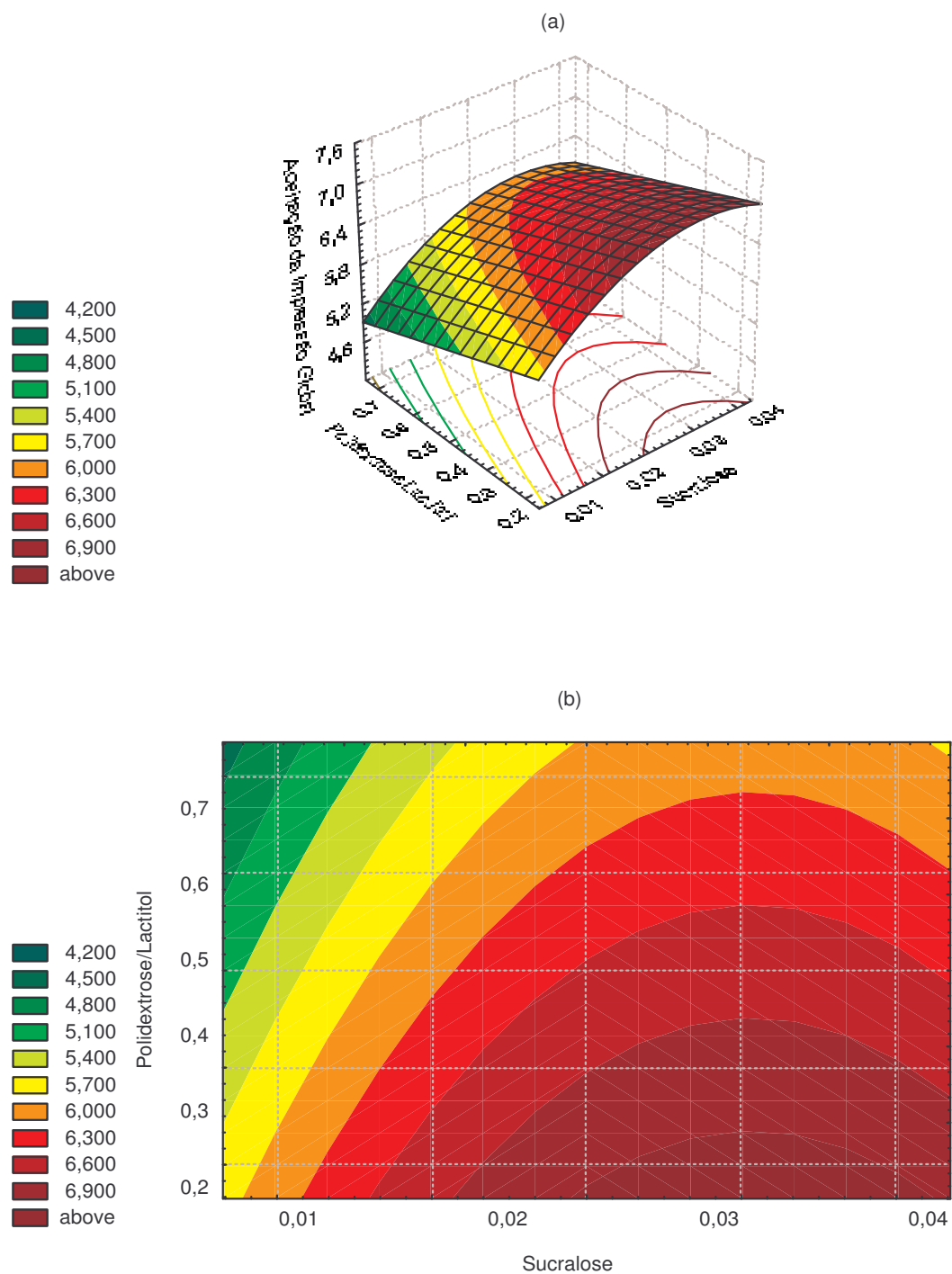


Figura 13. Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a variável dependente aceitação da impressão global.

A Figura 13 mostra que o atributo sensorial aceitação da impressão global recebeu maiores notas na faixa de 0,025% a 0,041% de sucralose e para concentrações menores da relação polidextrose/lactitol, ou seja, as notas para impressão global foram maiores quando se diminuía a concentração de polidextrose e aumentava-se a de lactitol.

A faixa ótima das variáveis independentes avaliadas para adição em bolo de linhaça, com base na resposta sensorial aceitação da impressão global foi, então:

- Sucralose: 0,02 g/100g - 0,041g/100g
- Polidextrose/Lactitol: < 0,25

Foram calculados os valores preditos pela Equação XII da resposta sensorial aceitação da impressão global, para os 12 ensaios realizados no DCCR. Estes valores encontram-se ilustrados na Figura 14, bem como os seus desvios relativos aos valores experimentais, calculados conforme a Equação IV.

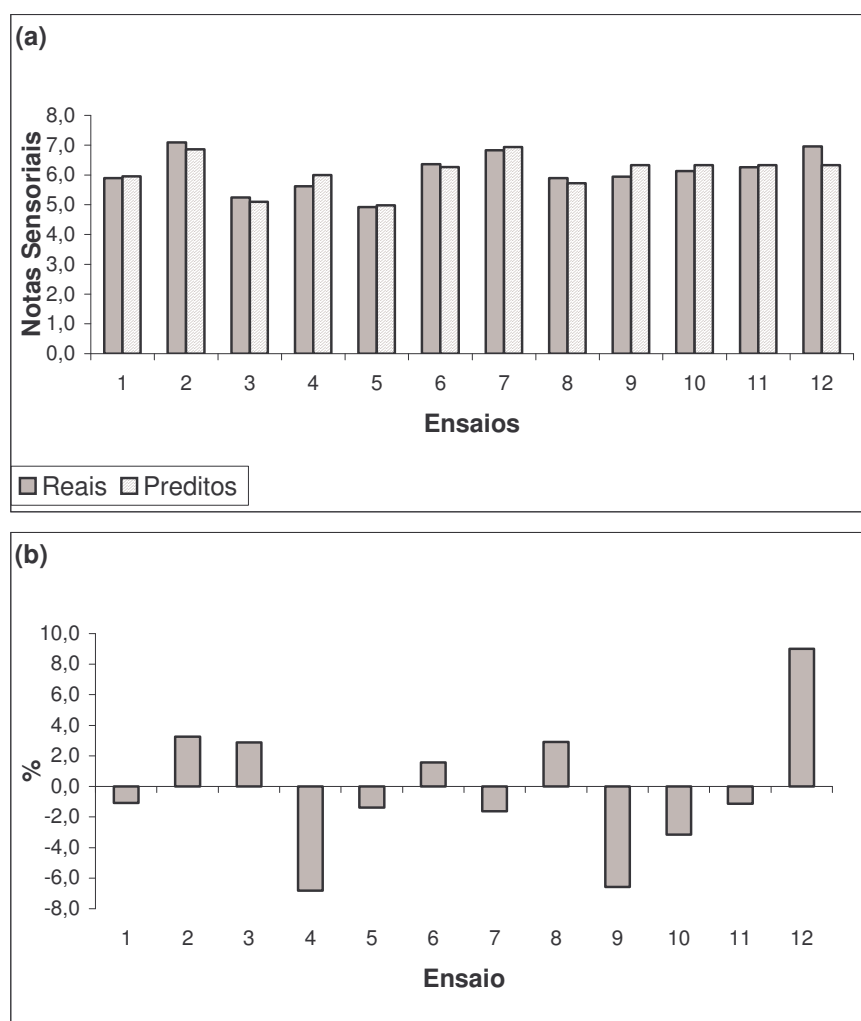


Figura 14. Valores experimentais x preditos (a) e desvios relativos (b) da aceitação da impressão global.

Avaliando-se a comparação entre os valores reais e os preditos pela Equação XII da resposta sensorial aceitação da impressão global, foi possível obter mais uma confirmação da validade do modelo matemático estabelecido para esta resposta, uma vez que os desvios relativos representados na Figura 14 não ultrapassaram 10%.

A Tabela 24 resume as faixas ótimas de sucralose (g/100g) e relação polidextrose/lactitol verificadas para cada atributo sensorial estudado.

Tabela 24. Faixas ótimas das variáveis independentes estudadas e máximas médias obtidas para cada resposta sensorial.

Faixa Ótima	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão Global
Sucralose (g/100g)	0,006 – 0,041	0,015 – 0,035	0,022 – 0,041	0,02 – 0,04	0,02 – 0,04
Polidextrose/Lactitol	0,19	0,19	0,19 – 0,30	0,19 – 0,30	0,19 – 0,25
Notas Sensoriais	~ 7,1	~ 7,2	~ 7,0	~ 6,4	~ 7,0

Desta forma, verifica-se que a faixa ótima da relação polidextrose/lactitol encontra-se na condição $-\alpha$ e a faixa ótima de sucralose varia da condição central até $+\alpha$. Devido ao alto custo da sucralose, pode-se utilizar a sua menor concentração possível, ou seja, a concentração do ponto central. **Portanto, o ensaio que se encaixa nestas condições é o de nº 7 ($x_1; x_2 = 0; -1,41 = 0,024$ g/100g; 0,19).**

4.2.1.6. ANOVA e Teste de Médias de Tukey – Aceitação

Também foi realizada Análise de Variância e Teste de Médias de Tukey com os resultados obtidos através do Teste de Aceitação, a fim de verificar se há diferença significativa entre as amostras em relação aos atributos avaliados.

A Tabela 25 mostra as médias das notas sensoriais obtidas pelos 31 provadores para cada atributo e cada ensaio, bem como os resultados do Teste de Tukey.

Tabela 25. ANOVA e Teste de Médias de Tukey para a Análise de Aceitação.

Ensaio	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão Global
1	7,08 ^a	7,05 ^a	5,87 ^{a, b, c}	5,43 ^a	5,89 ^{a, b, c, d}
2	6,89 ^a	7,02 ^a	6,75 ^a	6,37 ^a	7,09 ^a
3	6,80 ^a	6,48 ^a	4,93 ^{b, c}	5,00 ^a	5,25 ^{c, d}
4	6,73 ^a	6,35 ^a	5,79 ^{a, b, c}	5,07 ^a	5,62 ^{b, c, d}
5	6,84 ^a	6,71 ^a	4,73 ^c	4,91 ^a	4,92 ^d
6	6,72 ^a	6,66 ^a	6,38 ^a	6,01 ^a	6,36 ^{a, b, c}
7	6,94 ^a	6,96 ^a	6,64 ^a	6,48 ^a	6,83 ^{a, b}
8	6,16 ^a	6,65 ^a	5,64 ^{a, b, c}	5,89 ^a	5,89 ^{a, b, c, d}
9	6,67 ^a	7,04 ^a	6,19 ^{a, b}	5,47 ^a	5,94 ^{a, b, c, d}
10	6,69 ^a	6,76 ^a	5,66 ^{a, b, c}	5,73 ^a	6,14 ^{a, b, c, d}
11	6,60 ^a	7,15 ^a	5,92 ^{a, b, c}	6,06 ^a	6,26 ^{a, b, c}
12	6,93 ^a	7,04 ^a	6,81 ^a	6,45 ^a	6,95 ^a
Padrão	6,51 ^a	6,80 ^a	6,17 ^{a, b}	6,27 ^a	6,32 ^{a, b, c}
DMS ^{**}	1,10	1,08	1,41	1,62	1,31

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Médias de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

Pôde-se verificar, através da Tabela 25, que os ensaios não apresentaram diferença significativa entre si, a $p \leq 0,05$, para os atributos aparência, aroma e textura.

Para o atributo sabor, as amostras que receberam maiores notas e não apresentaram diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$) foram: 12, 2, 7, 6, 9, Padrão, 11, 1, 4, 10, 8. As amostras Padrão, 11, 1, 4, 10, 8 e 3 não diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$) em relação ao sabor. O mesmo ocorreu para as amostras 11, 1, 4, 10, 8 e 3. A formulação 3 apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) quando comparada às formulações 2, 6, 7 e 12, sendo menos aceita quanto ao sabor. A amostra que apresentou diferença significativa, a $p \leq 0,05$, em relação à amostra padrão e as demais amostras, para o atributo sabor, foi a de nº 5.

Para o atributo impressão global, as amostras que receberam maiores notas e não apresentaram diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$) foram: 2, 12, 7, 6, Padrão, 11, 10, 9, 8, 1. As amostras 7, 6, Padrão, 11, 10, 9, 8, 1 e 4 não diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$) em relação à impressão global. O mesmo ocorreu para as amostras 7, 6, Padrão, 11, 10, 9, 8, 1, 4 e 3. Ainda, as formulações 3 e 4 apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) quando comparadas a duas das formulações com maiores notas, 2

e 12. A amostra que apresentou diferença significativa, a $p \leq 0,05$, em relação à amostra padrão e as demais amostras, para o atributo impressão global, foi a de nº 5, da mesma forma como para o atributo sabor.

Desta forma, verifica-se que a amostra de nº 7, que se encaixou nas condições ótimas dos níveis de adição de sucralose (g/100g) e polidextrose/lactitol no delineamento experimental, não apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação à amostra padrão para todas as respostas sensoriais estudadas.

4.2.2. Análise Instrumental da Textura

As análises instrumentais de textura foram realizadas em três repetições, através do texturômetro TAXT2.

4.2.2.1. Dureza

A Tabela 26 mostra os resultados obtidos para a variável dependente dureza.

Tabela 26. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na dureza dos bolos de linhaça e Teste de Média de Tukey.

Ensaio	Sucralose (g/100g)	Polidextrose (g/100g) / Lactitol (g/100g)	Dureza (g)	
			Média*	DP
1	0,0113	5,2 / 20,8 (0,25)	8587 ^a	2285
2	0,0360	5,2 / 20,8 (0,25)	9138 ^a	1343
3	0,0113	10,4 / 15,6 (0,67)	11149 ^a	4294
4	0,0360	10,4 / 15,6 (0,67)	11104 ^a	1971
5	0,0063	7,8 / 18,2 (0,43)	12010 ^a	3643
6	0,0410	7,8 / 18,2 (0,43)	8305 ^a	1354
7	0,0240	4,1 / 21,9 (0,19)	11881 ^a	1446
8	0,0240	11,47 / 14,53 (0,79)	8742 ^a	843
9	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	10032 ^a	600
10	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	11983 ^a	963
11	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	9990 ^a	2894
12	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	8838 ^a	2703
Padrão	0	0	9737^a	1166
DMS**	-	-	5547	-

* Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

** Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

Com base nas respostas obtidas para a dureza, foram calculados os coeficientes de regressão, conforme a Tabela 27, e foi verificado que a dureza dos bolos não apresentou efeito significativo ($p < 0,1$) para nenhuma das variáveis independentes avaliadas. O valor do coeficiente de determinação ajustado ($R_{Adj}^2 = 0$) indica que não houve explicação para este modelo. Desta forma, verificou-se que as funções linear e quadrática não são adequadas à resposta dureza, em função das variáveis independentes estudadas.

Tabela 27. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores) e coeficiente de determinação ajustado (R_{Adj}^2) obtidos para a resposta de textura instrumental dureza.

Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (6)	p-valor
Média	10210,6	899,0	11,36	< 0,0001
x1 (L)	-591,7	635,7	-0,93	0,3878
x1 (Q)	-86,5	710,7	-0,12	0,9071
x2 (L)	11,3	635,7	0,02	0,9865
x2 (Q)	-9,7	710,7	-0,01	0,9896
x1 x2	-149,0	899,0	-0,17	0,8738

$R_{Adj}^2 = 0$

No entanto, pôde-se avaliar, pela análise da Tabela 26, que a dureza dos bolos variou de 8587 g a 12010 g, para os 12 ensaios do DCCR. A variação desse atributo nos pontos centrais (onde se avalia a repetibilidade do processo) foi de 8838 g a 11983 g, isto é, valores muito próximos aos das outras condições do delineamento.

A média de dureza obtida para o bolo padrão foi de 9737 ± 1166 g, valor dentro da faixa encontrada para os ensaios do DCCR.

Ainda, foi possível verificar, através do Teste de Tukey (Tabela 26), que as amostras não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre si, em relação à dureza.

Marangoni (2007) estudou o efeito da adição de farinha de linhaça (3,18%, 4,00%, 6,00%, 8,00% e 8,82%) e farinha de yacon (0,00%, 1,00%, 3,45%, 5,90% e 6,90%) na dureza de bolos, medida no segundo dia após a sua fabricação. A análise foi realizada no texturômetro TAXT2, utilizando probe cilíndrico de alumínio de 100 mm de diâmetro. Dentre as 12 formulações estudadas, foram obtidos valores de dureza variando de 1992g a 3600g, sendo o maior valor obtido para o bolo contendo 5,90% de farinha de yacon e 8,00% de farinha de linhaça, e o menor valor, para o bolo com 3,45% de farinha de yacon e 6,25% de farinha de linhaça.

Moscatto et al. (2006) avaliaram o efeito das concentrações de farinha de yacon e inulina e volume de água na dureza de bolos. As análises foram realizadas através do texturômetro TAXT2, equipado com probe cilíndrico de 30 mm de diâmetro e obtiveram resultados variando de 3638g (20% de farinha de yacon, 0% de inulina e 153 mL de água) a 7477g (60% de farinha de yacon, 3% de inulina e 180 mL de água).

4.2.2.2. Adesividade

A Tabela 28 mostra os resultados obtidos para a variável dependente adesividade.

Tabela 28. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na adesividade dos bolos de linhaça e Teste de Média de Tukey.

Ensaio	Sucralose (g/100g)	Polidextrose (g/100g) / Lactitol (g/100g)	Adesividade (g.s)	
			Média [*]	DP
1	0,0113	5,2 / 20,8 (0,25)	-81 ^{a, b}	28
2	0,0360	5,2 / 20,8 (0,25)	-100 ^{a, b, c}	20
3	0,0113	10,4 / 15,6 (0,67)	-86 ^{a, b}	54
4	0,0360	10,4 / 15,6 (0,67)	-184 ^c	20
5	0,0063	7,8 / 18,2 (0,43)	-93 ^{a, b, c}	40
6	0,0410	7,8 / 18,2 (0,43)	-72 ^{a, b}	47
7	0,0240	4,1 / 21,9 (0,19)	-120 ^{a, b, c}	31
8	0,0240	11,47 / 14,53 (0,79)	-75 ^{a, b}	5
9	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	-96 ^{a, b, c}	16
10	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	-129 ^{b, c}	21
11	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	-106 ^{a, b, c}	32
12	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	-133 ^{b, c}	90
Padrão	0	0	-28^a	11
DMS^{**}	-	-	96	-

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

Com base nas respostas obtidas para a adesividade, os coeficientes de regressão foram calculados, verificando-se que os efeitos das variáveis independentes sobre a resposta adesividade não foram significativos, a $p < 0,1$, como pode ser visto na Tabela 29. O valor do coeficiente de determinação ajustado ($R_{Adj}^2 = 0$) indica que não houve explicação para este modelo. Sendo assim, verificou-se que as funções linear e quadrática

não são adequadas à resposta adesividade, em função das variáveis independentes estudadas.

Tabela 29. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores) e coeficiente de determinação ajustado (R_{Adj}^2) obtidos para a resposta de textura instrumental adesividade.

Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (6)	p-valor
Média	-116,1	17,8	-6,53	0,0006
x1 (L)	-10,9	12,6	-0,87	0,4200
x1 (Q)	11,0	14,1	0,78	0,4639
x2 (L)	-3,2	12,6	-0,25	0,8105
x2 (Q)	3,8	14,1	0,27	0,7967
x1 x2	-19,8	17,8	-1,11	0,3089

$R_{Adj}^2 = 0$

Analisando-se a tabela 28, foi possível verificar, no entanto, que a adesividade dos bolos variou de -72 g.s a -184 g.s, para os 12 ensaios do DCCR. A variação deste atributo nos pontos centrais (onde se avalia a repetibilidade do processo) foi de -96 g.s a -133 g.s, isto é, valores muito próximos aos das outras condições do delineamento.

A média de adesividade obtida para o bolo padrão foi de -28 ± 11 g.s. Este valor está fora da faixa obtida pelos ensaios do delineamento. A adesividade é definida fisicamente como a energia necessária para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e a de outros materiais com os quais o alimento está em contato (CIVILLE & SZCZESNIAK, 1973). Sendo assim, a diferença entre os valores de adesividade do bolo padrão e dos demais ensaios do delineamento pode ser explicada pela presença dos agentes de corpo utilizados na substituição da sacarose (polidextrose e lactitol), os quais são mais higroscópicos, deixando o bolo mais úmido e adesivo.

Ainda, através da Tabela 28, foi possível observar que as amostras que apresentaram menor adesividade, sem diferenças significativas entre si ($p \leq 0,05$), foram: Padrão, 6, 8, 1, 3, 5, 9, 2, 11 e 7. As amostras 6, 8, 1, 3, 5, 9, 2, 11, 7, 10 e 12 não diferiram entre si, a $p \leq 0,05$. O mesmo ocorreu para as amostras 5, 9, 2, 11, 7, 10, 12 e 4.

4.2.2.3. Coesividade

A Tabela 30 mostra os resultados obtidos para a variável dependente coesividade.

Tabela 30. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na coesividade dos bolos de linhaça e Teste de Média de Tukey.

Ensaio	Sucralose (g/100g)	Polidextrose (g/100g) / Lactitol (g/100g)	Coesividade	
			Média *	DP
1	0,0113	5,2 / 20,8 (0,25)	0,25 ^{b, c, d}	0,010
2	0,0360	5,2 / 20,8 (0,25)	0,25 ^{b, c, d, e}	0,005
3	0,0113	10,4 / 15,6 (0,67)	0,27 ^b	0,014
4	0,0360	10,4 / 15,6 (0,67)	0,23 ^{d, e, f}	0,005
5	0,0063	7,8 / 18,2 (0,43)	0,23 ^{d, e, f}	0,002
6	0,0410	7,8 / 18,2 (0,43)	0,25 ^{b, c, d, e, f}	0,011
7	0,0240	4,1 / 21,9 (0,19)	0,24 ^{c, d, e, f}	0,007
8	0,0240	11,47 / 14,53 (0,79)	0,25 ^{b, c}	0,007
9	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	0,23 ^{e, f}	0,004
10	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	0,23 ^f	0,010
11	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	0,23 ^{e, f}	0,008
12	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	0,26 ^b	0,008
Padrão	0	0	0,33 ^a	0,011
DMS**	-	-	0,02	-

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

Com base nas respostas obtidas para a coesividade, foi possível o cálculo dos coeficientes de regressão e a análise dos efeitos das variáveis independentes para a resposta coesividade, os quais não foram significativos, a $p < 0,1$ (Tabela 31). Ainda, o valor do coeficiente de determinação ajustado ($R_{Adj}^2 = 0$) indica que não houve explicação para este modelo. Desta forma, verificou-se que as funções linear e quadrática não são adequadas à resposta coesividade, em função das variáveis independentes estudadas.

Tabela 31. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores) e coeficiente de determinação ajustado (R_{Adj}^2) obtidos para a resposta de textura instrumental coesividade.

Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (6)	p-valor
Média	0,238	0,008	29,496	< 0,0001
x1 (L)	-0,002	0,006	-0,301	0,7734
x1 (Q)	0,003	0,006	0,410	0,6962
x2 (L)	0,002	0,006	0,393	0,7077
x2 (Q)	0,005	0,006	0,832	0,4373
x1 x2	-0,008	0,008	-1,040	0,3385

$R_{Adj}^2 = 0$

Porém, pôde-se avaliar, através da Tabela 30, que a coesividade dos bolos variou de 0,228 a 0,265, para os 12 ensaios do DCCR. A variação deste atributo nos pontos centrais (onde se avalia a repetibilidade do processo) foi de 0,228 a 0,265, isto é, uma faixa idêntica a das outras condições do delineamento.

A média de coesividade obtida para o bolo padrão foi de $0,325 \pm 0,011$ g. Este valor está ligeiramente acima da faixa obtida pelos ensaios do delineamento. Sendo coesividade definida como a extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura (CIVILLE & SZCZESNIAK, 1973), o fato de o bolo padrão ser mais coeso deve-se, provavelmente, ao fato de que a sacarose exerce melhor esta função do que os seus substitutos utilizados neste estudo.

Ainda, através da Tabela 30, o Teste De Tukey mostrou que todos os ensaios do DCCR apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação ao bolo padrão. Os ensaios que mais se aproximaram do padrão, apesar de diferirem estatisticamente deste, foram 3, 12, 8, 1, 2 e 6. As amostras 8, 1, 2, 6 e 7 não apresentaram diferença significativa entre si, a $p \leq 0,05$. O mesmo ocorreu para as amostras 1, 2, 6, 7, 5 e 4. Ainda, os ensaios 2, 6, 7, 5, 4, 11 e 9 não apresentaram diferença significativa entre si, a $p \leq 0,05$. Finalmente, os ensaios 6, 7, 5, 4, 11, 9 e 10 não diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).

Moscatto et al. (2006) obtiveram valores de coesividade variando de 0,581 (60% de farinha de yacon, 3% de inulina e 180 mL de água) a 0,718 (bolo controle, sem adição de farinha de yacon e inulina) em estudo sobre a viabilização do uso de farinha de yacon e inulina em bolos.

Turola (2002) avaliou a textura de bolos contendo de 20 a 23,55% de polidextrose e enriquecidos com até 5% de fibras, sem adição de açúcar e gordura, e obteve valores de coesividade variando de 0,4 a 0,5.

4.2.2.4. Gomosidade

A Tabela 32 mostra os resultados obtidos para a variável dependente gomosidade.

Tabela 32. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na gomosidade dos bolos de linhaça e Teste de Média de Tukey.

Ensaio	Sucralose (%)	Polidextrose / Lactitol (%)	Gomosidade	
			Média *	DP
1	0,0113	5,2 / 20,8 (0,25)	2139 ^a	542
2	0,0360	5,2 / 20,8 (0,25)	2280 ^a	385
3	0,0113	10,4 / 15,6 (0,67)	2958 ^a	1158
4	0,0360	10,4 / 15,6 (0,67)	2559 ^a	472
5	0,0063	7,8 / 18,2 (0,43)	2790 ^a	860
6	0,0410	7,8 / 18,2 (0,43)	2056 ^a	370
7	0,0240	4,1 / 21,9 (0,19)	2816 ^a	311
8	0,0240	11,47 / 14,53 (0,79)	2210 ^a	254
9	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	2293 ^a	120
10	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	2732 ^a	273
11	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	2288 ^a	681
12	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	2331 ^a	698
Padrão	0	0	3137 ^a	322
DMS**	-	-	1399	-

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

Com base nas respostas obtidas para a gomosidade, calculou-se os coeficientes de regressão e, através da análise dos efeitos, verificou-se que nenhuma das variáveis independentes estudadas foi significativa, a $p < 0,1$, para a resposta gomosidade (Tabela 33). Ainda, o valor do coeficiente de determinação ajustado ($R_{Adj}^2 = 0$) indica que não houve explicação para este modelo. Desta forma, verificou-se que as funções linear e quadrática não são adequadas à resposta gomosidade, em função das variáveis independentes estudadas.

Tabela 33. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores) e coeficiente de determinação ajustado (R_{Adj}^2) obtidos para a resposta de textura instrumental gomosidade.

Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (6)	p-valor
Média	2410,9	169,8	14,19	< 0,0001
x1 (L)	-162,0	120,1	-1,35	0,2260
x1 (Q)	10,1	134,3	0,08	0,9422
x2 (L)	30,1	120,1	0,25	0,8106
x2 (Q)	54,9	134,3	0,41	0,6968
x1 x2	-134,9	169,8	-0,79	0,4572

$R_{Adj}^2 = 0$

A análise da Tabela 32, no entanto, mostrou que a gomosidade dos bolos variou de 2056 a 2958, para os 12 ensaios do DCCR. A variação deste atributo nos pontos centrais (onde se avalia a repetibilidade do processo) foi de 2288 a 2732, isto é, valores muito próximos aos das outras condições do delineamento.

A média de gomosidade obtida para o bolo padrão foi de 3137 ± 322 g. Este valor está ligeiramente acima da faixa obtida pelos ensaios do delineamento. A gomosidade é definida como a energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido até o mesmo estar pronto para a deglutição e, também, como o produto de baixo grau de dureza x alto grau de coesividade (CIVILLE & SZCZESNIAK, 1973). Assim, era previsto que haveria diferenças entre as formulações sem sacarose e a formulação padrão, pois o mesmo ocorreu para coesividade (gomosidade = dureza x coesividade). Provavelmente, a sacarose exerce a função de gomosidade diferentemente dos seus substitutos utilizados neste estudo.

Ainda, através da Tabela 32, verificou-se, pelo Teste de Tukey, que as amostras não apresentaram diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$), em relação à gomosidade.

Marangoni (2007) obteve valores de gomosidade variando de 1031 (3,45% de farinha de yacon e 6,25 % de farinha de linhaça) a 1715 (5,90% de farinha de yacon e 8,00% de farinha de linhaça) em estudo sobre o efeito da adição de farinha de yacon e de linhaça sobre a gomosidade de bolos.

Turola (2002), em estudo sobre a adição de polidextrose e fibras alimentares em bolos, obteve valores de gomosidade variando de 182,0 a 270,7.

4.2.2.5. Mastigabilidade

A Tabela 34 mostra os resultados obtidos para a variável dependente mastigabilidade.

Tabela 34. Influência da adição de sucralose e de polidextrose/lactitol na mastigabilidade dos bolos de linhaça e Teste de Média de Tukey.

Ensaio	Sucralose (g/100g)	Polidextrose (g/100g) / Lactitol (g/100g)	Mastigabilidade	
			Média [*]	DP
1	0,0113	5,2 / 20,8 (0,25)	1016 ^b	196
2	0,0360	5,2 / 20,8 (0,25)	1130 ^b	136
3	0,0113	10,4 / 15,6 (0,67)	1426 ^{a, b}	527
4	0,0360	10,4 / 15,6 (0,67)	1475 ^{a, b}	299
5	0,0063	7,8 / 18,2 (0,43)	1462 ^{a, b}	415
6	0,0410	7,8 / 18,2 (0,43)	1013 ^b	206
7	0,0240	4,1 / 21,9 (0,19)	1494 ^{a, b}	182
8	0,0240	11,47 / 14,53 (0,79)	1120 ^b	124
9	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	1112 ^b	49
10	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	1405 ^{a, b}	110
11	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	1144 ^b	317
12	0,0240	7,8 / 18,2 (0,43)	1319 ^b	519
Padrão	0	0	2120^a	169
DMS^{**}	-	-	717	-

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

Com base nas respostas obtidas para a mastigabilidade, os coeficientes de regressão foram calculados e foi feita a análise dos efeitos, sendo que nenhuma das variáveis independentes foi significativa, a $p < 0,1$ (Tabela 35). O valor do coeficiente de determinação ajustado ($R_{Adj}^2 = 0$) indica que não houve explicação para este modelo. Desta forma, verificou-se que as funções linear e quadrática não são adequadas à resposta mastigabilidade, em função das variáveis independentes estudadas.

Tabela 35. Coeficientes de regressão, erros padrão, valores de t e níveis de significância (p-valores) e coeficiente de determinação ajustado (R_{Adj}^2) obtidos para a resposta de textura instrumental mastigabilidade.

Fator	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t (6)	p-valor
Média	1245,0	119,9	10,38	< 0,0001
x1 (L)	-59,0	84,8	-0,70	0,5123
x1 (Q)	-6,4	94,8	-0,07	0,9480
x2 (L)	28,2	84,8	0,33	0,7506
x2 (Q)	28,4	94,8	0,30	0,7748
x1 x2	-16,5	119,9	-0,14	0,8949

$R_{Adj}^2 = 0$

Foi possível avaliar, porém, através da Tabela 34, que a mastigabilidade dos bolos variou de 1012 a 1475, para os 12 ensaios do DCCR. A variação deste atributo nos pontos centrais (onde se avalia a repetibilidade do processo) foi de 1112 a 1405, isto é, valores muito próximos aos das outras condições do delineamento.

A média de mastigabilidade obtida para o bolo padrão foi de 2120 ± 169 g. Este valor está ligeiramente acima da faixa obtida pelos ensaios do delineamento. A definição física de mastigabilidade é a energia requerida para mastigar um alimento até a deglutição, ou seja, é o produto de dureza x coesividade x elasticidade (CIVILLE & SZCZESNIAK, 1973). Desta forma, era previsto que haveria diferenças entre as formulações sem sacarose e a formulação padrão, pois o mesmo ocorreu para coesividade (mastigabilidade = dureza x coesividade x elasticidade). Provavelmente, a sacarose exerce a função de mastigabilidade diferentemente dos seus substitutos utilizados neste estudo.

Ainda, através da análise da Tabela 34, o Teste de Tukey mostrou, para o atributo mastigabilidade, que os ensaios 7, 4, 5, 3 e 10 não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação ao bolo padrão. Estes mesmos ensaios não diferiram do restante dos tratamentos, a $p \leq 0,05$.

Em estudo sobre o efeito da adição de farinhas de yacon e linhaça em bolos, Marangoni (2007) obteve valores de mastigabilidade variando de 693 (3,45% de farinha de yacon e 6,25 % de farinha de linhaça) a 1258 (1,00% de farinha de yacon e 8,00% de farinha de linhaça).

Valores de mastigabilidade variando de 150,5 a 232,5 foram encontrados por Turola (2002), em estudo sobre a adição de polidextrose (20 a 23,55%) e fibras alimentares (até 5%) em bolos isentos de sacarose e gordura.

4.2.2.6. ANOVA e Teste de Médias de Tukey – Textura Instrumental

A Análise de Variância e Teste de Médias de Tukey realizados com os resultados obtidos através da análise instrumental de textura e apresentados nas Tabelas 26, 28, 30, 32 e 34, tiveram o objetivo de verificar se houve diferença significativa entre as amostras em relação aos atributos avaliados.

Resumindo, abaixo se encontram os ensaios que não apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) em relação ao bolo padrão, para cada um dos parâmetros de textura instrumental avaliados:

- Dureza: Todos;
- Adesividade: 6, 8, 1, 3, 5, 9, 2, 11 e 7;
- Coesividade: Nenhum;
- Gomosidade: Todos;
- Mastigabilidade: 7, 4, 5, 3 e 10.

Portanto, os ensaios que mais se aproximaram do bolo padrão em relação aos atributos estudados de textura instrumental foram: 3, 5 e 7.

Avaliando-se todos os resultados do delineamento experimental (aceitação sensorial e perfil de textura instrumental), concluiu-se que o ensaio de nº 7 foi o que obteve respostas mais próximas às do bolo padrão. Desta forma, esta formulação foi escolhida como a formulação *diet* de bolo de linhaça e foi estudada sensorialmente, na etapa seguinte do projeto, juntamente com a formulação padrão do bolo de linhaça.

4.3. Análise Sensorial

4.3.1. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®)

Os 11 provadores pré-selecionados, através dos Testes Triangulares e Análise Seqüencial de Wald, fizeram o levantamento dos termos descritores dos bolos de linhaça e estabeleceram definições para os mesmos e, também, referências para os extremos das escalas utilizadas no teste da ADQ, todos apresentados na Tabela 36.

Tabela 36. Termos descritores, definições e referências para a ADQ de bolo de linhaça.

APARÊNCIA		
Termo Descritor	Definição	Referências
Cor marrom da casca (cmc)	Cor marrom característica de bolo comum* assado.	Fraco: Biscoito Maizena Tostines. Forte: Bolo de linhaça (Tabela 01) com o dobro da concentração de linhaça.
Cor bege da massa (cbm)	Cor bege característica de miolo de bolo comum* assado.	Fraco: Bolo de linhaça (Tabela 01) com metade da concentração de linhaça. Forte: Bolo de linhaça (Tabela 01) com o dobro da concentração de linhaça.
Quantidade de partículas escuras no miolo (qpe)	Homogeneidade da massa em relação à quantidade de partículas escuras referentes à farinha de linhaça.	Fraco: Bolo de linhaça (Tabela 01) com metade da concentração de linhaça. Forte: Bolo de linhaça (Tabela 01) com o dobro da concentração de linhaça.
Compactação (com)	Aparência da massa em relação ao tamanho das bolhas de ar formadas.	Fraco: Pão Fofinho Seven Boys cortado ao meio. Forte: Bisnaguinha Seven Boys cortada ao meio.
Brilho da Crosta (bri)	Capacidade de reflexão da luz.	Fraco: Biscoito Maizena Tostines. Forte: Cajuzinho Moça Fiesta.
AROMA		
Bolo Comum (abc)	Aroma característico de bolo comum* assado.	Fraco: Bolo comum* (5 g) diluído em água (50 mL). Forte: Bolo comum*.
Doce (ado)	Aroma relacionado à sacarose e outros compostos voláteis formados no bolo assado.	Fraco: Bisnaguinha Seven Boys. Forte: Biscoito Maizena Tostines.
Linhaça (ali)	Aroma característico das sementes de linhaça trituradas no bolo assado.	Fraco: Bolo de linhaça (Tabela 01) com metade da concentração de linhaça. Forte: Bolo de linhaça (Tabela 01) com o dobro da concentração de linhaça.
SABOR		
Gosto doce (gdo)	Gosto estimulado por sacarose e sucralose nos bolos assados.	Fraco: Pão de forma Wickbold. Forte: Bolo de baunilha Pullman.
Linhaça (sli)	Sabor característico das sementes de linhaça no bolo assado.	Fraco: Bolo de linhaça (Tabela 01) com metade da concentração de linhaça. Forte: Bolo de linhaça (Tabela 01) com o dobro da concentração de linhaça.
Amanteigado (sam)	Sabor de manteiga/margarina no bolo assado.	Fraco: Biscoito maizena Tostines. Forte: Biscoito

		amanteigado Marilan.
Bolo Comum (sbc)	Sabor característico de bolo comum* assado.	Fraco: Pão Fofinho Seven Boys. Forte: Bolo comum*.
TEXTURA		
Maciez (mac)	Força mínima necessária para comprimir a amostra entre os dentes.	Fraco: Pão de forma Wickbold. Forte: Bolo comum*.
Mastigabilidade (mas)	Número de mastigações necessárias antes da deglutição.	Fraco: Paçoca Santa Inês. Forte: Pão de forma Wickbold.
Umidade (umi)	Sensação provocada pela quantidade de água presente no bolo.	Fraco: Pão Fofinho Seven Boys. Forte: 1 fatia de bolo comum* (40g) umidificada com 5 ml de leite.
Adesividade (ade)	Força necessária para superar a tração entre o alimento e o palato.	Fraco: Miolo de pão de forma Wickbold. Forte: Sequilho Disnel.
Presença de partículas (ppa)	Sensação provocada na boca pela presença das sementes de linhaça trituradas.	Fraco: Bolo comum*. Forte: Bolo de linhaça (Tabela 01) com o dobro da concentração de linhaça.
Quebradiço (ao partir) (que)	Facilidade de se partir uma fatia de bolo com os dedos.	Fraco: Bisnaguinha Seven Boys. Forte: Brownie Bauducco.

* Bolo comum é o bolo produzido com os ingredientes básicos utilizados em bolos (farinha de trigo, sacarose, leite em pó, ovos, margarina, fermento químico em pó e água).

É interessante observar que a equipe de provadores da ADQ não listou atributos desagradáveis normalmente relacionados ao uso de edulcorantes, tais como gosto amargo, gosto amargo residual e gosto doce residual. Este é um ponto positivo do uso da sucralose em bolos.

As amostras e as referências podem ser melhor visualizadas através das fotos dispostas nas Figuras de 15 a 20.



Figura 15. Amostras padrão (esquerda) e *diet* (direita) de bolo de linhaça.

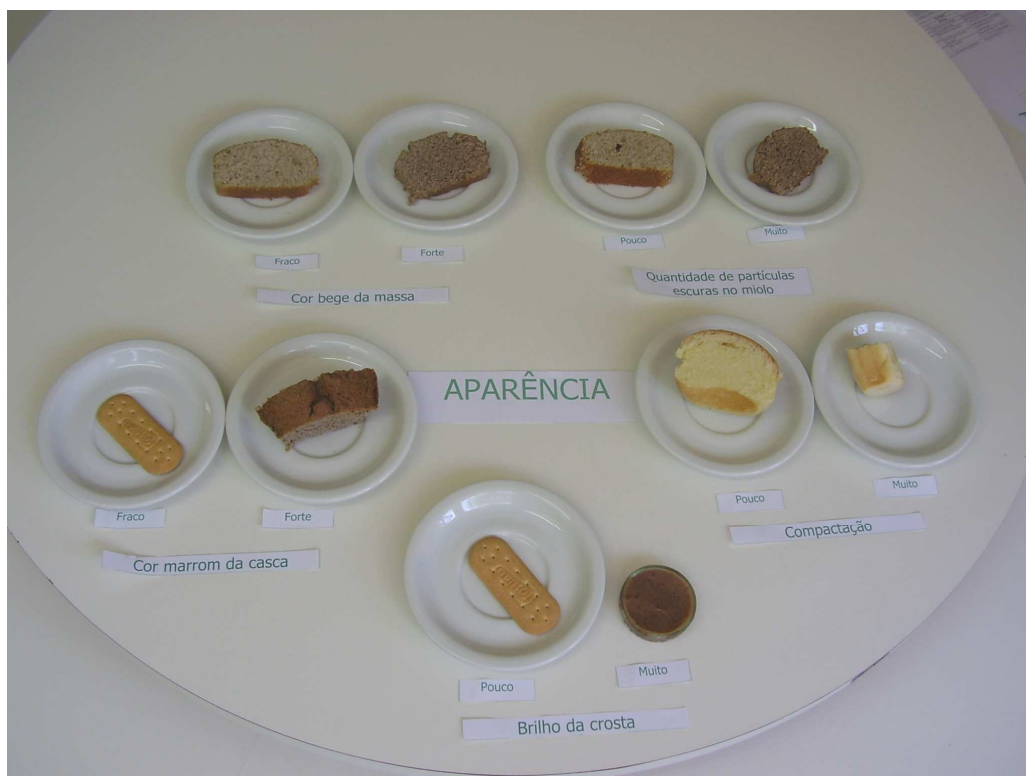


Figura 16. Amostras referências para os atributos de aparência.

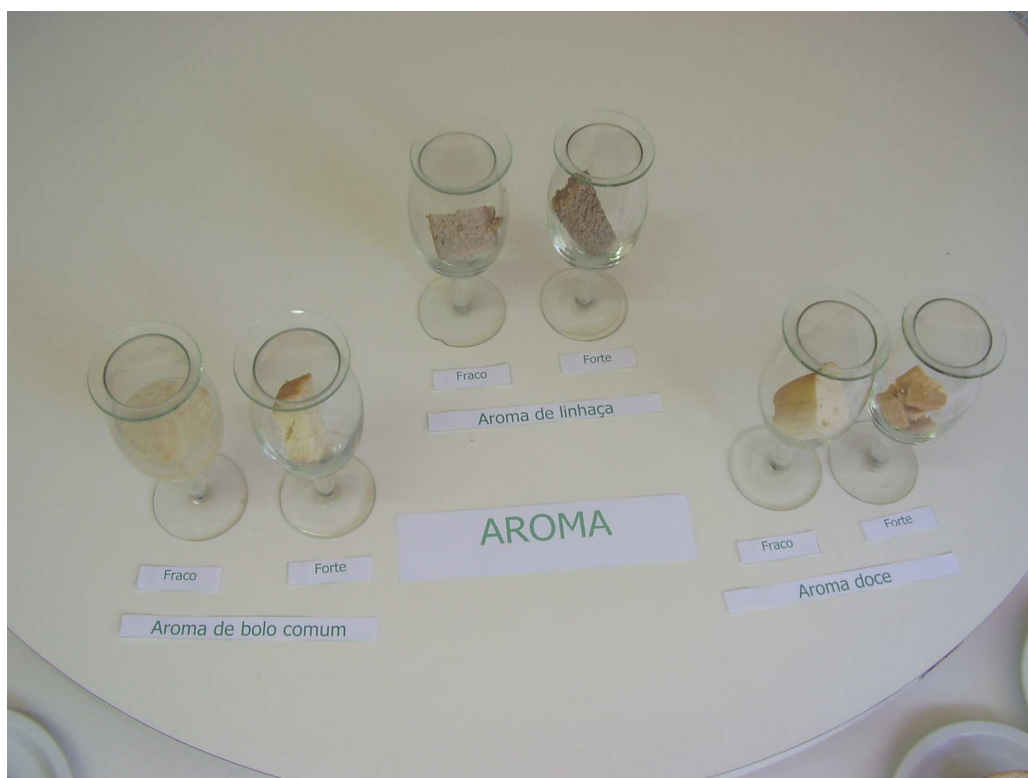


Figura 17. Amostras referências para os atributos de aroma.



Figura 18. Amostras referências para os atributos de sabor.

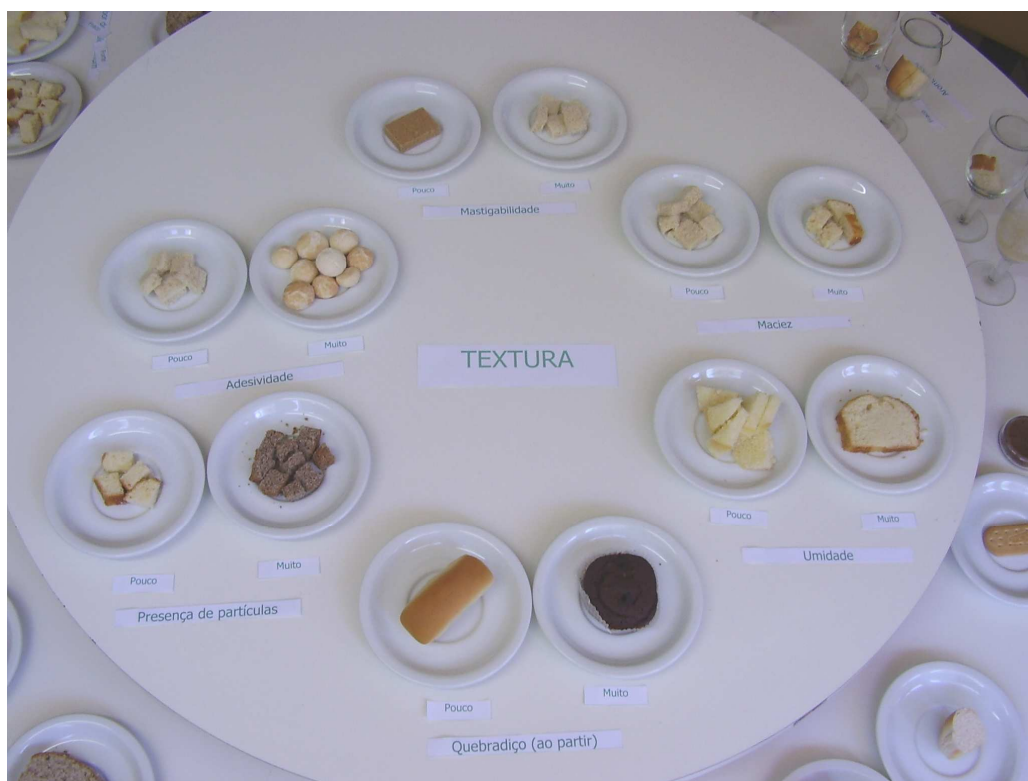


Figura 19. Amostras referências para os atributos de textura.



Figura 20. Mesa de ADQ com todas as amostras referências.

Com os extremos das escalas definidas, foi possível elaborar a ficha de avaliação dos bolos de linhaça, a qual está representada na Figura 21.

Nome: _____		Data: _____	
		Amostra: _____	
APARÊNCIA			
Cor marrom da casca			
Cor bege da massa	Fraco	Forte	
	Fraco	Forte	
Quantidade de partículas escuras no miolo			
Compactação	Pouco	Muito	
Brilho da crosta	Pouco	Muito	
	Pouco	Muito	
AROMA			
Bolo comum			
Doce	Fraco	Forte	
Linhaça	Fraco	Forte	
	Fraco	Forte	
SABOR			
Gosto doce			
Linhaça	Fraco	Forte	
Amanteigado	Fraco	Forte	
Bolo comum	Fraco	Forte	
	Fraco	Forte	
TEXTURA			
Maciez			
Mastigabilidade	Pouco	Muito	
	Pouco	Muito	

Umidade		
Adesividade	Pouco	Muito
Presença de partículas	Pouco	Muito
Quebradiço (ao partir)	Pouco	Muito
	Pouco	Muito

Figura 21. Ficha utilizada na seleção de provadores e nos testes da ADQ de bolo de linhaça.

Os resultados de p de $F_{amostra}$ e p de $F_{repetição}$, obtidos na análise de variância para a seleção da equipe definitiva, para cada provador, estão apresentados nas tabelas 37 e 38, respectivamente.

Tabela 37. Níveis de significância (p) para provadores em função da discriminação das amostras (p de $F_{amostra}$).

P*	cmc	cbm	qpe	com	bri	abc	ado	ali	gdo	sli	sam	sbc	mac	mas	umi	ade	ppa	que
1	0,0029	0,0405	0,0354	0,0043	0,0486	0,0015	0,9421	0,0646	0,0309	0,0107	0,0004	0,0089	0,0349	0,0288	0,6737	0,0021	0,0061	0,0012
2	0,0061	0,0577	0,2191	0,0223	0,0157	0,0005	0,4280	0,0007	0,6392	0,0032	0,4228	0,0044	0,1265	0,0108	0,4020	0,2832	0,5137	0,0018
3	0,1151	0,0030	0,0227	0,0090	0,0945	0,1367	0,9590	0,0181	0,1101	0,0125	<,0001	0,0758	0,2674	0,0161	0,1647	0,0016	<,0001	0,0059
4	0,1102	0,0354	0,0138	0,0038	0,0007	0,0007	0,0075	0,0005	0,0015	0,0012	0,0010	0,0008	0,1684	0,0036	0,0017	0,0020	0,0154	0,0277
5	0,0105	0,0128	0,0033	0,2121	0,0219	0,0480	0,0031	0,0260	0,0107	0,0176	0,0030	0,0050	0,0136	0,0019	0,0284	0,0063	0,0566	0,0001
6	0,0288	0,0021	0,0098	0,0498	0,0003	0,0008	0,0453	0,0055	0,0038	0,0034	0,0491	0,0082	0,0002	0,0111	0,8982	0,0016	0,0049	0,0044
7	0,1102	0,0080	0,0954	,0239	0,0014	0,0006	0,0181	0,0027	0,0256	0,0005	0,0244	0,0022	0,0009	0,0023	0,0002	0,0001	0,0179	0,0173
8	0,0021	0,0007	0,0030	0,0309	0,0127	<,0001	0,2599	0,1288	0,1379	0,0091	0,0032	0,1032	0,0020	0,0016	0,0215	0,0004	0,1175	0,0031
9	0,0061	0,0174	0,0022	0,0034	0,1714	0,1964	0,0154	0,0183	0,1977	0,0911	0,0060	0,0035	0,0018	0,0006	0,0014	0,0593	0,0892	0,1927
10	0,0050	0,0500	0,2665	0,0149	0,0012	0,0105	0,0139	0,1098	0,0374	0,1645	0,0060	0,1871	0,0647	0,0158	0,0342	0,1839	0,0090	0,0008
11	0,0615	0,0279	0,0628	0,1901	0,0393	0,0020	0,1817	0,1348	0,2851	0,0014	0,0110	0,0529	0,1643	0,0028	0,1002	0,2094	0,0039	0,1754

*P = provadores

Tabela 38. Níveis de significância (p) para provadores em função da repetibilidade (p de $F_{repetição}$).

P*	cmc	cbm	qpe	com	bri	abc	ado	ali	gdo	sli	sam	sbc	mac	mas	umi	ade	ppa	que
1	0,2014	0,5906	0,1836	0,7859	0,8128	0,1698	0,5637	0,5209	0,6114	0,0511	0,0736	0,5000	0,3999	0,4660	0,6018	0,1346	0,0649	0,4364
2	0,7263	0,6265	0,5163	0,7013	0,8543	0,5846	0,9401	0,2415	0,7285	0,7747	0,2005	0,2206	0,2544	0,5201	0,2875	0,2769	0,7330	0,6594
3	0,2425	0,2401	0,9480	0,8801	0,4674	0,6542	0,8833	0,1886	0,5519	0,9480	1,0000	0,2998	0,3813	0,9576	0,0603	0,6608	1,000	0,9781
4	0,2383	0,2401	0,8758	0,3484	0,5000	0,1083	0,5338	0,8958	0,6484	0,9643	0,2153	0,3402	0,6683	0,4319	0,3392	0,2248	0,0520	0,7379
5	0,8852	0,7477	0,3122	0,8647	0,1732	0,6349	0,2175	0,9098	0,7448	0,1280	0,8084	0,8115	0,2813	0,2224	0,7063	0,6450	0,7228	0,1509
6	0,4157	0,8904	0,5322	0,9050	0,0773	0,5000	0,2156	0,4344	0,0890	0,6071	0,6598	0,1353	0,5000	0,5085	0,3015	0,8429	0,3627	0,4716
7	0,5702	0,0693	0,7478	0,5878	0,3237	0,3073	0,3453	0,6608	0,2957	0,5819	0,0881	0,4037	0,3898	0,3488	0,0876	0,2500	0,3024	0,7660
8	0,5767	0,9632	0,7330	0,6034	0,1269	0,1265	0,5245	0,4709	0,4968	0,8271	0,4147	0,3706	0,3735	0,1708	0,9667	0,0561	0,1558	0,4158
9	0,2101	0,1499	0,1509	0,9480	0,3221	0,5267	0,2806	0,7353	0,5635	0,2446	0,2687	0,7370	0,5410	0,0357	0,6032	0,3354	0,7603	0,0958
10	0,3079	0,7208	0,7353	0,8904	0,1199	0,3178	0,3185	0,5841	0,5000	0,8213	0,5000	0,6581	0,9573	0,5000	0,7477	0,5493	0,5652	0,0384
11	0,3609	0,5268	0,7974	0,4206	0,7425	0,2484	0,4256	0,5593	0,7232	0,2817	0,5463	0,4378	0,8232	0,4837	0,4272	0,6839	0,3735	0,9202

*P = provadores

Os dados do provador de número 2 foram descartados, pois ele apresentou problemas para discriminar as amostras.

O provador 1 apresentou p de $F_{amostra} > 0,3$ para os atributos aroma doce e umidade. O mesmo ocorreu para o provador 3 em relação ao atributo aroma doce e para o provador 6 em relação à umidade. O provador 9 apresentou p de $F_{repetição} < 0,05$ para o atributo mastigabilidade e o mesmo ocorreu para o provador 10 em relação ao atributo quebradiço ao partir. Estes fatos foram desconsiderados, por se tratarem de ocorrências isoladas, o que não prejudicaria o andamento das análises. Além disso, o treinamento destes provadores foi intensificado para os atributos com problemas.

A análise do consenso da equipe de provadores pôde ser verificada através de gráficos construídos com as médias individuais dos provadores para cada atributo. As Figuras de 22 a 25 são exemplos de gráficos de consenso da equipe de ADQ para atributos de aparência, aroma, sabor e textura, respectivamente.

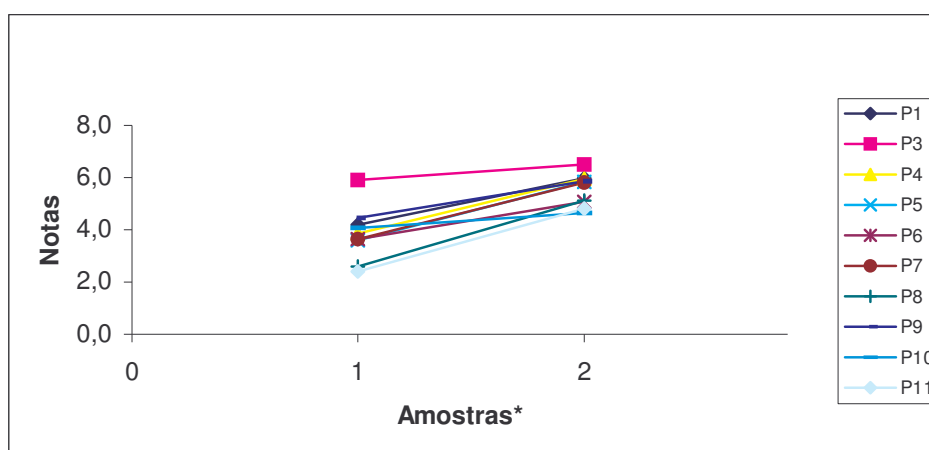


Figura 22. Interação amostra x provador para o atributo brilho (bri).

* Amostra 1 = Padrão; Amostra 2 = Diet.

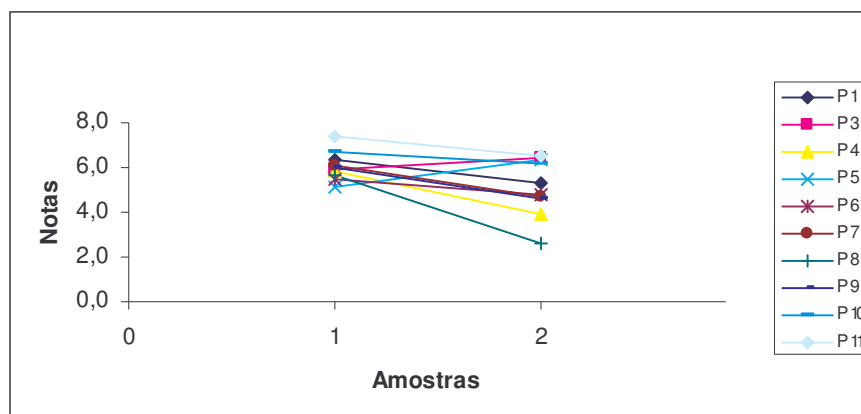


Figura 23. Interação amostra x provador para o atributo aroma de bolo comum (abc).

*Amostra 1 = Padrão; Amostra 2 = *Diet*.

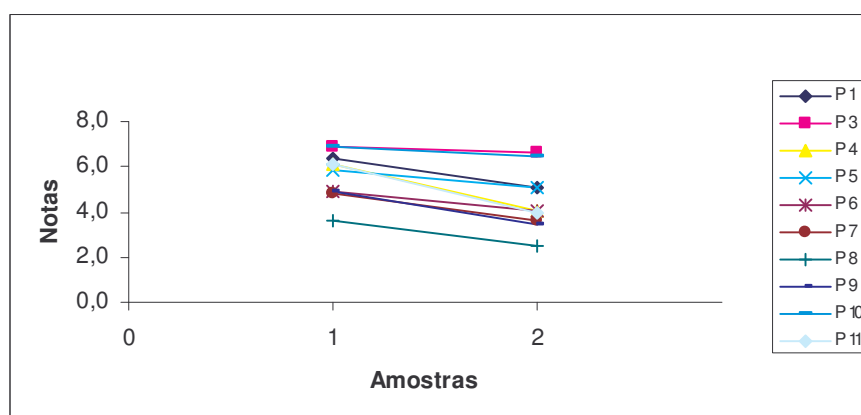


Figura 24. Interação amostra x provador para o atributo sabor de bolo comum (sbc).

*Amostra 1 = Padrão; Amostra 2 = *Diet*.

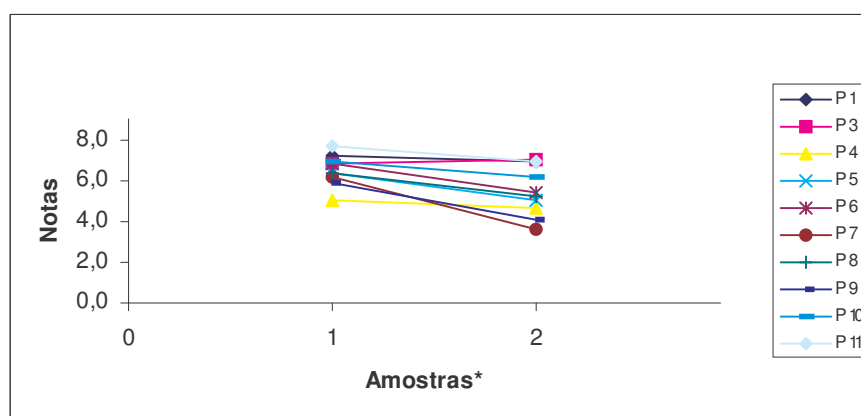


Figura 25. Interação amostra x provador para o atributo maciez (mac).

*Amostra 1 = Padrão; Amostra 2 = *Diet*.

As médias das notas sensoriais obtidas por cada atributo e cada uma das amostras, através da avaliação da equipe selecionada, estão apresentadas na Tabela 39.

Tabela 39. Médias dos atributos das formulações padrão e *diet* de bolo de linhaça.

Atributos	Médias		DMS**
	Padrão	Diet	
Cor marrom da casca (cmc)	4,76 ^b	5,71 ^a	0,20
Cor bege da massa (cbm)	4,39 ^b	5,02 ^a	0,13
Quantidade de partículas escuras no miolo (qpe)	4,50 ^b	5,23 ^a	0,14
Compactação (com)	4,36 ^b	5,33 ^a	0,23
Brilho da crosta (bri)	3,84 ^b	5,56 ^a	0,33
Aroma de bolo comum (abc)	6,05 ^a	5,14 ^b	0,19
Aroma doce (ado)	5,37 ^a	5,35 ^a	0,27
Aroma de linhaça (ali)	4,64 ^b	5,57 ^a	0,26
Gosto doce (gdo)	5,43 ^a	5,56 ^a	0,28
Sabor de linhaça (sli)	4,48 ^b	5,51 ^a	0,18
Sabor amanteigado (sam)	2,50 ^a	2,15 ^b	0,15
Sabor de bolo comum (sbc)	5,65 ^a	4,49 ^b	0,20
Maciez (mac)	6,52 ^a	5,51 ^b	0,13
Mastigabilidade (mas)	4,52 ^b	5,85 ^a	0,14
Umidade (umi)	5,28 ^b	5,68 ^a	0,27
Adesividade (ade)	4,89 ^b	6,22 ^a	0,23
Presença de partículas (ppa)	3,52 ^b	4,26 ^a	0,17
Quebradiço (ao partir) (que)	4,17 ^b	5,72 ^a	0,33

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma linha não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

A Figura 26 mostra o perfil sensorial descritivo das amostras padrão e *diet* de bolo de linhaça, gerado com as médias da Tabela 38.

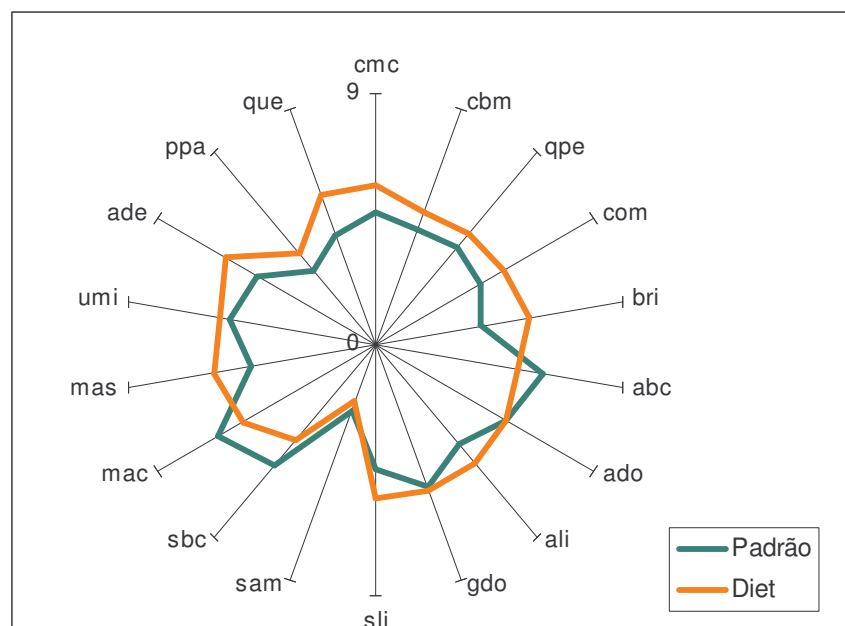


Figura 26. Perfil sensorial descritivo dos bolos de linhaça padrão e *diet*.

Através da análise da Tabela 39 e do gráfico da Figura 26, pôde-se concluir que o bolo de linhaça *diet* apresentou mais intensamente, significativamente ($p \leq 0,05$), as características relacionadas à linhaça, tais como aroma e sabor de linhaça, cor marrom da casca, cor bege do miolo, quantidade de partículas escuras, presença de partículas e quebradiço (ao partir). Isto ocorreu, provavelmente, porque a sacarose mascarou estas características no bolo padrão. Inversamente, este foi mais caracterizado, significativamente ($p \leq 0,05$), por atributos relacionados a um bolo comum, tais como aroma e sabor de bolo comum e maciez.

É importante observar que as duas formulações testadas não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) para aroma doce e gosto doce, atributos importantes em caso de substituição de sacarose.

Para o restante dos atributos houve diferença significativa, a $p \leq 0,05$, entre as amostras estudadas.

Com os dados obtidos também foi possível realizar a Análise de Componentes Principais (ACP). O resultado está expresso na Figura 27.

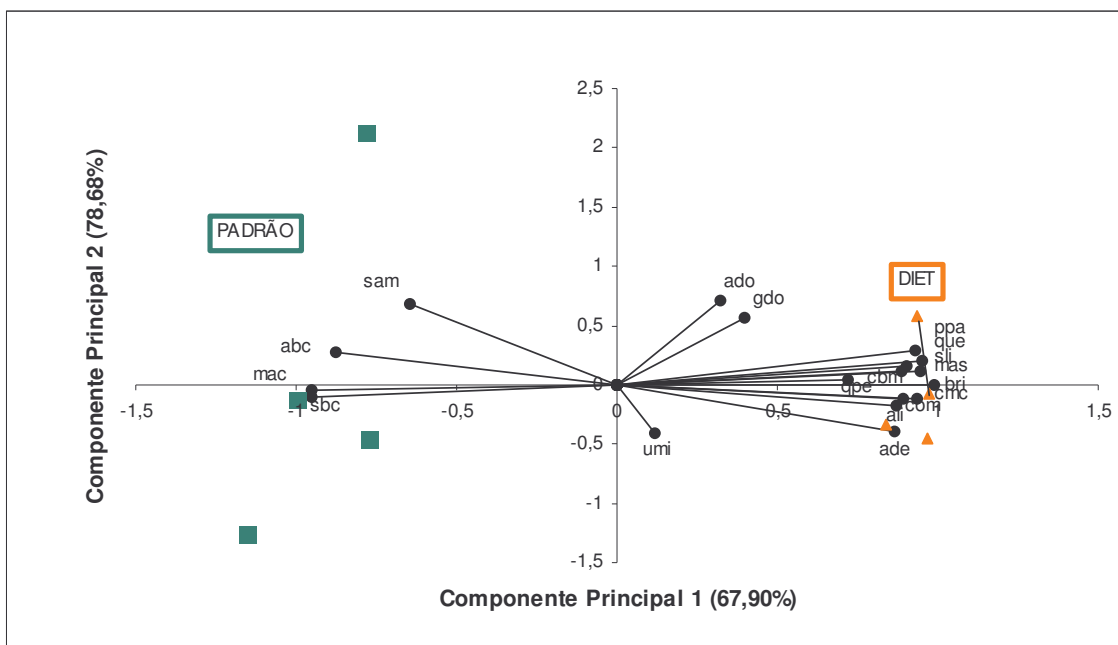


Figura 27. Figura bidimensional da Análise de Componentes Principais dos termos descritores das amostras de bolo de linhaça padrão e *diet*.

Verificou-se, através da Figura 27, que 81,35% da variação ocorrida entre as amostras foi explicada pelo primeiro eixo (Componente Principal 1). Os Componentes Principais 1 e 2 explicaram, juntos, 89,44% da variação ocorrida entre as amostras.

Desta forma, a maioria dos atributos contribuiu com maior peso para a variabilidade associada ao primeiro eixo. Nota-se através do gráfico da ACP que os atributos presença de partículas (ppa), quebradiço ao partir (que), quantidade de partículas escuras (qpe), cor marrom da casca (cmc), brilho (bri), sabor de linhaça (sli), mastigabilidade (mas), compactação (com), cor bege da massa (cbm), adesividade (ade), umidade (umi) e aroma de linhaça (ali) contribuíram com maior peso, positivamente, para a variabilidade atribuída à Componente Principal 1, e os atributos sabor amanteigado (sam), maciez (mac), aroma de bolo comum (acb) e sabor de bolo comum (sbc), negativamente. Os atributos aroma doce (ado) e gosto doce (gdo) foram os que mais contribuíram (positivamente) para a variabilidade atribuída à Componente Principal 2.

Como já verificado através das médias apresentadas na Tabela 39 e do gráfico da Figura 26, a ACP permite observar que a amostra *diet* foi mais caracterizada pelos atributos presença de partículas (ppa), quebradiço ao partir (que), quantidade de partículas escuras (qpe), cor marrom da casca (cmc), brilho (bri), sabor de linhaça (sli), mastigabilidade (mas), compactação (com), cor bege da massa (cbm), adesividade (ade),

umidade (umi) e aroma de linhaça (ali). Em contrapartida, a amostra padrão caracterizou-se pelos atributos sabor amanteigado (sam), maciez (mac), aroma de bolo comum (acb) e sabor de bolo comum (sbc).

Quando os vetores possuem direções opostas, marcadas por um ângulo de, aproximadamente, 180° entre si, pode-se dizer que os atributos representados por eles, provavelmente, possuem correlação linear negativa. Quando possuem a mesma direção, ou seja, com ângulo entre si próximo de 0° , possuem correlação linear positiva. O gráfico da ACP sugere que os atributos ppa, que, qpe, cmc, bri, sli, mas, com, cbm, ade, umi e ali possuem correlação linear positiva entre si e, negativa, em relação aos atributos sam, mac, acb e sbc. Estes últimos, por sua vez, possuem correlação positiva entre si. Isto pode ser confirmado através da Tabela 40, que mostra os valores dos coeficientes de correlação linear de Pearson entre os atributos analisados. Grifados em verde encontram-se os coeficientes de correlação positiva, acima de 90%, e em laranja, os coeficientes de correlação negativa, também acima de 90%.

Tabela 40. Valores de r (coeficiente de correlação linear de Pearson) entre os atributos analisados pela ACP.

Vetores	cmc	cbm	qpe	com	bri	abc	ado	ali	gdo	sli	sam	sbc	mac	mas	umi	ade	ppa	que
cmc	1,00																	
cbm	0,97	1,00																
qpe	0,97	0,97	1,00															
com	0,94	0,94	0,96	1,00														
bri	0,95	0,97	0,98	0,97	1,00													
abc	-0,97	-0,94	-0,94	-0,96	-0,93	1,00												
ado	-0,07	-0,03	-0,05	-0,05	-0,05	0,11	1,00											
ali	0,84	0,90	0,84	0,77	0,82	-0,83	-0,33	1,00										
gdo	0,43	0,28	0,46	0,40	0,35	-0,33	0,10	0,07	1,00									
sli	0,94	0,98	0,98	0,91	0,96	-0,91	-0,06	0,89	0,29	1,00								
sam	-0,88	-0,84	-0,82	-0,85	-0,84	0,85	0,27	-0,81	-0,39	-0,75	1,00							
sbc	-0,97	-1,00	-0,98	-0,94	-0,97	0,95	0,09	-0,91	-0,32	-0,99	0,84	1,00						
mac	-0,97	-0,97	-0,96	-0,96	-0,96	0,97	0,22	-0,91	-0,27	-0,95	0,89	0,98	1,00					
mas	0,98	0,99	0,97	0,96	0,97	-0,97	-0,05	0,89	0,31	0,97	-0,86	-0,99	-0,98	1,00				
umi	0,74	0,73	0,69	0,84	0,79	-0,79	-0,18	0,65	0,11	0,63	-0,87	-0,71	-0,81	0,77	1,00			
ade	0,93	0,96	0,92	0,89	0,92	-0,93	-0,25	0,96	0,12	0,95	-0,82	-0,97	-0,98	0,96	0,73	1,00		
ppa	0,92	0,95	0,94	0,88	0,93	-0,88	0,22	0,78	0,30	0,95	-0,68	-0,94	-0,88	0,94	0,59	0,87	1,00	
que	0,94	0,98	0,96	0,93	0,96	-0,90	0,17	0,81	0,34	0,95	-0,80	-0,96	-0,91	0,97	0,72	0,88	0,97	1,00

4.3.2. Análise Tempo-Intensidade

Os resultados de p de $F_{amostra}$ e p de $F_{repetição}$, para cada provador e cada parâmetro da curva, avaliados para a seleção da equipe final de provadores, encontram-se dispostos na Tabela 41.

Observa-se que grande parte dos valores de p de $F_{amostra}$ foram superiores a 0,30, o que não se torna um problema neste caso, já que as amostras não diferiram significativamente entre si para todos dos parâmetros da curva. Isto poderá ser verificado mais adiante, na Tabela 42. Desta forma, este critério de seleção não foi utilizado. Ainda, este resultado permitiu evidenciar, pelo teste de Tukey, que a substituição da sacarose foi extremamente adequada, pois não houve diferença entre os perfis de doçura das amostras padrão e *diet*.

Já quanto à repetibilidade, todos os provadores foram selecionados, como foi possível verificar na Tabela 41.

Tabela 41. Níveis de significância (p) para provadores em função da discriminação das amostras (p de $F_{amostra}$) e repetibilidade (p de $F_{repetição}$).

Provador	p de $F_{amostra}$				p de $F_{repetição}$			
	Imax	Timax	Ttot	Área	Imax	Timax	Ttot	Área
1	0,0020	0,1553	0,0160	0,0359	0,3045	0,1036	0,4273	0,6362
2	0,0405	0,5148	0,5153	0,4039	0,3908	0,2444	0,1845	0,9762
3	0,0490	0,8902	0,6962	0,2887	0,7444	0,1620	0,3327	0,7527
4	0,5346	0,7769	0,7732	0,6718	0,7355	0,7763	0,7836	0,7717
5	0,8937	0,9875	0,3971	0,5475	0,9993	0,2192	0,6460	0,8852
6	0,5977	0,2856	0,2832	0,3458	0,5568	0,2152	0,2754	0,1262
7	0,2341	0,0816	0,0741	0,0704	0,5762	0,5737	0,7219	0,6346
8	0,5363	0,3824	0,2912	0,7871	0,5959	0,9561	0,8950	0,9503
9	0,4681	0,4424	0,8781	0,9862	0,8237	0,3401	0,1651	0,5264
10	0,6585	0,2750	0,5278	0,9031	0,6248	0,5402	0,4247	0,1441

A análise do consenso da equipe de provadores pôde ser verificada através gráficos construídos com as médias individuais dos provadores para cada parâmetro das curvas tempo-intensidade, ilustrados através das Figuras de 28 a 31.

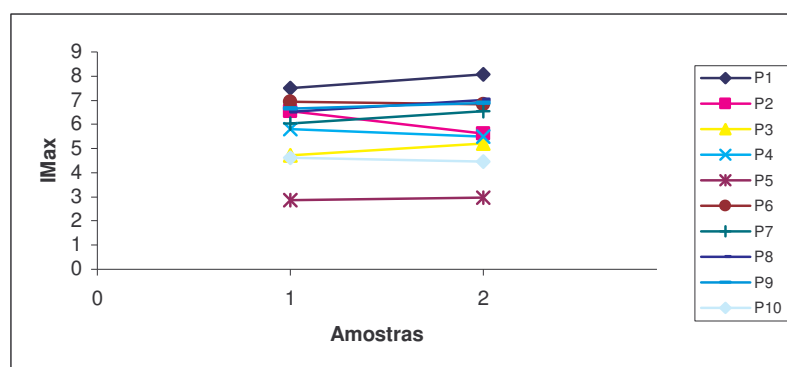


Figura 28. Interação amostra x provador para o parâmetro Intensidade Máxima (Imax).
* Amostra 1 = Padrão; Amostra 2 = *Diet*.

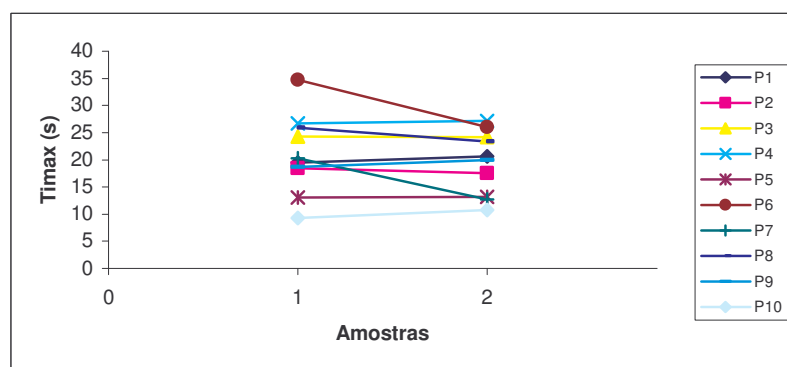


Figura 29. Interação amostra x provador para o parâmetro Tempo da Intensidade Máxima (TImax).
* Amostra 1 = Padrão; Amostra 2 = *Diet*.

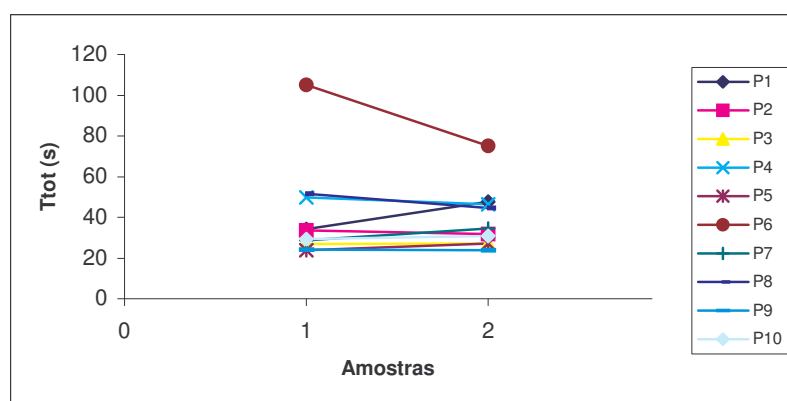


Figura 30. Interação amostra x provador para o parâmetro Tempo Total (Ttot).
* Amostra 1 = Padrão; Amostra 2 = *Diet*.

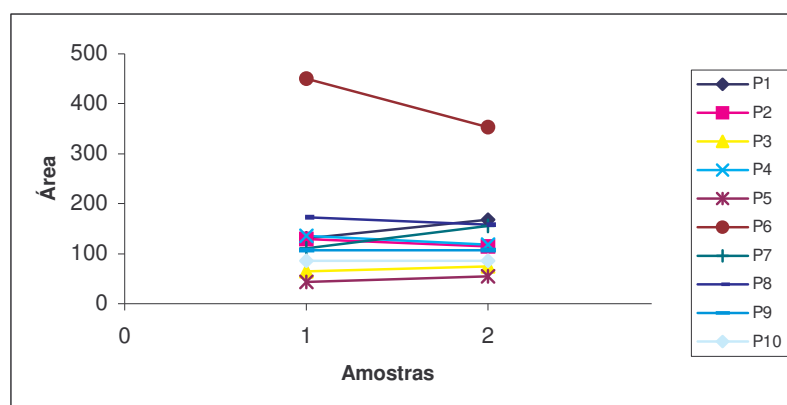


Figura 31. Interação amostra x provador para o parâmetro Área sob a curva (Área).

* Amostra 1 = Padrão; Amostra 2 = *Diet*.

Pela análise dos gráficos de consenso da equipe, percebeu-se que o provador 6 estava em discordância com a equipe sensorial, principalmente em relação aos parâmetros Ttot e Área. Desta forma, o provador 6 não foi selecionado para a próxima etapa do teste.

Os provadores então selecionados realizaram os testes novamente, nas mesmas condições. Assim, foi possível traçar o perfil tempo-intensidade para os atributos gosto doce e sabor de linhaça dos bolos estudados.

As médias dos parâmetros das curvas tempo-intensidade obtidas para o gosto doce das amostras estudadas encontram-se na Tabela 42.

Tabela 42. Médias dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o gosto doce das formulações padrão e *diet* de bolo de linhaça.

Amostra	Imax	Timax	Ttot	Área
Padrão	5,70 ^a	19,57 ^a	33,56 ^a	108,80 ^a
Diet	5,81 ^a	18,85 ^a	34,86 ^a	115,22 ^a
DMS**	0,24	1,18	2,76	12,40

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

Como é possível observar, através da Tabela 42, as amostras padrão e *diet* do bolo de linhaça não diferiram estatisticamente entre si, a $p \leq 0,05$, em relação ao estímulo doce, para todos os parâmetros das curvas tempo-intensidade estudados.

Desta forma, pôde-se concluir que a sucralose é um edulcorante de alta intensidade que pode substituir perfeitamente a sacarose, em bolo de linhaça, sem alterar o perfil tempo-intensidade de percepção da doçura, na concentração estudada. Ou seja, a

sucralose, em bolo de linhaça, apresentou mesma intensidade máxima para doçura em relação à sacarose, sem apresentar gosto doce residual, característica, esta, bastante comum em edulcorantes de alta intensidade.

As curvas tempo-intensidade do gosto doce de ambas as amostras estão representadas na Figura 32.

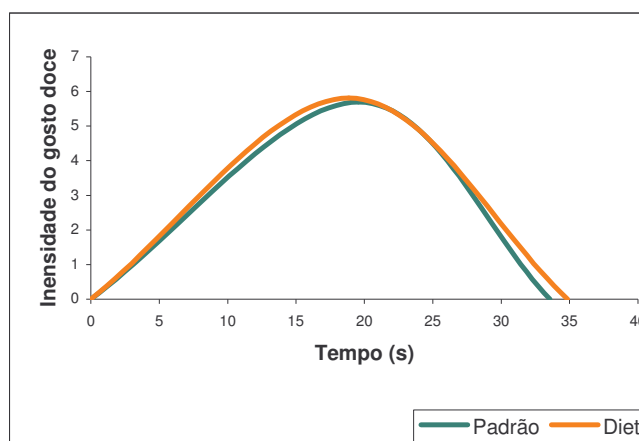


Figura 32. Curvas tempo-intensidade do gosto doce das amostras padrão e *diet* do bolo de linhaça.

Com os dados obtidos, foi possível construir o gráfico da Análise de Componentes Principais (ACP) para o gosto doce dos bolos de linhaça avaliados, o qual está apresentado na Figura 33.

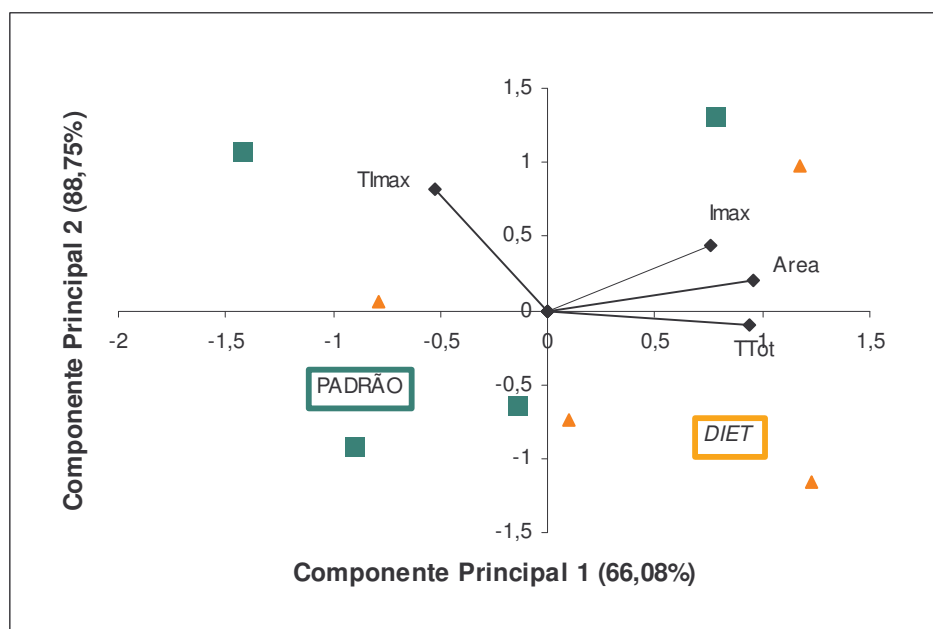


Figura 33. Figura bidimensional da Análise de Componentes Principais dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o gosto doce das amostras de bolo de linhaça padrão e *diet*.

Observou-se, através da Figura 33, que 66,08% da variação entre as amostras é explicada pelo Componente Principal 1. Os eixos 1 e 2 explicam, juntos, 88,75% da variação entre as amostras.

A ACP sugeriu que os parâmetros I_{max}, Área e T_{tot} foram os que mais contribuíram, positivamente, para a variabilidade associada ao primeiro eixo. A amostra *diet* está mais próxima destes três parâmetros, sendo caracterizada por eles. A amostra padrão foi caracterizada por T_{imax}.

As amostras padrão e *diet* do bolo de linhaça estão representadas por quatro repetições. Pôde-se verificar que estas repetições não estão muito próximas, para cada amostra, confirmando que ambas as formulações estudadas obtiveram perfis temporais muito semelhantes em relação à percepção do gosto doce.

A proximidade dos vetores I_{max} e Área, e T_{tot} e Área sugere que cada dupla apresenta correlação linear positiva entre si. Isto pode ser confirmado através dos coeficientes de correlação linear de Pearson, mostrados na Tabela 43.

Tabela 43. Valores de r (coeficiente de correlação linear de Pearson) entre os vetores da ACP para o estímulo gosto doce dos bolos de linhaça avaliados.

Vetores	I _{max}	T _{imax}	T _{tot}	Área
I _{max}	1,00			
T _{imax}	-0,16	1,00		
T _{tot}	0,52	-0,49	1,00	
Área	0,72	-0,29	0,93	1,00

A mesma análise foi realizada para o atributo sabor de linhaça. Na Tabela 44 encontram-se as médias de cada parâmetro das curvas tempo-intensidade obtidas para o sabor de linhaça das amostras estudadas.

Tabela 44. Médias dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o sabor de linhaça das formulações padrão e *diet* de bolo de linhaça.

Amostra	I _{max}	T _{imax}	T _{tot}	Área
Padrão	5,26 ^b	17,45 ^a	28,98 ^a	99,57 ^a
<i>Diet</i>	5,45 ^a	18,34 ^a	30,52 ^a	104,49 ^a
DMS ^{**}	0,16	1,54	1,77	7,19

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

As amostras apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) para o parâmetro I_{max} , como pode ser visto na Tabela 44. A amostra *diet* apresentou maior I_{max} do sabor de linhaça. Este resultado está em concordância com a ADQ, que mostrou que o bolo *diet* apresentou características relacionadas à linhaça, dentre elas o sabor de linhaça, mais intensamente que o bolo padrão.

Para o restante dos parâmetros das curvas tempo-intensidade não houve diferença significativa, a $p \leq 0,05$, entre as amostras. Isto é, apesar de o bolo *diet* ter apresentado o sabor de linhaça mais intenso que o bolo padrão, este estímulo atingiu sua intensidade máxima no mesmo momento, teve a mesma duração e a integração entre a intensidade e o tempo de duração do estímulo foi o mesmo, para ambas as formulações estudadas.

A representação gráfica das curvas tempo-intensidade do sabor de linhaça, para ambas as formulações estudadas, encontra-se na Figura 34.

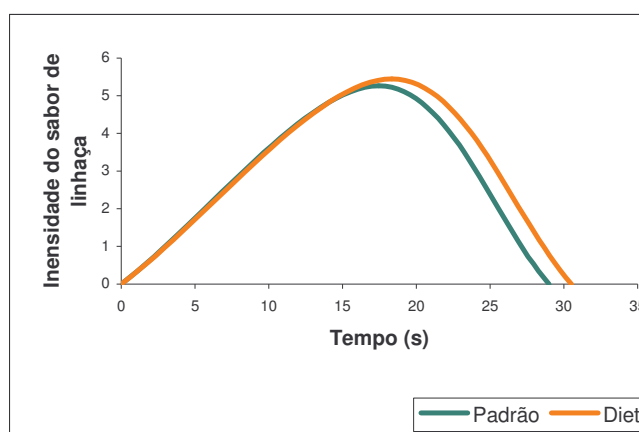


Figura 34. Curvas tempo-intensidade do sabor de linhaça das amostras padrão e *diet* do bolo de linhaça.

Também foi realizada a Análise de Componentes Principais (ACP) para o sabor de linhaça das amostras padrão e *diet* do bolo. O gráfico da ACP pode ser visualizado através da Figura 35.

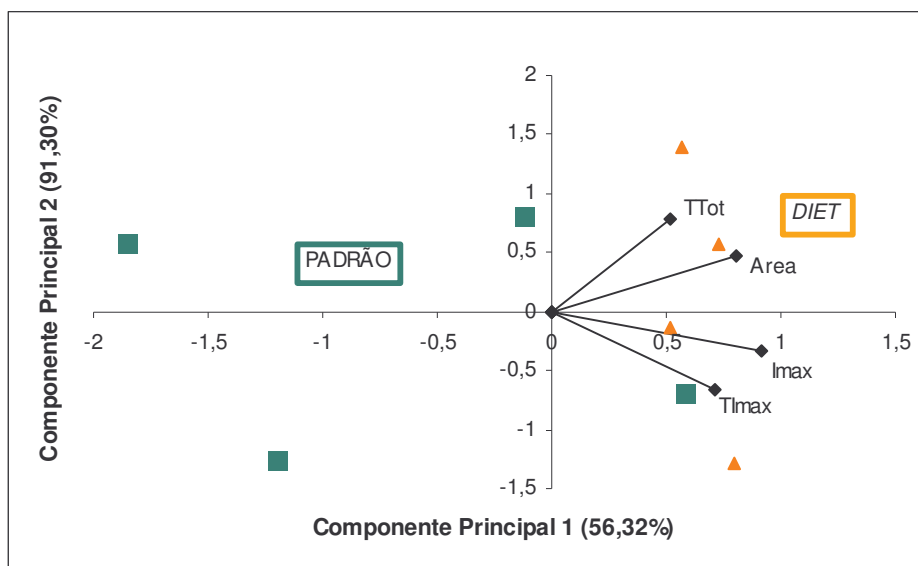


Figura 35. Figura bidimensional da Análise de Componentes Principais dos parâmetros das curvas tempo-intensidade para o sabor de linhaça das amostras de bolo de linhaça padrão e *diet*.

Analisando-se a Figura 35, foi possível constatar que 56,32% da variação entre as amostras foi explicada pelo primeiro eixo. Os Componentes Principais 1 e 2 explicaram, juntos, 91,30% da variação entre as amostras.

A ACP sugeriu que os parâmetros Área e Imax foram os que mais contribuíram, positivamente, para a variabilidade associada ao primeiro eixo. A amostra *diet* está mais próxima destes dois parâmetros, sendo caracterizada por eles. A amostra padrão não foi caracterizada por nenhum parâmetro específico.

Pôde-se verificar, através da representação das repetições de cada amostra, que estas repetições não estão muito próximas, confirmando que ambas as formulações estudadas obtiveram perfis temporais muito semelhantes em relação à percepção do sabor de linhaça.

A proximidade dos vetores Ttot e Área e dos vetores Imax e TImax sugere que cada dupla apresenta correlação linear positiva entre si. Isto pode ser confirmado através dos coeficientes de correlação linear de Pearson, mostrados na Tabela 45.

Tabela 45. Valores de r (coeficiente de correlação linear de Pearson) entre os vetores da ACP para o sabor de linhaça dos bolos de linhaça avaliados.

Vetores	Imax	Timax	Ttot	Área
Imax	1,00			
Timax	0,84	1,00		
Ttot	0,20	-0,10	1,00	
Área	0,56	0,21	0,66	1,00

4.3.3. Análise da Aceitação

Os resultados obtidos no Teste de Média de Tukey para a aceitação do bolo de linhaça estão dispostos na Tabela 46.

Tabela 46. Médias do Teste de Aceitação das amostras padrão e *diet* de bolo de linhaça.

Atributos	Padrão	Diet	DMS**
Aparência	6,36 ^a	6,29 ^a	0,22
Aroma	5,76 ^a	5,79 ^a	0,36
Sabor	5,54 ^a	5,17 ^a	0,39
Textura	5,62 ^a	5,41 ^a	0,35
Impressão Global	5,79 ^a	5,56 ^a	0,33

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma linha não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

Verificou-se, através da Tabela 46, que as amostras padrão e *diet* do bolo de linhaça não diferiram entre si ($p \leq 0,05$) em relação à aceitação pelos consumidores, para todos os atributos avaliados. As médias de ambas as formulações variaram de 5,5 a 6,5, ou seja, na faixa equivalente a “gostei ligeiramente”. É possível afirmar, desta forma, que a substituição da sacarose em bolo de linhaça não provocou diminuição da aceitação pelos consumidores, sendo viável a produção da versão *diet* do produto.

Os consumidores também foram questionados quanto à sua intenção de compra do produto. Estes resultados estão ilustrados na Figura 36.

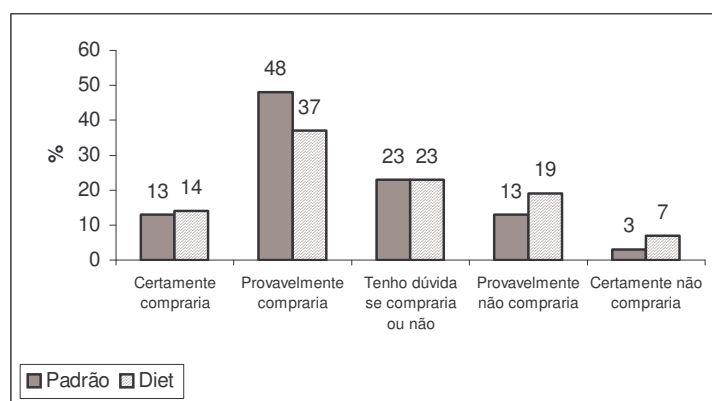


Figura 36. Atitude dos consumidores em relação à intenção de compra dos bolos de linhaça padrão e *diet*.

Notou-se, através da Figura 36, que a intenção de compra positiva (“certamente compraria” e “provavelmente compraria”) foi a opção da maioria dos consumidores, para ambas as formulações (61% para a formulação padrão e 51% para a *diet*).

4.4. Avaliação da Estabilidade das Amostras durante o Armazenamento

4.4.1. Análise Instrumental da Textura

A Tabela 47 mostra os resultados, obtidos pelo Teste de Média de Tukey, dos atributos de textura instrumental dureza, adesividade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade, nos tempos referentes aos 1º, 3º, 5º e 7º dias de vida de prateleira.

Tabela 47. Médias dos atributos de textura instrumental durante o armazenamento dos bolos de linhaça.

Amostra	1º dia de vida de prateleira				
	Dureza (g)	Adesividade (gs)	Coesividade	Gomosidade	Mastigabilidade
Padrão	9625 ^a	- 31 ^a	0,31 ^a	2941 ^a	1795 ^a
Diet	5970 ^a	- 50 ^a	0,27 ^a	1605 ^a	848 ^b
DMS**	4828	63	0,05	1366	644
Amostra	3º dia de vida de prateleira				
	Dureza (g)	Adesividade (gs)	Coesividade	Gomosidade	Mastigabilidade
Padrão	10878 ^b	- 87 ^a	0,33 ^a	3570 ^a	1865 ^a
Diet	12226 ^a	- 89 ^a	0,27 ^b	3274 ^a	1413 ^b
DMS**	1046	59	0,03	600	201
Amostra	5º dia de vida de prateleira				
	Dureza (g)	Adesividade (gs)	Coesividade	Gomosidade	Mastigabilidade
Padrão	12731 ^a	-133 ^a	0,32 ^a	4069 ^a	2114 ^a
Diet	11890 ^a	-143 ^a	0,26 ^b	3099 ^b	1372 ^b
DMS**	2661	129	0,02	574	334
Amostra	7º dia de vida de prateleira				
	Dureza (g)	Adesividade (gs)	Coesividade	Gomosidade	Mastigabilidade
Padrão	11868 ^a	-73 ^a	0,33 ^a	3941 ^a	2166 ^a
Diet	12716 ^a	-54 ^a	0,27 ^b	3360 ^a	1664 ^a
DMS**	5105	66	0,04	1118	785

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna (para cada tempo da vida de prateleira separadamente) não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

No 1º dia de vida de prateleira, as amostras padrão e *diet* apenas apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) para a mastigabilidade, sendo que o bolo *diet* obteve menor média para este atributo.

Para o 3º dia de vida de prateleira, houve diferença significativa, a $p \leq 0,05$, entre as amostras estudadas para os atributos dureza, coesividade e mastigabilidade. A amostra *diet* continuou apresentando menor média para mastigabilidade, sendo também menos coesa que a padrão. Porém, apresentou maior dureza que a amostra padrão.

Analisando-se os resultados do 5º dia de vida de prateleira, nota-se que o bolo de linhaça *diet* manteve-se com menores médias para mastigabilidade e coesividade, além de

obter menor média também para gomosidade, diferindo estatisticamente ($p \leq 0,05$) do bolo padrão em relação a esses atributos.

No 7º dia de vida de prateleira, as amostras diferiram entre si, significativamente ($p \leq 0,05$), apenas para coesividade. A amostra *diet* continuou apresentando menor média para este atributo.

Com os resultados da textura instrumental obtidos para as amostras padrão e *diet* do bolo de linhaça, foram construídos gráficos, para a visualização da estabilidade das amostras em relação a esses parâmetros, em função do tempo de armazenamento (Figura 37).

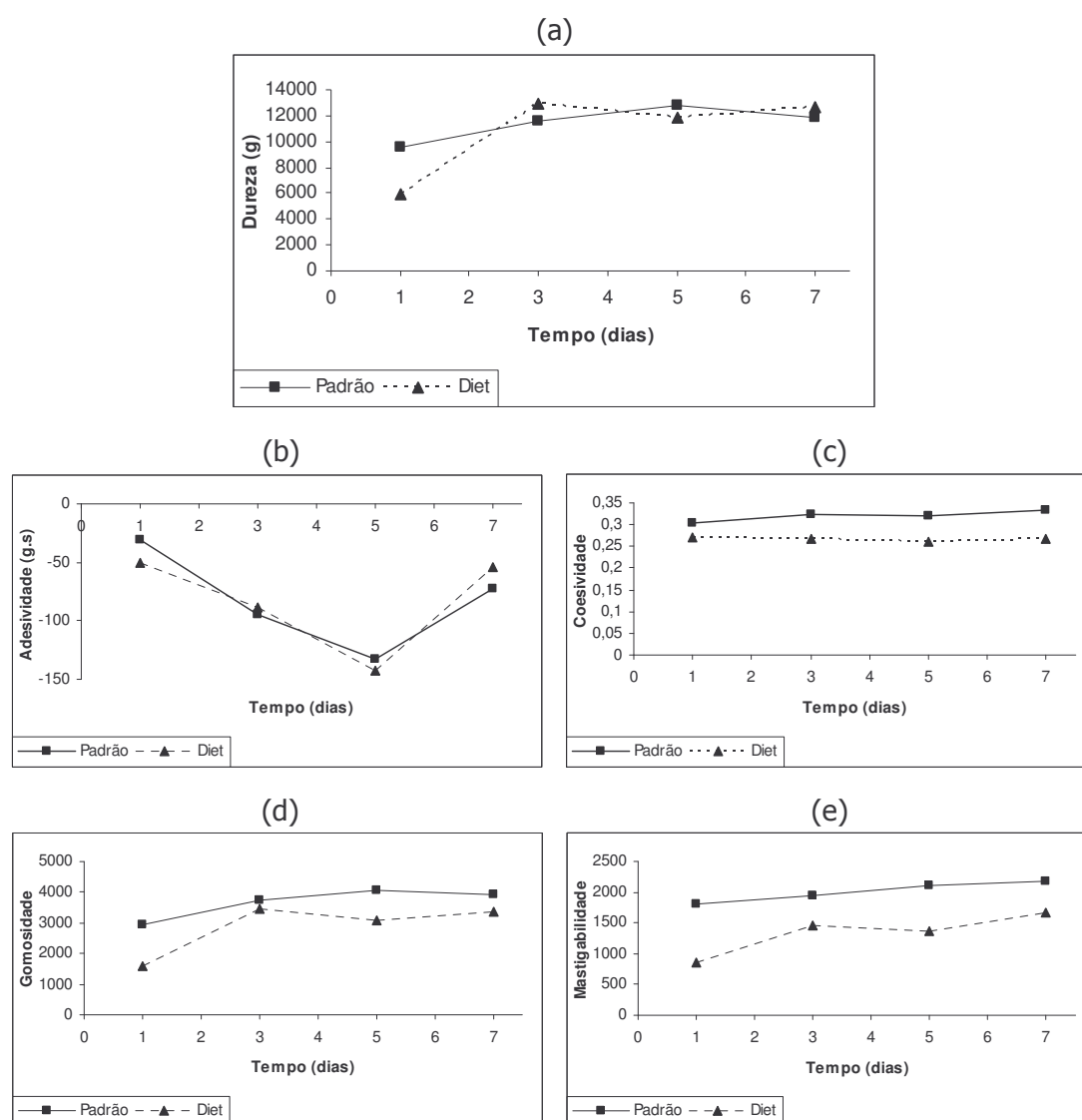


Figura 37. Avaliação da estabilidade em função do tempo de armazenamento para os atributos de textura instrumental dureza (a), adesividade (b), coesividade (c), gomosidade (d) e mastigabilidade (e), em função do tempo de vida de prateleira.

Os gráficos da Figura 37 mostraram que as amostras padrão e *diet* apresentaram tendências similares de aumento da dureza, adesividade, gomosidade e mastigabilidade ao longo da vida de prateleira. O atributo coesividade demonstrou permanecer constante durante o estudo, para ambas as amostras.

4.4.2. Atividade de Água

A tabela 48 mostra os resultados da medição da atividade de água (A_w) dos bolos nos tempos referentes aos 1º, 3º, 5º e 7º dias de vida de prateleira.

Tabela 48. Atividade de água durante o armazenamento dos bolos de linhaça.

Amostra	1º dia	3º dia	5º dia	7º dia
Padrão	0,88 ^a	0,89 ^a	0,88 ^a	0,88 ^a
Diet	0,90 ^a	0,88 ^a	0,91 ^a	0,89 ^a
DMS**	0,09	0,03	0,04	0,03

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

A Tabela 48 mostra que não houve diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras em relação à atividade de água, para todos os tempos de vida de prateleira estudados.

A avaliação realizada para a atividade de água das duas amostras de bolo de linhaça, em função dos 7 dias de vida de prateleira estudados, está representada na Figura 38.

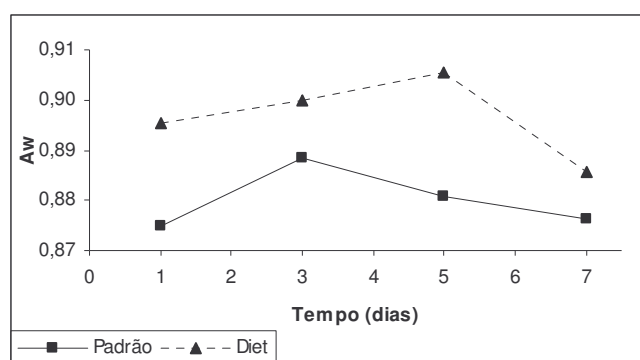


Figura 38. Avaliação da estabilidade em função do tempo de armazenamento para a atividade de água dos bolos de linhaça.

4.4.3. Umidade

A tabela 49 mostra os resultados da medição da umidade dos bolos nos tempos referentes aos 1º, 3º, 5º e 7º dias de vida de prateleira.

Tabela 49. Umidade durante o armazenamento dos bolos de linhaça.

Amostra	1º dia	3º dia	5º dia	7º dia
Padrão (%)	27,89 ^a	26,39 ^b	27,36 ^b	26,96 ^a
Diet (%)	27,33 ^a	28,11 ^a	29,35 ^a	27,12 ^a
DMS**	2,87	0,87	1,84	0,25

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

A análise da Tabela 49 permitiu observar que no 1º dia de vida útil dos bolos, não houve diferença significativa, a $p \leq 0,05$, entre as formulações estudadas, em relação à umidade.

No 3º e no 5º dias de vida de prateleira, a amostra *diet* apresentou maior umidade que a amostra padrão, diferindo significativamente desta, a $p \leq 0,05$.

Já no 7º dia, as amostras padrão e *diet* do bolo de linhaça voltaram a não apresentar diferença estatística ($p \leq 0,05$) entre si quanto à umidade.

Foi gerado um gráfico para a representação da variação da umidade de ambas as amostras de bolo de linhaça, em função do tempo de armazenamento. Estes resultados encontram-se na Figura 39.

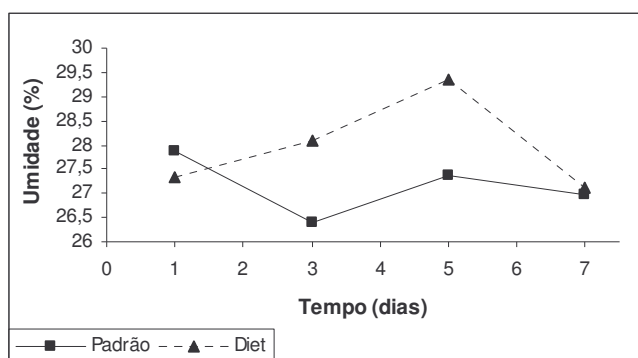


Figura 39. Avaliação da estabilidade em função do tempo de armazenamento para a umidade dos bolos de linhaça.

4.4.4. Análise Instrumental da Cor

A Tabela 50 mostra os resultados da medição instrumental da cor dos bolos nos tempos referentes aos 1º, 3º, 5º e 7º dias de vida de prateleira.

Tabela 50. Médias das medições de cor instrumental do miolo e da crosta dos bolos de linhaça durante o armazenamento.

Amostra	1º dia de vida de prateleira					
	Cor do Miolo			Cor da Crosta		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Padrão	57,50 ^a	5,95 ^a	16,80 ^a	48,39 ^a	13,48 ^a	27,42 ^a
Diet	57,57 ^a	5,66 ^a	17,27 ^a	50,30 ^a	12,45 ^a	27,40 ^a
DMS**	3,14	0,88	1,83	5,21	2,79	5,90
Amostra	3º dia de vida de prateleira					
	Cor do Miolo			Cor da Crosta		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Padrão	56,32 ^a	5,13 ^a	15,89 ^a	46,31 ^a	11,69 ^b	24,90 ^a
Diet	56,09 ^a	5,17 ^a	16,00 ^a	42,93 ^b	13,69 ^a	25,38 ^a
DMS**	3,05	0,24	1,04	1,04	1,99	4,15
Amostra	5º dia de vida de prateleira					
	Cor do Miolo			Cor da Crosta		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Padrão	56,97 ^a	5,45 ^a	16,36 ^a	47,38 ^a	12,40 ^a	24,59 ^a
Diet	57,63 ^a	5,20 ^a	16,52 ^a	42,25 ^b	14,79 ^a	25,64 ^a
DMS**	3,37	0,26	0,46	1,04	4,09	4,47
Amostra	7º dia de vida de prateleira					
	Cor do Miolo			Cor da Crosta		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Padrão	57,52 ^a	5,02 ^a	15,83 ^a	43,88 ^a	13,70 ^a	24,73 ^a
Diet	59,90 ^a	4,82 ^a	15,67 ^a	44,36 ^a	12,45 ^a	24,75 ^a
DMS**	3,17	0,31	0,46	1,79	2,99	4,20

*Médias marcadas com letras iguais em uma mesma coluna (para cada tempo da vida de prateleira separadamente) não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

**Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

No 1º dia de vida útil do produto não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras padrão e *diet* do bolo de linhaça, para todos os parâmetros de cor instrumental (L*, a* e b*), tanto para o miolo como para a crosta.

No 3º dia, a cor do miolo das duas amostras estudadas também não apresentou diferença significativa, a $p \leq 0,05$. Já quanto à cor da crosta, a amostra padrão obteve maior média para a luminosidade (L*) e menor média para a coordenada a*, diferindo (p

$\leq 0,05$) da amostra *diet* em ambos os casos. Ou seja, o bolo padrão apresentou cor da crosta mais clara e com o componente vermelho menos intenso do que o bolo *diet*. Já para a coordenada b^* (componente amarelo), não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras.

Em relação ao 5º dia de vida de prateleira, as formulações padrão e *diet* do bolo de linhaça continuaram sem apresentar diferença significativa ($p \leq 0,05$) quanto à cor do miolo. A cor da crosta do bolo padrão manteve-se mais clara que a do bolo *diet*, isto é, o valor de L^* da crosta do bolo padrão foi estatisticamente ($p \leq 0,05$) maior que o mesmo valor do bolo *diet*. Já para as coordenadas a^* e b^* da cor da crosta de ambas as amostras não foi detectada diferença significativa, a $p \leq 0,05$.

Já no 7º e último dia de estudo de vida de prateleira, as amostras padrão e *diet* do bolo de linhaça não apresentaram diferença significativa para todos os parâmetros de cor instrumental (L^* , a^* e b^*), tanto para o miolo como para a crosta.

Também foram gerados gráficos para a avaliação da cor do miolo e da crosta das duas formulações de bolo de linhaça em função do tempo de armazenamento. Os resultados estão apresentados na Figura 40.

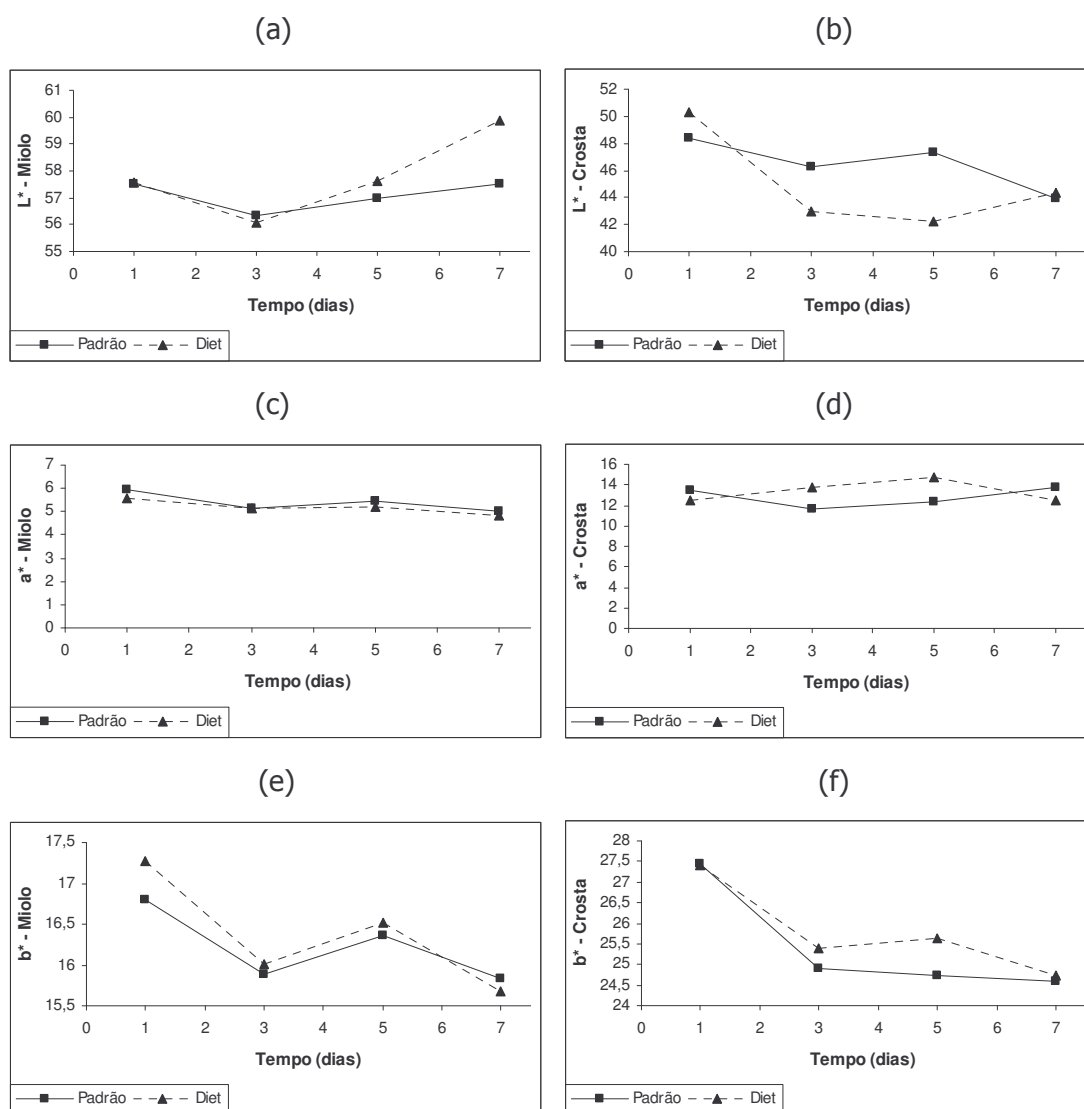
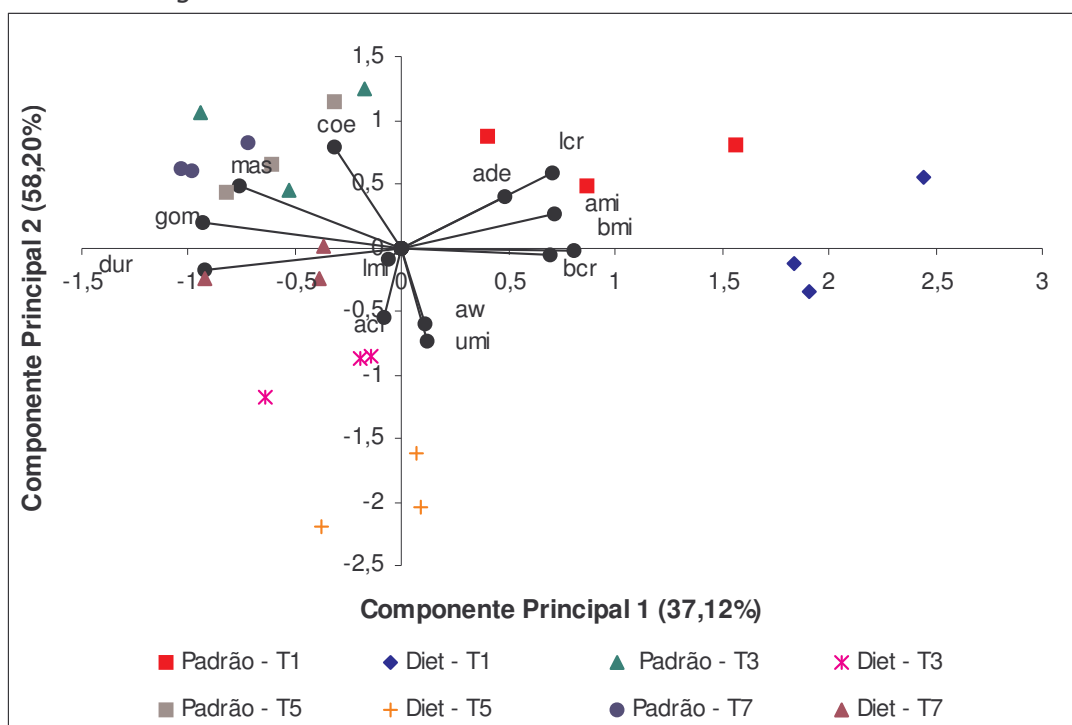


Figura 40. Avaliação da estabilidade em função do tempo de armazenamento dos valores de L^* (a), a^* (c) e b^* (e) do miolo e valores de L^* (b), a^* (d) e b^* (f) da crosta dos bolos de linhaça, em função do tempo de vida de prateleira.

Foi possível verificar, através dos gráficos da Figura 40, que a luminosidade (L^*) do miolo manteve-se praticamente constante para o bolo padrão e apresentou-se com tendência crescente para o bolo *diet*, durante o tempo estudado. Diferentemente, a luminosidade (L^*) da crosta apresentou tendência de diminuição durante o tempo de armazenamento, para as duas amostras. O componente vermelho (a^*) da cor instrumental do miolo e da crosta dos bolos apresentou-se constante durante o estudo, tanto para a amostra padrão como para a *diet*. Finalmente, o componente amarelo (b^*) da cor instrumental do miolo e da crosta dos bolos de linhaça apresentou tendência de diminuição durante os dias de armazenamento avaliados, para ambas as amostras.

Com todos os dados instrumentais obtidos através do estudo da avaliação da estabilidade das amostras, foi possível realizar a Análise de Componentes Principais, ilustrado na Figura 41.



Legenda: dur = dureza; ade = adesividade; coe = coesividade; gom = gomosidade; mas = mastigabilidade; lmi = L* do miolo; ami = a do miolo; bmi = b do miolo; lcr = L* da crosta; acr = a da crosta; bcr = b da crosta; aw = atividade de água; umi = umidade.

Figura 41. Figura bidimensional da Análise de Componentes Principais dos parâmetros instrumentais medidos para a avaliação da estabilidade durante o armazenamento dos bolos de linhaça padrão e *diet*.

Através da Figura 41, observou-se que 37,12% da variação ocorrida entre as amostras foi explicada pelo Componente Principal 1. Os Componentes Principais 1 e 2 explicaram, juntos, 58,20% da variação ocorrida entre as amostras.

Três dos parâmetros de textura instrumental (mastigabilidade (mas), gomosidade (gom) e dureza (dur)) contribuíram com maior peso, negativamente, para a variabilidade associada ao primeiro eixo. Já a maioria dos parâmetros de cor instrumental (L* da crosta (lcr), a do miolo (ami), b do miolo (bmi) e b da crosta (bcr)) contribuíram com maior peso, positivamente, para a variabilidade atribuída ao Componente Principal 1. Os parâmetros atividade de água (aw) e umidade (umi), juntamente com o parâmetro de cor a da crosta (acr), contribuíram, negativamente, com maior peso, para a variabilidade associada ao segundo eixo.

Pôde-se observar que a amostra padrão, no 1º dia de armazenamento (T1), foi caracterizada, principalmente, pelos atributos de cor instrumental lcr, ami e bmi e, também, pela adesividade. Pode se dizer que as amostras padrão e *diet*, no 1º dia, foram caracterizadas semelhantemente, devido à sua proximidade no gráfico da ACP.

O gráfico da ACP sugere que a amostra padrão variou pouco, em relação aos parâmetros instrumentais medidos, durante o armazenamento, a partir do 3º dia. Isso pode ser verificado através da proximidade da amostra padrão, nos 3º, 5º e 7º dias de armazenamento, no gráfico. Nesses três tempos de armazenamento, o bolo de linhaça padrão foi caracterizado pelos parâmetros de textura coesividade, mastigabilidade e gomosidade.

Já para a amostra *diet*, a ACP sugere que houve uma maior variação durante o armazenamento, quando comparada à amostra padrão. No 3º dia, a amostra *diet* foi caracterizada pela componente a (variação de vermelho) da cor da crosta (acr). No 5º dia, o bolo *diet* se caracterizou por acr e, também, pela umidade (umi) e atividade de água (aw). No 7º e último dia de armazenamento, essa mesma amostra foi caracterizada pela luminosidade do miolo (lmi) e, principalmente, pela dureza (dur).

Pela proximidade dos vetores aw e umi e de bmi e bcr, a ACP sugere que há correlação linear positiva entre cada dupla. Pelo contrário, entre dur e ade, coe e umi e coe e aw, pode se dizer que, provavelmente, há correlação linear negativa entre cada dupla. Ou seja, provavelmente, quando uma amostra é caracterizada por atividade de água, também será por umidade e, ao contrário, quando é caracterizada por coesividade, provavelmente não será caracterizada por umidade.

Analisando-se todos os resultados do estudo da avaliação da estabilidade durante o armazenamento dos bolos de linhaça, pôde-se concluir que durante os 7 dias em que foram avaliados, os bolos, no geral, não apresentaram diferenças significativas entre si ($\leq 0,05$), em relação aos atributos medidos.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- Através da adequação da substituição da sacarose por sucralose e os agentes de corpo polidextrose e lactitol, foi possível a obtenção de uma formulação *diet* de bolo de linhaça, otimizada através da técnica de Planejamento Fatorial associada à Metodologia de Superfície de Resposta.
- Não foi possível estabelecer modelos estatísticos (linear e quadrático) preditivos para as repostas de textura instrumental (dureza, adesividade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade) em função das variáveis independentes estudadas (níveis de adição de sucralose (g/100g) e da relação polidextrose (g/100g) / lactitol (g/100g)). De qualquer forma, os resultados obtidos através do perfil de textura instrumental foram utilizados para comparação dos ensaios do delineamento com a formulação padrão do bolo de linhaça.
- De acordo com os resultados obtidos no delineamento experimental, as maiores notas de aceitação sensorial obtidas, para os atributos aroma, sabor, textura e impressão global, ocorreram quando os níveis de adição de sucralose variavam da condição central do delineamento (0,024 g/100g) até a condição + α (0,041 g/100g). O mesmo ocorreu quando a quantidade de polidextrose adicionada era diminuída e a de lactitol aumentada, ou seja, quando se diminuía a relação polidextrose/lactitol (condição - α (0,19)).
- Em função do alto custo da sucralose, optou-se por utilizá-la na condição central (0,024 g/100g) e a relação polidextrose/lactitol, na condição - α (0,19).
- A formulação otimizada de bolo de linhaça *diet* foi obtida com 0,024% (g/100g) de sucralose e uma proporção de 4,1% (g/100g) de polidextrose / 21,9% (g/100g) de lactitol, ou seja, uma relação de polidextrose/lactitol de 0,19.
- Os resultados da Análise Descritiva Quantitativa mostraram que as amostras padrão e *diet* (formulação 7 do delineamento, selecionada através da técnica

da Metodologia de Superfície de Resposta) de bolo de linhaça apresentaram perfis sensoriais distintos, sendo que a formulação *diet* foi melhor caracterizada, significativamente ($p \leq 0,05$), por atributos relacionados à linhaça, tais como aroma e sabor de linhaça, cor marrom da casca, cor bege do miolo, quantidade de partículas escuras, presença de partículas e quebradiço (ao partir). Provavelmente, isto ocorreu porque a sacarose, no bolo padrão, mascarou esses atributos. Por outro lado, a amostra padrão foi melhor caracterizada, significativamente ($p \leq 0,05$), pelos atributos relacionados a um bolo comum, tais como aroma e sabor de bolo comum e maciez.

- Apesar de apresentarem diferenças em alguns termos descritores dos perfis sensoriais, as formulações padrão e *diet* de bolo de linhaça não apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre si em relação aos atributos aroma doce e gosto doce, os quais são de extrema importância em casos de substituição de sacarose.
- As formulações padrão e *diet* de bolo de linhaça não apresentaram diferenças significativas entre si ($p \leq 0,05$) em relação ao perfil tempo-intensidade do gosto doce, para todos os parâmetros da curva (I_{max} , T_{max} , T_{tot} e Área). Isto significa que a substituição de sacarose por sucralose não alterou o perfil de percepção de doçura em bolo de linhaça. A sucralose, portanto, é um edulcorante que substitui perfeitamente a sacarose neste tipo de produto, com a mesma intensidade de doçura, sem apresentar gosto doce residual, desde que na concentração obtida como ótima pelos estudos aplicados.
- Quanto ao perfil tempo-intensidade do sabor de linhaça, os bolos padrão e *diet* diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$) somente para a intensidade máxima (I_{max}) do estímulo. Este resultado está em concordância com a ADQ, que mostrou que o bolo *diet* apresentou as características relacionadas à linhaça mais intensamente que o bolo padrão. Para o restante dos parâmetros da curva tempo-intensidade estudados (T_{max} , T_{tot} e Área), não houve diferença entre as amostras ($p \leq 0,05$). Isto é, apesar de a amostra *diet* de bolo de linhaça ter apresentado o sabor de linhaça mais intenso do que a amostra padrão, este estímulo teve a mesma duração, foi atingido em um

mesmo momento e a integração entre intensidade e tempo do estímulo (Área) foi a mesma para ambas as formulações.

- A Análise da Aceitação mostrou que ambas as formulações foram igualmente aceitas pelos consumidores, para todos os atributos avaliados (aparência, aroma, sabor, textura e impressão global). As notas obtidas variaram de 5,5 a 6,5, ou seja, na faixa descrita por “gostei ligeiramente”. Isto significa que a substituição de sacarose em bolo de linhaça por sucralose, polidextrose e lactitol, nas concentrações utilizadas, é viável, proporcionando a obtenção de um produto de aceitação tão boa quanto ao padrão.
- A maioria dos consumidores apresentou atitude de compra positiva (“certamente compraria” e “provavelmente compraria”) para as duas formulações, sendo 61% para a formulação padrão e 51% para a *diet*.
- Os resultados do estudo de vida de prateleira dos bolos de linhaça mostraram que, durante os 7 dias em que foram avaliados, os bolos não apresentaram, no geral, diferenças significativas entre si ($\leq 0,05$), em relação aos atributos medidos (textura instrumental, atividade de água, umidade e cor instrumental).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC – AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of American Association of Cereal Chemists**. 8ª ed., v.1 e 2, 1989.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para fins especiais. **D.O.U. - Diário Oficial da União**. Poder Executivo, de 30 de março de 1998 (a). Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public>>. Acesso em 23/05/2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Portaria nº 502, de 22 de junho de 1998. Aprova a inclusão do lactitol (INS 966) na lista de aditivos da Legislação Brasileira com a função de edulcorante, em quantidade suficiente para obter o efeito desejado (q.s.p.). **D.O.U. - Diário Oficial da União**. Poder Executivo, de 23 de junho de 1998 (b). Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public>>. Acesso em 23/05/2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. **D.O.U. - Diário Oficial da União**. Poder Executivo, de 03 de maio de 1999. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public>>. Acesso em 23/05/2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução nº 03, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico que aprova o uso de aditivos edulcorantes, estabelecendo seus limites máximos para os alimentos. **D.O.U. - Diário Oficial da União**. Poder Executivo, de 05 de janeiro de 2001. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public>>. Acesso em 23/05/2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Instrução Normativa nº 8, de 02 de junho de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. **D.O.U. - Diário Oficial da União**. Poder Executivo, de 03 de junho de 2005. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public>>. Acesso em 16/07/2007.

AMERINE, M.A.; PANGBORN, R.M.; ROESSLER, E.B. **Principles of sensory evaluation of food**. NewYork: Academic Press, 1965, 602 p.

ATTIA, E.A.; SHEHATA, H.A.; ASKAR, A. An Alternative Formula for the Sweetening of Reduced-Calorie Cakes. **Food Chemistry**. v. 48, nº 2, 1993, p. 169-172.

BARNDT, R. L.; JACKSON, G. Stability of Sucralose in Baked Goods. **Food Technology**. v. 44, nº 1, 1990, p. 62-66.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Como Fazer Experimentos**. Pesquisa e Desenvolvimento na Ciência e na Indústria. 2ª ed., Campinas – SP: Editora da Unicamp, 2003, 401 p.

BARTOSHUK, L.M.; RENERT, K.; RODIN, J.; STÉVENS, C. Effects of temperature on the perceived sweetness of sucrose. **Physiology & Behavior**. v.28, 1982, p. 905-102.

BATTOCHIO, J.R.; CARDOSO, J.M.P.; KIKUCHI, M.; MACCHIONE, M.; MODOLO, J.S.; PAIXÃO, A.L.; PINCHELLI, A.M.; SILVA, A.R.; SOUSA, V.C.; WADA, J.K.A.; WADA, J.K.A.; BOLINI, H.M.A. Perfil Sensorial de Pão de Forma Integral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 26, nº 2, 2006, p. 428 – 433.

BENNION, E.B.; BAMFORD, G.S.T. **The Technology of Cake Making**. Leonard Hill Books, 5ª ed., 1973, 424 p.

BIRCH, G.G.; LATYMER, Z.; HOLOWAY, M.O. Intensity/time Relationships in Sweetness Evidence for a Queue Hypothesis in Taste Chemoreception. **Chemical Senses**. v. 5, 1980, p. 63 – 79.

BOLINI-CARDELLO, H.M.A. **Caracterização Sensorial de Aspartame, Ciclamato / Sacarina 2:1 e Extrato de Folhas de Estévia (*Stévia rebaudiana* Bertoni): Equivalências em Doçura, Análise Descritiva Quantitativa e Análise Tempo-Intensidade**. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 1996.

BOLINI-CARDELLO, H.M.A.; DA SILVA, M.A.A.P.; DAMÁSIO, M.H. Análise tempo-intensidade dos estímulos doce e amargo de extrato de folhas de estévia [*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni] em doçura equivalente a sacarose em solução a 10%. Em: ALMEIDA, T.C.A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M.H.; SILVA, M.A.A.P. **Avanços em Análise Sensorial**. São Paulo: Livraria Varela, 1999, p. 199 – 212.

BOLINI-CARDELLO, H.M.A.; DA SILVA, M.A.A.P.; DAMÁSIO, M.H. Programa Sistema de Coleta de Dados Tempo-Intensidade – SCDTI. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 37, p. 54-60, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria no. 318 de 24 de novembro de 1995. Aprova o uso de Sucralose com a função de edulcorante em alimentos e bebidas dietéticas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, no. 227, 28 nov. 1995, p.194061.

CAMPBELL, L.A.; HOOD, L.L. Developing Reduced Calorie Bakery Products with Sucralose. **Cereal Foods World**. v. 35, nº 12, 1990, p. 1171-1182.

CARDOSO, J.M.P.; BATTOCHIO, J.R.; BOLINI-CARDELLO, H.M.A. Equivalência de dulçor e poder edulcorante de edulcorantes em função da temperatura de consumo em bebidas preparadas com chá-mate em pó solúvel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 24, nº 3, 2004, p. 448-452.

CARTER, J. F. Potential of Flaxseed and Flaxseed Oil in Baked Goods and Other Products in Human Nutrition. **Cereal Foods World**. v. 38, nº 10, 1993, p. 753-759.

CIVILLE, G.V.; SZCZESNIAK, A.S. Guidelines to Training a Texture Profile Panel. **Journal of Texture Studies**. V. 4, nº 2, 1973, p. 204 – 223.

CLIFF, M.; HEYMANN, H. Development and use of time-intensity methodology for sensory evaluation: a review. **Food Research International**. v.26, 1993, p.375-85.

COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental Designs**. John Wiley & Sons, Inc., 2ª ed., 1992, 611 p.

DA SILVA, M.A.A.P. Avaliação de Atributos Sensoriais por Técnicas Tempo-Intensidade. Em: ALMEIDA, T.C.A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M.H.; SILVA, M.A.A.P. **Avanços em Análise Sensorial**. São Paulo: Livraria Varela, 1999, p. 49 – 61.

DAMÁSIO, M.H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: Generación de descriptores y selección de catadores. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**. v. 31, nº 2, 1991, p. 165 – 78.

DUBOIS, G.E.; CROSBY, G.A.; STEPHENSON, R.A.; WINGARD, R.E. Dihydrochalcone sweeteners: synthesis and sensory evaluation of sulfonate derivative. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 25, 1977, p. 763 – 772.

EL-DASH, A.A.; DIAS, N.M.; CRUZ, R. **Trigo: Química e Controle de Qualidade**. Campinas – SP: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, 1979, 181 p.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). Food Additives Permitted for Direct Addition to Food for Human Consumption; Sucralose. 21CFR172.64. **US Food and Drug Administration**. Rockville, MD, 1998.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). Food Additives Permitted for Direct Addition to Food for Human Consumption; Sucralose. 21CFR172.63. **US Food and Drug Administration**. Rockville, MD, 1999.

GREEN, B.G.; FRANKMANN, S.P. The Effect of Cooling on the Perceived Intensity of Taste. **Chemical Senses**. v.12, nº 4, 1987, p. 609 – 619.

ICC – INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Approved Methods of International Association for Cereal Science and Technology**. ICC Standard Nº 162, 1996. Disponível em: <<http://www.icc.or.at>>. Acesso em 23/05/2007.

JIE, Z.; BANG-YAO, L.; MING-JIE, X.; HAI-WEI, L.; ZU-KANG, Z.; TING-SONG, W.; CRAIG, S.A. Studies on the Effects of Polydextrose Intake on Physiologic Functions in Chinese People. **The American Journal of Clinical Nutrition**. v. 72, nº 6, p. 1503 – 1509.

KELLING, S.T.; HALPERN, P.B. Taste Flashes: Reaction Times, Intensity, and Quality. **Science**. v. 219, 1983, p. 412 – 422.

KUMMEL, K.F.; BROKX, S. Lactitol as a Functional Prebiotic. **Cereal Foods World**. v. 46, nº 9, 2001, p. 424 – 429.

LARSON-POWERS, M.; PANGBORN, R.M. Paired Comparison and Time-Intensity Measurements of the Sensory Properties of Beverages and Gelatins containing Sucrose or Synthetic Sweeteners. **Journal of Food Science**. v. 43, 1978, p. 41 – 46.

LAWLESS, H.T.; TUORILA, H.; JOUPPILA, K.; VIRTANEN, P.; HORN, J. Effects of Guar Gum and Microcrystalline Cellulose on Sensory and Thermal Properties of a High Fat Model Food System. **Journal of Texture Studies**. v. 27, nº 5, 1996, p. 493 – 516.

LEE, W.E.; PANGBORN, R.M. Time-Intensity: The Temporal Aspects of Sensory Perception. **Food Technology**. v. 40, 1986, p. 771 – 821.

LEES, R. **Manual de Analisis de Alimentos**. Zaragoza: Ed. Acribia. 1969.

MACFIE, H.J.; BRATCHELL, N. Designs to Balance the Effect of Order of Presentation and First-Order Carry-Over Effects in Hall Tests. **Journal of Sensory Studies**. v. 4, 1989, p. 129 – 148.

MARANGONI, A.L. **Potencialidade de Aplicação de Farinha de Yacon (*Polymnia sonchifolia*) em Produtos à Base de Cereais**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2007.

MEAGHER, L.P.; BEECHER, G.R.; FLANAGAN, V.P.; LI, B.W. Isolation and Characterization of the Lignans, Isolariciresinol e Piroresinol, in Flaxseed Meal. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 47, 1999, p. 3173 – 3180.

MOSCATTO, J.A.; BORSATO, D.; BONA, E.; OLIVEIRA, A.S.; HAULY, M.C.O. The Optimization of the Formulation for a Chocolate Cake containing Inulin and Yacon Meal. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 41, 2006, p. 181 – 188.

MOSKOWITZ, H.R. **Product Testing and Sensory Evaluation of Foods**. Westport: Food & Nutrition Press. 1983, 605 p.

NEILSON, ANNE J. Time-Intensity Studies. **Drug and Cosmetic Industry**. v. 80, 1957, p. 452 – 453, 534.

NEVILLE, N.E.; SETSER, C.S. Textural Optimization of Reduced-Calorie Layer Cakes using Response Surface Methodology. **Cereal Foods World**. v. 31, nº 10, 1986, p. 744 – 749.

OLINGER, P.M.; VELASCO, V.S. Opportunities and Advantages of Sugar Replacement. **Cereal Foods World**. v. 41, nº 3, 1996, p. 110 – 117.

PAYNE, T.J. Promoting Better Health with Flaxseed in Bread. **Cereal Foods World**. v. 45, nº 3, 2000, p. 102 – 104.

PONG, L.; JOHNSON, J.M.; BARBEAU, W.E.; STEWART, D.L. Evaluation of Alternative Fat and Sweetener Systems in Cupcakes. **Cereal Chemistry**. v. 68, nº 5, 1991, p. 552 – 555.

PORTMANN, M.O.; SERGHAT, S.; MATHLOUTHI, M. Study of Some Factors Affecting Intensity/Time Characteristics of Sweetness. **Food Chemistry**. v. 44, 1992, p.83 – 92.

REYES-VEJA, M.L.; PERALTA-RODRÍGUEZ, R.D.; ANZALDÚA-MORALES, A.; FIGUEROA-CÁRDENAS, J.D.; MARTÍNEZ-BUSTOS, F. Relating Sensory Texture Attributes of Corn Tortillas to some Instrumental Measurements. **Journal of Texture Studies**. v. 29, nº 4, 1998, p. 361 – 373.

ROCHA, F.L.; MINIM, V.P.R.; DELLA LUCIA, F.; MINIM, L.A.; COIMBRA, J.S.R. Avaliação dos Milhos QPM nas Características Sensoriais de Bolo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23, nº 2, 2003, p. 129 – 134.

RODRIGUES, M.I.; IEMMA, A.F. **Planejamento Experimental e Otimização de Processos**. Uma Estratégia Seqüencial de Planejamentos. Campinas – SP: Casa do Pão Editora, 2005, 326 p.

RONDA, F.; GÓMEZ, M.; BLANCO, C.A.; CABALLERO, P.A. Effect of Polyols and Nondigestible Oligosaccharides on the Quality of Sugar-free Sponge Cakes. **Food Chemistry**. v. 90, nº 4, 2005, p. 549 – 555.

SAE-EAW, A.; CHOMPREEA, P.; PRINYAWIWATKUL, W.; HARUTHAITHANASAN, V.; SUWONSICHON, T.; SAIDU, J.E.; XU, Z. Acceptance and Purchase Intent of US Consumers for Nonwheat Rice Butter Cakes. **Journal of Food Science**. v. 72, nº 2, 2007, p. S92 – S97.

SAS Institute. **SAS Users Guide:** statistics. Cary, USA: SAS Institute, 2003.

STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. **Food Technology**. v.28, 1974, p. 324 – 341.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory Evaluation Practices**. New York: Academic Press, 1993, 338 p.

THOMSON, P. Low-Impact Carbohydrates in Bakery Applications. **Cereal Foods World**. v.49, nº 5, 2004, p. 270-273.

TUROLA, L.B. **Desenvolvimento de Bolo *Diet* Enriquecido com Fibras: Otimização do Produto através de Testes Sensoriais Afetivos**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2002.

WESTCOTT, N.D.; MUIR, A.D. Flax Seed Lignan in Disease Prevention and Health Promotion. **Phytochemistry Reviews**. v. 2, 2003, p. 401 – 417.

WIET, S.G.; BEYTS, P.K. Sensory Characteristics of Sucralose and other High Intensity Sweeteners. **Journal of Food Science**. v. 57, nº 4, 1992, p. 1014 – 1019.

YAMAMOTO, T.; KARO, T.; MATSUO, R.; ARAIE, N.; AZYMA, S.; KAWAMURA, Y. Gustatory Reaction Time under Variable Stimulus Parameters in Human Adults. **Physiology & Behavior**. v. 29, 1982, p. 79 – 86.

ZAMBRANO, F.; HIKAGE, A.; ORMENESE, R.C.C.; MONTENEGRO, F.M.; RAUEN-MIGUEL, A.M. Efeito das Gomas Guar e Xantana em Bolos como Substitutos de Gordura. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 8, nº 1, 2005, p. 63 – 71.