

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FLÁVIA VILAS BOAS WIECHETECK PIEKARSKI

**FOLHA DE ABÓBORA: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MINERAL E
EFEITO DA ADIÇÃO NA REOLOGIA DA MASSA E NA QUALIDADE SENSORIAL
DE PÃES CONTENDO FIBRA ALIMENTAR**

**CURITIBA
2009**

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

FLÁVIA VILAS BOAS WIECHETECK PIEKARSKI

**FOLHA DE ABÓBORA: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MINERAL E
EFEITO DA ADIÇÃO NA REOLOGIA DA MASSA E QUALIDADE SENSORIAL DE
PÃES CONTENDO FIBRA ALIMENTAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos

Orientadora: Prof.^ª Dr.^ª Nina Waszczynskij

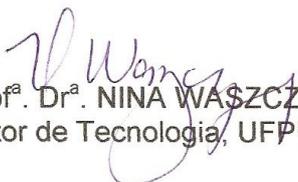
**CURITIBA
2009**

FLÁVIA VILAS BOAS WIECHETECK PIEKARSKI

**FOLHA DE ABÓBORA: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA,
MINERAL E EFEITO DA ADIÇÃO NA REOLOGIA DA MASSA E
NA QUALIDADE SENSORIAL DE PÃO CONTENDO FIBRA
ALIMENTAR**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Orientadora:


Prof.^a. Dr.^a. NINA WASZCZYNSKYJ
Setor de Tecnologia, UFPR


Prof.^a. Dr.^a. CLÁUDIA HELENA DEGASPARI
Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, UTP


Prof.^a. Dr.^a. LIANE MARIA VARGAS BARBOZA
Setor de Educação, UFPR

Curitiba, 27. de março de 2009

Ao meu amor, irmãos e pais.
Pelo amor, por quem sou e por tudo que alcancei.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me fazer persistir em meus sonhos.

Ao meu marido Átila, meu amor, que me deu força, apoio, carinho e ajuda, e que nunca deixou de acreditar em mim. Obrigada por tudo!

Aos meus pais, Gilberto e Cristina, pelo amor incondicional, por acreditarem em mim e torcerem pelo meu sucesso.

À Luciana e Bruno, por serem pessoas tão especiais.

Ao meu irmão Rafael, e aos meus cunhados, sogros e avós, por fazerem a minha vida mais feliz.

Às minhas amigas, que onde estiverem, são uma enorme motivação para mim.

A prof^a Nina Waszczynskyj, que me deu atenção, ajuda e conhecimentos necessários durante o desenvolvimento deste projeto.

Aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação, os quais contribuíram com conhecimentos, discussões e principalmente pela amizade. Espero levá-la para sempre.

À empresa Granotec do Brasil, que colaborou de forma muito espontânea, dando toda a abertura necessária para a realização das análises reológicas. Agradeço a todos que contribuíram nesta parceria.

Ao Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA), pela disponibilidade para realização de análises.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos pela oportunidade; e a Capes pela bolsa de estudos.

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste projeto.

“Quando os ventos de mudança sopram, umas pessoas levantam barreiras, outras constroem moinhos de vento”.

Érico Veríssimo

RESUMO

Esta pesquisa teve como primeiro objetivo determinar a composição físico-química e mineral da folha de abóbora em pó (*Curcubita moschata*). Utilizando-se de metodologias descritas na AOAC (2000), a folha de abóbora em pó (FAP) apresentou alto conteúdo de cinzas, proteínas e fibra alimentar (32,75g/100g). Em relação aos minerais, exibiu elevado teor de cálcio (3564,67mg/100g), seguido do potássio, magnésio e fósforo. Como segundo objetivo, foi realizado o estudo da aplicabilidade FAP na panificação, em conjunto com a farinha de semente de linhaça (FSL) e o farelo de trigo (FRT). De acordo com o delineamento de superfícies limitadas e mistura, foram estudadas três formulações (F1, F2 e F3) e um ponto central (F4) com duas repetições (F4₁ e F4₂). Combinações ternárias foram realizadas utilizando-se FAP, FSL e FRT, respectivamente, nas seguintes proporções: F1 (1,5/6,0/7,50), F2 (3,5/6,0/5,5), F3 (1,5/8,0/5,5), F4, F4₁ e F4₂ (2,1665/6,6665/6,1670). Controle (C) composto de FSL e FRT na proporção (7,5/7,5) foi utilizado para as análises reológicas das farinhas mistas e físicas dos pães. Foram avaliados os parâmetros de reologia (farinografia e alveografia), volume específico, cor da crosta, cor do miolo e testes sensoriais das formulações. As variáveis dependentes significativas foram analisadas por Superfície de Resposta para determinação dos pontos ótimos. Formulação otimizada foi gerada, sendo que sua composição físico-química e mineral foi determinada. A formulação F1 (1,5/6,0/7,50) exibiu os melhores resultados de mistura da massa, o qual foi confirmado pela análise sensorial do pão, uma vez que a F1 foi a preferida, além de apresentar as maiores notas na Análise Descritiva Quantitativa. Ainda, as análises reológicas e sensoriais mostraram que a FAP pode ser utilizado em pães com fibras em concentrações de até 2,2%, sendo que a concentração de 3,5% diminuiu a qualidade do produto final. As formulações com maiores concentrações de FRT receberam as maiores notas, ou seja, o FRT interferiu positivamente nas características finais dos pães. A formulação otimizada (FAP:2,04/ FSL:6,00/ FRT:6,96) mostrou aceitação de 84,78%, e pode ser classificada rica em fibras alimentares (6,26g/100g) e minerais, como ferro, fósforo, magnésio e zinco.

Palavras-chaves: Folha de abóbora em pó (*Curcubita moschata*), farinha mista, reologia, pães, análise sensorial.

ABSTRACT

The first objective of this research was to determine the physicochemical composition and mineral content of pumpkin leaf powder (*Curcubita moschata*). Using the methodology described in AOAC (2000), pumpkin leaf powder (PFA) presented high contents of ashes and showed to be rich in dietary fiber, besides presenting high amounts of calcium (3564,67mg/100g) followed by potassium, magnesium and phosphorus. The second objective of this research was to study PFA in bakery. Three formulations (F1, F2 e F3) and a central point (F4) with two repetitions (F4₁ e F4₂) were developed based on the design for constrained surfaces and mixtures. A ternary combination of FAP, flaxseed flour (FSL), and wheat bran (FRT) was studied in the following proportions, respectively: F1 (1,5/6,0/7,5), F2 (3,5/6,0/5,5), F3 (1,5/8,0/5,5), F4, F4₁ and F4₂ (2,1665/6,6665/6,1670). A control formulation containing 7,5% FSL and 7,5% FRT was used for the rheological and bread physical analyses. Dough rheological properties (farinographic and alveographic measurements), loaf volume, crust color, crumb color, and sensory evaluation were investigated. The significant dependent variables were analyzed by Response Surface for analysis of the optimal values. The optimized formulation was obtained and physicochemical and mineral contents analyzed. In the farinographic studies, formulation F1 (1,5/6,0/7,50) showed the best mixture characteristics and the results were confirmed by the preference tests and descriptive quantitative analysis of the bread. Furthermore, the rheological and sensory analyses showed that FAP can be applied in the development of high-fiber bread, at concentrations of up to 2,2%, where as concentrations of 3,5% decreased the bread quality. Larger notes were given to formulations with higher bran content, showing that wheat bran interfered positively in the bread attributes. The optimized formulation (FAP: 2.04 / FSL: 6.00 / FRT: 6.96) showed an overall acceptance of 84,78% and was classified as rich in dietary fiber (6.26g/100g), as well as in minerals, such as iron, phosphorus, magnesium and zinc.

Key-words:

Pumpkin leaf powder (*Curcubitam moschata*), flour blends, rheology, bread, sensory quality.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	DESENHO ESQUEMÁTICO DAS PRINCIPAIS ABÓBORAS DO GÊNERO <i>CUCURBITA</i>	3
FIGURA 2	EXEMPLO DE FARINOGRAMA DE FARINHA TRIGO.....	22
FIGURA 3	EXEMPLO DE ALVEOGRAMA DE FARINHA DE TRIGO.....	23
FIGURA 4	CÍRCULO DE CORES (SUPERIOR), MUDANÇA DA LUMINOSIDADE E SATURAÇÃO DAS CORES (INFERIOR).....	30
FIGURA 5	SÓLIDO TRIDIMENSIONAL REFERENTE AO SISTEMA DE COR: LUMINOSIDADE, SATURAÇÃO E COR.....	31
FIGURA 6	DIAGRAMA DE CROMATICIDADE a^*b^*	32
FIGURA 7	ESPAÇO COLORIMÉTRICO L^*C^*h PARA AS COORDENADAS ANGULARES.....	32
FIGURA 8	DIAGRAMA DA OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ.....	51
FIGURA 9	FOLHA DE ABÓBORA FRESCA, SECA E EM PÓ.....	56
FIGURA 10	DIAGRAMA DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	76
FIGURA 11	REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA COLORIMÉTRICO L^*a^*b E L^*C^*h	78
FIGURA 12	SUPERFÍCIE DE RESPOTA DO MODELO LINEAR REFERENTE AO TEMPO DE DESENVOLVIMENTO (TD) DAS FARINHAS MISTAS.....	99
FIGURA 13	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE AO ÍNDICE DE TOLERÂNCIA À MISTURA (ITM).....	101
FIGURA 14	FORMULAÇÕES DE PÃES DESENVOLVIDAS.....	106
FIGURA 15	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE A COR EXTERNA DO PÃO.....	109
FIGURA 16	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE AO SABOR.....	110
FIGURA 17	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE AO AROMA.....	110
FIGURA 18	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE A COR DO MIOLO.....	111

FIGURA 19	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À ACEITAÇÃO.....	112
FIGURA 20	TESTE DE ORDENAÇÃO PREFERÊNCIA-SABOR PARA AS TRÊS FORMULAÇÕES (F1, F2 E F3) E PONTO CENTRAL (F4) COM SUAS DUAS REPETIÇÕES (F4 ₁ E F4 ₂).....	114
FIGURA 21	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À COR DA CROSTA - a^*	119
FIGURA 22	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À COR DO MIOLO - L^*	120
FIGURA 23	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À COR DO MIOLO - a^*	121
FIGURA 24	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À COR DO MIOLO - C^*	122
FIGURA 25	SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À COR DO MIOLO - h	123
FIGURA 26	DIFERENÇA DE COR ENTRE O CONTROLE E AS FORMULAÇÕES PARA COR DA CROSTA E DO MIOLO.....	124
FIGURA 27	VISTA EXTERNA E INTERNA DOS PÃES RESPECTIVOS AS FORMULAÇÕES F1 E F ₀	127
FIGURA 28	ÍNDICE DE ACEITAÇÃO PARA AS FORMULAÇÕES F1 E F ₀ (OTIMIZADA).....	127
FIGURA 29	INTENÇÃO DE COMPRA PARA AS FORMULAÇÃO F1(1,50/ 6,00/ 7,50) E F ₀ (2,04/ 6,00/ 6,96)	128

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS PARTES CONSTITUINTES DA ABÓBORA.....	5
TABELA 2	EXEMPLOS DE PESQUISAS REALIZADAS COM FARINHAS MISTAS PROVENIENTES DE DIFERENTES FONTES	15
TABELA 3	COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA MÉDIA DA SEMENTE DE LINHAÇA.....	16
TABELA 4	COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS NA FRAÇÃO LIPÍDICA DA LINHAÇA.....	17
TABELA 5	TEOR DE LIGNINAS VEGETAIS EM ALGUNS ALIMENTOS.....	18
TABELA 6	COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO FARELO DE TRIGO.....	19
TABELA 7	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO ESPECTRÔMETRO DE ABSORÇÃO ATÔMICA E DO ESPECTROFOTÔMETRO UV-VIS PARA ANÁLISE DE MINERAIS DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ..	54
TABELA 8	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ.....	55
TABELA 9	DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE COR PARA A FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ.....	55
TABELA 10	DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ.....	56
TABELA 11	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ: DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE, ATIVIDADE DE ÁGUA, ACIDEZ E pH.....	57
TABELA 12	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ (FAP) E COMPARATIVO COM OUTRAS FOLHAS DE USO NÃO CONVENCIONAL.....	57
TABELA 13	CONTEÚDO MINERAL DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ E COMPARATIVO COM OUTRAS FOLHAS DE USO NÃO CONVENCIONAL.....	60
TABELA 14	PROPORÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS ORIGINAIS DE CADA COMPONENTE PARA VARIAÇÃO DENTRO DE 15%.....	79
TABELA 15	PROPORÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS TRANSFORMADAS DE CADA COMPONENTE PARA VARIAÇÃO DENTRO DE 1%.....	80

TABELA 16	DELINEAMENTO DE SUPERFÍCIES LIMITADAS E MISTURAS, PARA AS PROPORÇÕES TRANSFORMADAS (X_i)	80
TABELA 17	DELINEAMENTO PARA SUPERFÍCIES LIMITADAS E MISTURAS COM 3 TRATAMENTOS, E 1 PONTO CENTRAL COM 2 REPETIÇÕES.....	82
TABELA 18	FORMULAÇÃO BASE PARA A PRODUÇÃO DOS PÃES.....	84
TABELA 19	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO ESPECTRÔMETRO DE ABSORÇÃO ATÔMICA E DO ESPECTROFOTÔMETRO UV-VIS....	91
TABELA 20	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA FARINHA DE TRIGO.....	92
TABELA 21	CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DA FARINHA DE TRIGO.....	93
TABELA 22	DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE COR PARA AS FARINHAS.....	94
TABELA 23	DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ.....	95
TABELA 24	DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA FARINHA DE SEMENTE DE LINHAÇA E FARELO DE TRIGO.....	95
TABELA 25	MÉDIA DOS DADOS OBTIDOS PELA FARINOGRAFIA PARA AS SEIS FORMULAÇÕES DE FARINHA MISTAS E CONTROLE.....	96
TABELA 26	EQUAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS MODELOS LINEARES OBTIDOS PARA OS PARÂMETROS DE FARINOGRAFIA.....	97
TABELA 27	MÉDIA DOS DADOS OBTIDOS PELA ALVEOGRAFIA PARA AS SEIS FORMULAÇÕES DE FARINHA MISTA E CONTROLE.....	103
TABELA 28	MÉDIA DOS DADOS OBTIDOS NA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA PARA AS FORMULAÇÕES E PONTOS CENTRAIS.....	105
TABELA 29	EQUAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS MODELOS OBTIDOS PARA OS ATRIBUTOS SENSORIAIS SIGNIFICATIVOS.....	108
TABELA 30	ÍNDICE DE ACEITAÇÃO PARA AS TRÊS FORMULAÇÕES (F1, F2 E F3) E PONTO CENTRAL (F4) COM SUAS DUAS REPETIÇÕES (F41 E F42).....	112
TABELA 31	VOLUME ESPECÍFICO DAS FORMULAÇÕES E DO CONTROLE...	115
TABELA 32	ANÁLISE DE COR PARA AS TRÊS FORMULAÇÕES (F1, F2 E F3) E PONTO CENTRAL (F4) COM SUAS DUAS REPETIÇÕES (F41 E F42).....	117

TABELA 33	EQUAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS MODELOS OBTIDOS PARA OS PARÂMETROS SIGNIFICATIVOS DE COR DA CROSTA E DO MIOLO.....	118
TABELA 34	PARÂMETROS UTILIZADOS NA OTIMIZAÇÃO E FORMULAÇÃO OTIMIZADA.....	126
TABELA 35	PARÂMETROS DE COR PARA OS PÃES F1 E FO.....	129
TABELA 36	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO PÃO OTIMIZADO.....	130
TABELA 37	CONTEÚDO MINERAL DO PÃO OTIMIZADO, INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA DE MINERAIS PARA ADULTOS E CRIANÇAS E PORCENTAGEM DE ADEQUAÇÃO A IDR.....	132

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AACC	<i>American Association of Cereal Chemists</i>
ABITRIGO	Associação Brasileira da Indústria do Trigo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
ANOVA	Análise de variância
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IDR	Ingestão Diária Recomendada
DPC	Desvio padrão combinado (média ponderada do desvio padrão de cada grupo)
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
NEPA	Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
FAP	Folha de abóbora em pó
FSL	Farinha de semente de linhaça
FRT	Farelo de trigo
NMP	Método do número mais provável
UFC	Unidades formadoras de colônia
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
A%	Porcentagem de absorção da água
E	Estabilidade
ITM	Índice de tolerância à mistura
L	Extensibilidade
P	Tenacidade
P/L	Configuração média da curva
TD	Tempo de desenvolvimento da massa
UB	Unidade Brabender
W	Energia de deformação da massa
J	Joule
NA	Não aplicável
p	Probabilidade
R ²	Coefficiente de determinação
R ² _{aj}	Coefficientes de determinação ajustados
Tr	Traços

SUMÁRIO

CAPÍTULO I- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	1
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
1.1 FOLHA DE ABÓBORA (<i>CUCURBITA MOSCHATA</i>)	2
1.2 PÃO.....	6
1.2.1 Farinha de trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	7
1.2.2 Água	8
1.2.3 Sal	9
1.2.4 Fermento	10
1.2.5 Açúcar	11
1.2.6 Gordura	11
1.2.7 Aditivos.....	12
1.2.8 Fibra alimentar.....	13
1.3 FARINHA MISTA.....	14
1.3.1 Linhaça (<i>Linum usitatissimum L.</i>)	16
1.3.2 Farelo de trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	18
1.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS FARINHAS	20
1.4.1 Glúten.....	20
1.4.2 Falling Number	20
1.4.3 Farinografia	21
1.4.4 Alveógrafo	22
1.5 PROCESSAMENTO DE PÃO	24
1.5.1 Mistura da massa	24
1.5.2 Fermentação	25
1.5.3 Sova e moldagem.....	25
1.5.4 Cozimento	26
1.5.5 Resfriamento	26
1.6 ANÁLISE SENSORIAL.....	27
1.6.1 Teste de ordenação.....	27
1.6.2 Teste de análise descritiva quantitativa (ADQ).....	27
1.6.3 Testes subjetivos.....	28
1.7 ANÁLISE COLORIMÉTRICA.....	29
1.8 IMPORTÂNCIA DOS MINERAIS.....	32
1.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	34
REFERÊNCIAS.....	36

CAPÍTULO II- FOLHA DE ABÓBORA (<i>CURCUBITA MOSCHATA</i>): CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA, FÍSICO-QUÍMICA E CONTEÚDO MINERAL.....	46
RESUMO.....	47
ABSTRACT.....	48
2 INTRODUÇÃO	49
3 OBJETIVOS	50
3.1 OBJETIVO GERAL.....	50
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	50
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	50
4.1 MATERIAL	50
4.2 MÉTODOS	50
4.2.1 Processamento da folha de abóbora.....	51
4.2.2 Análise microbiológica.....	52
4.2.3 Análises físicas.....	52
4.2.3.1 Cor.....	52
4.2.3.2 Granulometria	53
4.2.4 Análise de composição físico-química.....	53
4.2.5 Análise do conteúdo mineral	54
5 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	55
5.1 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	55
5.2 ANÁLISES FÍSICAS	55
5.2.1 Cor.....	55
5.2.2 Granulometria.....	56
5.3 ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	56
5.4 ANÁLISE DO CONTEÚDO MINERAL	59
6 CONCLUSÃO.....	64

CAPÍTULO III- EFEITO DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ, SEMENTE DE LINHAÇA E FARELO DE TRIGO NA REOLOGIA DA MASSA E QUALIDADE SENSORIAL DO PÃO	69
RESUMO.....	70
ABSTRACT.....	71
7 INTRODUÇÃO	72
8 OBJETIVOS	74
8.1 OBJETIVO GERAL.....	74
8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	74
9 MATERIAL E MÉTODOS.....	75
9.1 MATERIAL	75
9.2 MÉTODOS	75
9.2.1 Caracterização das farinhas	77
9.2.1.1 Análises físico-químicas da farinha de trigo.....	77
9.2.1.2 Análises físicas da folha de abóbora em pó, farinha de semente de linhaça e farelo de trigo.....	77
9.2.1.2.1 Análise de cor.....	77
9.2.1.2.2 Análise de granulometria.....	79
9.2.2 Delineamento experimental.....	79
9.2.3 Análises reológicas das farinhas mistas.....	82
9.2.3.1 Farinografia.....	83
9.2.3.2 Alveografia.....	83
9.2.4 Método de preparo dos pães.....	83
9.2.5 Análise microbiológica dos pães	85
9.2.6 Análise Sensorial.....	85
9.2.6.1 Índice de aceitação	85
9.2.6.2 Teste de ordenação de preferência	86
9.2.6.3 Análise descritiva quantitativa.....	86
9.2.7 Análises físicas dos pães	87
9.2.7.1 Volume específico.....	87
9.2.7.2 Cor	87
9.2.8 Superfície de resposta.....	88
9.2.9 Otimização da formulação de pão	88
9.2.9.1 Análise microbiológica	89
9.2.9.2 Análise sensorial.....	89
9.2.9.3 Análise de cor	90
9.2.9.4 Composição físico-química da formulação otimizada.....	90
9.2.9.5 Conteúdo mineral da formulação otimizada.....	90
9.2.10 Análises estatísticas	91
10 RESULTADOS E DISCUSSÃO	92
10.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS	92
10.1.1 Análises físico-químicas da farinha de trigo	92

10.1.2	Análise reológica da farinha de trigo	93
10.1.3	Análises físicas da folha de abóbora em pó, farinha de semente de linhaça farelo de trigo.....	94
10.1.3.1	Análise de cor	94
10.1.3.2	Análise de granulometria	94
10.2	ANÁLISES REOLÓGICAS DAS FARINHAS MISTAS	96
10.2.1	Farinografia	96
10.2.2	Alveografia.....	102
10.3	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DOS PÃES	104
10.4	ANÁLISE SENSORIAL.....	104
10.4.1	Análise descritiva quantitativa	104
10.4.2	Índice de aceitação.....	111
10.4.3	Teste de ordenação.....	113
10.5	ANÁLISE FÍSICAS DOS PÃES.....	115
10.5.1	Volume específico	115
10.5.2	Análise de cor.....	116
10.6	OTIMIZAÇÃO DA FORMULAÇÃO DE PÃO	125
10.6.1	Análise microbiológica.....	126
10.6.2	Análises sensorial.....	126
10.6.2.1	Índice de aceitação	127
10.6.2.2	Intenção de compra	128
10.6.3	Análise de cor.....	128
10.6.4	Caracterização físico-química da formulação otimizada.....	129
10.6.5	Conteúdo mineral da formulação otimizada	131
11	CONCLUSÃO	135
12	CONCLUSÃO GERAL.....	137
13	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	138
	REFERÊNCIAS.....	139
	APÊNDICES.....	145

Flávia Vilas Boas Wiecheteck Piekarski

CAPÍTULO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 FOLHA DE ABÓBORA (*Cucurbita moschata*)

A família da Cucurbitaceae é uma família botânica com vários representantes de importância como as hortaliças. Dentre as hortaliças pertencentes a esta família destacam-se o melão (*Cucumis melo* L.), a melancia (*Citrillus lanatus*), as abóboras (*Cucurbita máxima*, *C. moschata*, *C. pepo* L. e diversos híbridos interespecíficos) e o pepino (*Cucumis sativus* L.) (FILGUEIRA, 2007).

As abóboras (*C. moschata*), morangas (*C. maxima*) e abobrinhas (*C. pepo*), espécies do gênero *Cucurbita*, são nativas das Américas e faziam parte da alimentação da civilização Olmeca, depois incorporadas pelas civilizações Asteca, Inca e Maia. Registros arqueológicos associam essas espécies ao homem há cerca de 10.000 anos. A diversidade genética de *Cucurbita* existente nas Américas é ampla e os vegetais são encontrados em variadas cores, texturas, formas, tamanhos e sabores. A diversidade dessas espécies no Brasil é representada pelas inúmeras variedades tradicionais cultivadas pelos indígenas, quilombolas e agricultores de base familiar. Tais fatos reforçam a importância dos recursos genéticos do gênero *Cucurbita* para a agricultura e para a segurança alimentar (FERREIRA, 2007).

A abóbora e as morangas são plantas que produzem ramos rasteiras e podem chegar a 6 metros de comprimento. Essas plantas formam estruturas para fixação nos suportes que são as gavinhas, sendo que as ramos em contato com o solo emitem raízes que auxiliam na sua fixação. As folhas são grandes e de cor verde-escura com manchas prateadas nas abóboras e sem essas manchas em morangas, sendo que a abóbora produz flores masculinas e femininas separadas na mesma planta. As condições climáticas para bom desenvolvimento vegetativo e frutificação são temperatura amena a quente e boa disponibilidade de água durante todo o ciclo (KUROZAWA, 2004). A FIGURA 1 apresenta um desenho esquemático dos principais vegetais do gênero *Cucurbita* e suas respectivas folhas.

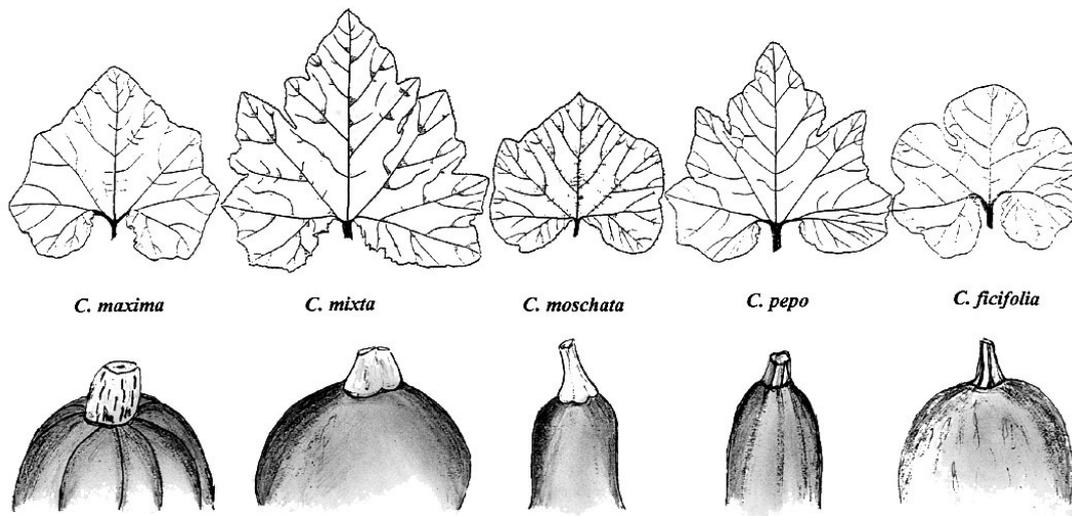


FIGURA 1- DESENHO ESQUEMÁTICO DAS PRINCIPAIS ABÓBORAS DO GÊNERO *CUCURBITA*

O Brasil é um grande produtor e consumidor de abóboras, tanto de verdes como de maduras. A produtividade de abóbora é de 10 a 13 toneladas por hectare, quando se colhe frutos verdes; de 12 a 20 toneladas/hectare de frutos maduros; e de 8 a 15 toneladas/hectare de frutos dos híbridos. As abóboras e morangas são cultivadas em todas as regiões brasileiras, enquanto que os híbridos interespecíficos e a abobrinha-italiana são produzidos mais na região Sudeste do Brasil (KUROZAWA, 2004).

Os frutos e semente da abóbora possuem um valor comercial já conhecido, onde são vendidos em forma de doces e petisco em mercados e feiras. Já as folhas têm despertado grande interesse de pesquisadores na caracterização de seus compostos nutricionais e antinutricionais, para averiguação de seu possível consumo como alimento, e também como ingrediente. Muitas das folhas já são utilizadas por famílias da área rural que possuem as plantações (EL-SOUKKARY, 2001; GUPTA *et al.*, 2005; NEPA, 2006).

A folha é o órgão da planta onde ocorre a fotossíntese com maior intensidade. Para isso, é dotada de um pigmento verde, a clorofila, com capacidade de fixar energia luminosa a qual é utilizada na síntese de material orgânico, a partir de substâncias inorgânicas simples, como a água e o gás carbônico. Os sistemas de nervuras das folhas se formam a partir de vasos que tem a funcionalidade de transportar a água absorvida do solo (FERRI, 1983).

Muitos dos estudos com as folhas verdes de vegetais, chamadas internacionalmente de *Green Leaf Vegetables* (GLV), foram realizados na Nigéria (BARMINAS; CHARLES; EMMANUEL, 1998), Índia (GUPTA *et al.*, 2005), Camarões (EJOH *et al.*, 2007), entre outros, onde os centros de pesquisa procuram buscar soluções para manter o equilíbrio entre o crescimento populacional e a produtividade da agricultura. Segundo Gupta *et al.* (2005), essa preocupação prevalece em áreas tropicais e subtropicais do mundo.

No Brasil, a folha de uso não convencional muito estudada é a da mandioca, e tem sido referenciada em trabalhos científicos como em Melo *et al.* (2008), Teo (2007), Modesti *et al.* (2007), Barbosa *et al.* (2006), Camargo Penteado *et al.* (2003), Sant'Ana *et al.* (2000). Outras folhas também têm sido mencionadas como, por exemplo, a da cenoura (PEREIRA *et al.*, 2003), do abacaxizeiro (SANTOS *et al.*, 2001) e da taioba (PINTO; VILAS BOAS; CARVALHO, 1999; PINTO *et al.*, 2001).

De acordo com Gupta *et al.* (2005), as folhas verdes são consideradas fonte de vitaminas e minerais como: β -caroteno, ácido ascórbico, riboflavina, ácido fólico, ferro, cálcio e fósforo. Ainda possuem alto conteúdo de fibra alimentar, podendo servir como uma fonte natural deste componente. As folhas verdes são conhecidas por sua cor característica, sabor e valor terapêutico.

Folhas de abóbora moranga, da espécie *Cucurbita maxima*, foram estudadas por Gupta *et al.* (2005) quanto à composição físico-química e conteúdo de minerais. A TABELA 1 apresenta a composição dos principais constituintes da planta de abóbora. Neste comparativo pode ser verificado que a semente possui maior valor calórico, sendo que a folha possui maior teor de proteínas e fibras alimentares. Ainda, a folha apresenta maior conteúdo de cálcio e ferro, sendo que o fruto contém maior teor de potássio e a semente, de fósforo.

TABELA 1- COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS PARTES CONSTITUINTES DA ABÓBORA

ANÁLISES	ABÓBORA (<i>Cucurbita moschata</i>)	SEMENTE (<i>Cucurbita moschata</i>)	FOLHA (<i>Cucurbita maxima</i>)
Valor calórico (kcal)	325,58	406,91	336,57
Proteína (g/100g)	13,95	19,18 ⁽²⁾	27,33
Lipídios (g/100g)	Tr	3,03 ⁽²⁾	3,53
Carboidrato total (g/100g)	76,74	75,73 ⁽²⁾	48,87
Fibra alimentar (g/100g)	27,91	21,66 ⁽³⁾	38,93
Cinzas (g/100g)	10,47	2,06 ⁽²⁾	20,27
Cálcio (mg/100g)	209,30	130,00 ⁽¹⁾	2013,33
Magnésio (mg/100g)	209,30	483,00 ⁽¹⁾	1000,00
Manganês (mg/100g)	2,56	8,90 ⁽¹⁾	-
Fósforo (mg/100g)	604,65	1090,00 ⁽¹⁾	226,67
Ferro (mg/100g)	9,30	10,90 ⁽¹⁾	29,20
Sódio (mg/100g)	Tr	38,00 ⁽¹⁾	80,00
Potássio (mg/100g)	8162,79	982,00 ⁽¹⁾	2453,33
Cobre (mg/100g)	1,40	1,70 ⁽¹⁾	1,27
Zinco (mg/100g)	6,98	8,20 ⁽¹⁾	4,13
FONTE	NEPA (2006)	El-Adawy e Taha (2001) ⁽¹⁾ El-soukkary (2001) ⁽²⁾ Sant'anna (2005) ⁽³⁾	Gupta <i>et al.</i> (2005)

NOTA: Todos os dados estão apresentados em base seca; Tr- traços

No desenvolvimento de produtos a partir de abóbora, Ptitchkina *et al.* (1998) avaliaram a incorporação de polpa de abóbora desidratada em formulações de pães, sendo que El-Soukkary (2001), estudou o efeito da utilização de semente de abóbora crua, tostada, germinada e fermentada, assim como do seu isolado protéico, no desenvolvimento de pães. Já Santangelo (2006) avaliou a utilização de farinha de semente de abóbora no desenvolvimento de panetones. No entanto, estudos das folhas de abóbora no desenvolvimento de produtos não foram encontrados. Por outro lado, algumas referências relacionam a utilização de folhas verdes na incorporação de alimento, como em massa de macarrão (BORNEO; AGUIRRE, 2008), pães e bolos (TEO, 2007), pão indiano (chapati), batata temperada e arroz cozido (SHANTHALA; PRAKASH, 2005), e sucos (ALMEIDA; SANTANA; SOUZA, 2003).

No entanto, a exploração das folhas de vegetais como fonte de nutrientes pode apresentar o problema dos fatores antinutricionais e/ou tóxicos que interferem na biodisponibilidade e digestibilidade de alguns nutrientes. Segundo Fenwick e Oakenfull (1983) folhas de vegetais, como amarantus, espinafre, taioba, além de outras, acumulam altas concentrações de nitrato, oxalatos e saponinas. Ainda,

constituem exemplos, os inibidores de proteases, fitatos e taninos que atuam como agentes complexantes naturais (LIENER, 1980).

Segundo Gupta *et al.* (2005), os quais estudaram treze tipos de folhas de uso não convencional, a folha de abóbora (*Cucurbita maxima*, Duch.) possui teores de oxalato total, oxalato solúvel e taninos, similares ao das demais folhas analisadas, sendo que o conteúdo de ácido fítico foi menor do que o reportado por outros autores (GUPTA *et al.*, 1989; ALETOR; ADEOGUN, 1995; RAGHUVANSHI *et al.*, 2001). Ainda, estudos mostram que tratamentos térmicos, como cozimento e secagem, contribuem para a redução dos componentes antinutricionais presentes nos alimentos (DEL-VECHIO *et al.* 2005; SANTOS, 2006; HELBIG; BUCHWEITZ; GIGANTE, 2008).

1.2 PÃO

A história do pão confunde-se com a da humanidade. O início da produção de pão de massa fermentada consta ter sido 20 ou 30 séculos antes de Cristo, e tem sido atribuído aos egípcios. Na Roma antiga, no ano 100 a.C., havia quase trezentos padeiros. No Oriente, o alimento assumiu formas diversas com o *pitta* e o *chapati*. Na Idade Média o pão era sinônimo de *status*, e só os nobres tinham acesso à farinha de melhor qualidade. No Brasil os portugueses trouxeram o hábito de comer pães, substituindo a farinha de trigo por farinhas locais (CANELLA-RAWLS, 2005). Com o passar do tempo, aperfeiçoou-se a técnica de fabricação, controlando-se melhor a fermentação (ABITRIGO, 2005).

Segundo a Resolução RDC nº 263 da ANVISA (BRASIL, 2005a) o pão “é o produto obtido da farinha de trigo e/ou outras farinhas, adicionado de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem o produto, e pode apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos”.

O Brasil tem um consumo de 33kg per capita de pães/ano, incluindo pães feitos a base de outros cereais, como aveia, milho, cevada, sendo que 86% dos pães consumidos correspondem aos pães artesanais (dos quais 58% corresponde ao pão francês), e 14% representam os pães industrializados (PROPAN, 2008).

Segundo o Programa de Apoio a Panificação - PROPAN (2008), a panificação está entre os seis maiores segmentos industriais do país, sendo que sua participação na indústria de produtos alimentares é de 36,2%, e na indústria de transformação representa 7% do total. Em 2007 as vendas de panificados cresceram 13,25% em média, proporcionando um faturamento anual em torno de R\$ 39,61 bilhões.

Os componentes essenciais das massas de pão são a farinha, água, sal e fermento, aos quais ainda podem ser adicionados outros ingredientes como: gordura, açúcar, ovos, leite, aditivos, entre outros (CANELLA-RAWLS, 2005).

Estes ingredientes vão apresentar maior ou menor grau de importância em função do tipo de pão que se deseja fabricar. De maneira geral, os ingredientes complementares melhoram aspectos de maciez e textura dos produtos, aumentam a vida-de-prateleira, alteram o sabor e o valor nutricional (PAVANELLI, 2000).

1.2.1 Farinha de trigo (*Triticum aestivum*)

Os produtos obtidos a partir dos cereais ocupam um lugar destacado como alimento básico do homem, sendo que o trigo é um dos mais importantes grãos para a humanidade. Os principais produtores mundiais são: China, Estados Unidos, Índia, Canadá e Rússia. Entre os maiores produtores destacam-se os Estados Unidos e o Canadá como grandes exportadores. Entre os importadores destacam-se a China, Índia, Rússia, Japão e Brasil (ABITRIGO, 2005).

O trigo é uma gramínea, um cereal fasciculado, de fruto oval pertencente à família Gramínea e do gênero *Triticum*, possuindo diversas espécies. O tipo de maior interesse comercial é o *Triticum aestivum* L. (trigo comum) utilizado na panificação para produção de bolos, biscoitos, massas e produtos de confeitaria. O tipo *Triticum durum* é destinado principalmente ao preparo de massas alimentícias (ABITRIGO, 2005).

O Grão de trigo é composto de quatro partes principais (GRANOTEC, 2008):

- Pericarpo (6-8%): é a casca, camada firme e forte, rica em polissacarídeos não amiláceos (fibras) e minerais (cinzas);
- Aleurona (7-9%): rica em proteínas, lipídeos, vitaminas, enzimas e polissacarídeos não amiláceos, é a fronteira entre endosperma e a casca;

- Gérmen (2-3%): rica em proteínas, lipídeos, vitaminas e enzimas, sendo o “embrião” da nova planta;
- Endosperma (80-85 %): rico em amido e proteínas, contém a energia e proteína para o desenvolvimento da planta.

Pelo processo de moagem os componentes do grão são separados, sendo que o principal produto derivado de trigo é a farinha, seguida do farelo (pericarpo e camadas superficiais de aleurona) e do gérmen. A farinha de trigo é composta principalmente do endosperma, sendo que, dependendo do seu grau de extração poderá ser constituída de maior ou menor quantidade dos outros componentes do grão (BENNION, 1970).

Os principais constituintes da farinha de trigo com 72% de extração, são: umidade (15%), amido (69%), proteínas do glúten (11%), proteínas solúveis (1%), gorduras (1%), açúcares (2,5%) e cinzas (0,5%) (BENNION, 1970).

As proteínas formadoras de glúten são a gliadina e a glutenina, que ao combinar-se com a água e mediante batidura da massa, formam estrutura elástica, responsável pelas propriedades reológicas da massa. As gliadinas são proteínas de cadeia simples, responsáveis pela consistência e viscosidade da massa e apresentam a extensibilidade. As gluteninas, por sua vez, apresentam cadeias ramificadas, sendo as responsáveis pela elasticidade da massa (EL-DASH; CAMPOS; GERMANI, 1994).

O teor e a qualidade das proteínas formadoras de glúten da farinha de trigo são os principais fatores responsáveis pelo seu potencial de panificação. No entanto, o amido, lipídeos e componentes solúveis em água da farinha também são necessários para a produção de pão com características adequadas. O amido auxilia na manutenção da estrutura do pão no cozimento, ajudando na retenção dos gases produzidos durante a fermentação. Os lipídeos participam das interações entre o amido e proteínas, e das proteínas gliadina e gluteninas entre si (BENNION, 1970).

1.2.2 Água

A água empregada na produção de produtos panificados deve ser potável (QUAGLIA,1991) sendo que as propriedades da massa são interferidas pelas

impurezas da água. A água ideal deve conter uma dureza média, pH neutro ou ligeiramente ácido. Caso a água seja mole a massa resultante será pegajosa, e pode afetar a fermentação e a ação das enzimas da farinha (QUAGLIA,1991; CANELLA-RAWLS, 2005).

A água é um ingrediente diluente que interfere diretamente nas características do produto final. A água deve ser potável ou mineral com dureza média, pH neutro ou ligeiramente ácido (QUAGLIA,1991; CANELLA-RAWLS, 2005). A água tem importância na formação da massa, onde controla a consistência e dissolve os ingredientes. Também hidrata as proteínas da farinha de trigo tornando possível a formação da rede de glúten e ao mesmo tempo fornece o meio propício ao desenvolvimento da atividade enzimática e à fermentação do pão. Ainda, a água permite que durante o processo de cozimento do pão ocorra o fenômeno de gelatinização do amido além de controlar a maciez e palatabilidade do produto (BENNION, 1970).

A quantidade de água absorvida pela farinha vai depender de diversos fatores como: a granulometria, o conteúdo protéico e a umidade da farinha; o grau higrométrico do ambiente e o grau de consistência que se quer dar a massa (QUAGLIA,1991). Farinhas mistas também absorvem mais água uma vez que possuem maior teor de fibras alimentares (CANELLA-RAWLS, 2005).

1.2.3 Sal

Segundo a ANVISA (BRASIL, 2000) sal é o composto denominado por cloreto de sódio, o qual é extraído de fontes naturais na forma de cristais, adicionado obrigatoriamente de iodo, sendo que somente será considerado próprio para consumo humano o sal que contiver teor igual ou superior a 20 (vinte) miligramas até o limite máximo de 60 (sessenta) miligramas de iodo por quilograma de produto.

O sal exerce várias funções sobre a massa do pão: contribui para o aroma e sabor do pão; aumenta a força do glúten, e conseqüentemente a resistência à extensão da massa (PAVANELLI, 2000); afeta as características de conservação do pão, devido às suas propriedades higroscópicas (CANELLA-RAWLS, 2005) e controla a ação do fermento, pois é bacteriostático (EL-DASH; CAMPOS; GERMANI,

1994). A porcentagem mais indicada de sal em uma massa é de 1,5% a 2,0% no máximo (QUAGLIA, 1991).

1.2.4 Fermento

Segunda a ANVISA (BRASIL, 1977) “fermento biológico” ou “levedura ativa” é o produto obtido de culturas puras de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) por procedimento tecnológico e empregado para dar sabor próprio e aumentar o volume e a porosidade dos produtos forneados. É classificado em:

- a) Fermento Fresco, também denominado "Fermento Prensado", "Fermento Verde" e "Levedura Prensada", contendo um de máximo de 75% de umidade.
- b) Fermento Seco, "Fermento Desidratado" e "Levedura Seca", que deve conter no máximo 12% de umidade.

O fermento fresco é uma massa composta de células de levedura e amido, sendo este o tipo mais utilizado pelos panificadores. De coloração acinzentada e alto conteúdo de água, devendo ser armazenado sob refrigeração, tem durabilidade entre dez a quinze dias se mantido a 15°C ou até trinta dias a 0°C (CANELLA-RAWLS, 2005).

O fermento seco é obtido pelo processo de secagem ou desidratação do fermento biológico fresco. Este tipo de fermento permanece inativo até que seja dissolvido em um líquido, ou seja, reidratado, numa temperatura de 41 a 46°C antes de ser adicionado à massa (CANELLA-RAWLS, 2005).

O fermento tem função de converter os açúcares fermentescíveis, presentes na massa em CO₂ e etanol. O gás carbônico tem a propriedade de conferir ao pão a estrutura responsável pela leveza e volume. Já o álcool contribui para a expansão da massa durante o assamento, e é responsável por grande parte do aroma do pão (CANELLA-RAWLS, 2005). O fermento também exerce influência sobre as propriedades reológicas da massa, tornando-a mais elástica e macia (PAVANELLI, 2000). Ainda, produz um conjunto de compostos químicos responsáveis pelo sabor característico do pão (QUAGLIA, 1991).

1.2.5 Açúcar

Açúcar é a sacarose obtida a partir do caldo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ou de beterraba (*Beta alba* L.). São considerados açúcares os monossacarídeos e demais dissacarídeos, podendo se apresentar em diversas granulometrias e formas (BRASIL, 2005b)

Os açúcares mais utilizados no processo de fermentação podem ser a sacarose, glicose e frutose, pré-existentes na farinha, normalmente entre 1 a 2%. Estes açúcares são resultantes da degradação do amido pelas enzimas amilases, e adição de açúcares à formulação (CANELLA-RAWLS, 2005).

O açúcar é transformado em gás carbônico e álcool na fermentação, conferindo volume ao pão. Outras funções são proporcionar a cor dourada característica da crosta e contribuir para o desenvolvimento do sabor e aroma do pão (EL-DASH, CAMPOS e GERMANI, 1994). Ainda possui efeito sobre a propriedade de absorção e tempo de desenvolvimento da massa (QUAGLIA, 1991). Segundo EL-DASH, CAMPOS e GERMANI (1994), as características como textura, aspecto do miolo e o volume do pão feito com farinha mista podem ser favorecidos pelo aumento nas porcentagens de açúcar.

1.2.6 Gordura

Os triglicerídeos, conhecidos como gorduras, vêm sendo utilizados a séculos na culinária e podem estar na forma sólida, como margarina, manteiga, gordura hidrogenada; ou na forma líquida como os óleos (CANELLA-RAWLS, 2005). Apresentam característica essencial de ter pouca solubilidade em água, e grande interação com solventes orgânicos, como benzeno, clorofórmio, éter, hexano, entre outros (CASTRO *et al.*, 2003).

A gordura tem a função de lubrificar o glúten, o que contribui para melhorar as propriedades de expansão da massa, e gerar pães com volumes maiores. Contribui para um miolo de textura mais suave e sedosa, além de retardar o envelhecimento do pão por formar complexo com o amido diminuindo a sua taxa de retrogradação. Ainda auxilia na retenção dos gases da massa, e produz uma crosta mais fina e macia (EL-DASH; CAMPOS; GERMANI, 1994).

1.2.7 Aditivos

Segundo a Portaria nº 540 da ANVISA (BRASIL, 1997), aditivo é definido como qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. Ao agregar-se, poderá resultar em que o próprio aditivo ou seus derivados se convertam em um componente de tal alimento. Esta definição não inclui os contaminantes ou substâncias nutritivas que sejam incorporadas ao alimento para manter ou melhorar suas propriedades nutricionais.

Os aditivos atuam corrigindo ou neutralizando deficiências da farinha de trigo, o que facilita a padronização da qualidade dos produtos finais. Também podem alterar o comportamento reológico das massas, melhorando características de extensibilidade e elasticidade das massas. Outra função importante é o prolongamento da vida-de-prateleira, o que reduz as perdas do fabricante por retorno de produto. Ainda proporcionam maior segurança contra falhas no processo, como por exemplo, períodos prolongados de amassamento mecânico ou fermentações mais longas (PAVANELLI, 2000).

Entre os aditivos mais importantes para uso em panificação estão os emulsificantes e os melhoradores ou reforçadores de farinha (PAVANELLI, 2000). A função dos emulsificantes está relacionada à interação com o amido presente na farinha de trigo, o que influencia na vida de prateleira do produto final. Ainda, as interações com as proteínas formadoras do glúten são responsáveis por significativas melhoras na qualidade das massas, como maior tolerância à mistura e à fermentação, e maior volume do produto final (PALMA; CICHELO; PAVANELLI, 2004).

A categoria de melhoradores de farinha engloba aditivos que atuam como agentes oxidantes, agentes branqueadores de farinha e também algumas enzimas. Os agentes oxidantes atuam diretamente sobre a estrutura das proteínas do glúten, reforçando a rede de glúten através da formação de ligações dissulfídicas. Estas ligações afetam a reologia da massa, aumentando a resistência à extensão, diminuindo a extensibilidade, e melhorando a retenção de gases, o que contribui para um maior volume dos pães. Já as enzimas mais comumente utilizadas em

panificação são as amilases, as hemicelulases, as amiloglicosidases e as lipoxidases que exercem funções específicas contribuindo para melhorar tanto a massa como os produtos finais (PAVANELLI, 2000).

1.2.8 Fibra alimentar

A Fibra alimentar é uma substância indisponível como fonte de energia, pois não é passível de hidrólise pelas enzimas do intestino humano e que pode ser fermentada por algumas bactérias. A maior parte das substâncias classificadas como fibras são os polissacarídeos não amiláceos (PIMENTEL *et al.*, 2006).

Os polissacarídeos podem ser os componentes da parede celular da planta (celulose, hemicelulose, pectina e lignina), e os polissacarídeos intracelulares, denominados de gomas e mucilagens. Portanto, fibra alimentar representa os carboidratos não digestíveis, ou não disponíveis ao organismo, incluída a lignina (SPILLER, 1993).

Os constituintes da fibra alimentar podem ser classificados em insolúveis (celulose, ligninas e algumas hemiceluloses) e solúveis (pectinas, gomas e mucilagens). Esta classificação está relacionada com as propriedades físico-químicas e efeitos nutricionais das fibras alimentares (THEBAUDIN, 1997).

As fibras solúveis tendem a formar géis em contato com água, formando uma camada viscosa de proteção à mucosa do estômago e intestino delgado, o que dificulta a absorção de açúcares e de gorduras. Este é o mecanismo pelo qual contribuem com a redução dos níveis lipídicos sanguíneos e teciduais, assim como da glicemia. Ainda, uma característica fundamental da fibra solúvel é a sua capacidade para ser metabolizada por bactérias, com a conseguinte produção de flatulência (RODRÍGUEZ; MEGÍAS; BAENA, 2006).

Já as fibras insolúveis permanecem intactas através de todo o trato gastrointestinal. Como propriedade funcional da fibra insolúvel estão: o incremento do bolo fecal e o estímulo da motilidade intestinal; a maior necessidade de mastigação; o aumento da excreção de ácidos biliares e propriedades antioxidantes e hipocolesterolêmicas (RODRÍGUEZ; MEGÍAS; BAENA, 2006).

Segundo Giuntini, Lajolo e Menezes (2003), existem vários alimentos consumidos como acelga, agrião, beterraba, batata doce, brócolis, mandioca,

couve-flor, com teores significativos de fibra alimentar, em torno de 3%. As leguminosas, os cereais e seus derivados possuem teores de fibra alimentar geralmente acima de 4,50%, sendo que muitos cereais matinais apresentam valores consideráveis de 3,11 a 4,90%.

O Departamento de Saúde e Serviços Humanos (United States Department of Health and Human Services- HHS) e o Departamento de Agricultura (United States Department of Agriculture - USDA) dos Estados Unidos da América recomendam uma ingestão diária de 35 g de fibra alimentar para uma dieta de 2.500 Kcal (HHS; USDA, 2005). No Brasil, a ANVISA (BRASIL, 2003) declara como 25 g o valor diário de referência (VDR) para a fibra alimentar.

Farinhas provenientes de diferentes grãos e sementes têm sido utilizadas em pães, bolos e massas alimentícias devido aos seus benefícios à saúde, que além das fibras, estas farinhas podem fornecer ainda vitaminas, proteínas, minerais, carboidratos, o que contribuem para a redução do risco de várias doenças, como câncer, diabetes, obesidades e doenças cardiovasculares (CHANG, 2007).

1.3 FARINHA MISTA

A farinha de trigo pode ser mesclada com farinhas de cevada, milho, centeio, aveia, semente de linhaça, entre outras, a fim de incrementar o teor de fibra alimentar e nutrientes, assim como dar uma diferenciação no produto final. Em 1978 a ANVISA (BRASIL, 1978) declarou que esta mescla de farinhas seria denominada de farinha mista, ou seja, o produto obtido pela mistura de farinhas de diferentes espécies vegetais. Já para a legislação vigente (BRASIL, 2005a) o termo farinha mista está englobado dentro da definição de farinhas, as quais são produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos.

A idéia e o programa da farinha mista iniciou em 1964 pela “*Food and Agriculture Organization (FAO)*” das Organizações das Nações Unidas. O objetivo do programa era encontrar novas matérias primas para a produção de pão, biscoitos e pastas (EL-DASH; CAMARGO, DIAZ, 1982).

Na década de 60, a utilização de farinhas mistas tinha como objetivo a substituição parcial da farinha de trigo, com o intuito de redução das importações

desse cereal. Consecutivamente, as pesquisas com farinhas mistas foram direcionadas para a melhoria da qualidade nutricional de produtos alimentícios e para suprir a necessidade dos consumidores por produtos diversificados (TIBURCIO, 2000).

Muitos estudos têm sido realizados com farinhas mistas objetivando a aplicação no setor de panificação e pastifício. Grãos de trigo (SILVA, 2007), quinoa, soja, aveia, farelos de trigo (SHENOY; PRAKASH, 2007), de aveia, sementes de linhaça (KOCA; ANIL, 2007), de gergelim e de girassol, centeio, além de folhas (BORNEO; AGUIRRE, 2008), frutos e outras partes das plantas estão sendo estudados. A TABELA 2 apresenta exemplos de pesquisas com farinhas mistas, sua aplicação, país de publicação e pesquisadores.

TABELA 2 – EXEMPLOS DE PESQUISAS REALIZADAS COM FARINHAS MISTAS PROVENIENTES DE DIFERENTES FONTES

PAÍS	COMPOSIÇÃO FARINHA MISTA	PRODUTOS	REFERÊNCIA
ES/ME	Farinha de banana verde	Macarrão	Ovando-Martinez <i>et al.</i> (2009)
ES	Grão de bico	Bolo	Gómez <i>et al.</i> (2008)
TR	Avelã	Pães	Anil (2007)
EG	Produtos de sementes de abóbora	Pães	El-Soukkary (2007)
TR	Farinha de linhaça	Pães	Koca e Anil (2007)
BR	Aveia, soja e sementes de linhaça	Pão de forma	Teixeira <i>et al.</i> (2007)
BR	Folha de mandioca	Pães e bolos	Teo (2007)
ME	Farinha de banana	Pães	Juarez-Garcia <i>et al.</i> (2006)
BR	Farinha de berinjela	De panificação	Perez e Germani (2004)
GR	Tremoço, soja e triticale	Pães	Doxastakisa <i>et al.</i> (2002)
EG	Malte	Pães	Khalil <i>et al.</i> (2000)
RU	Polpa de abóbora	Pães	Ptitchkina <i>et al.</i> (1998)

NOTA: BR-Brasil, ES- Espanha, EG- Egito, GR- Grécia, ME-México, RU- Federação Russa, TR-Turquia

A substituição de farinha de trigo por de outros grãos pode provocar mudanças no comportamento estrutural da massa. As alterações ocorrem na característica da massa, no tempo de fermentação e na qualidade final do produto. No entanto, o percentual de substituição está diretamente relacionado com as mudanças que podem ocorrer como a diluição da proteína formadora de glúten

presente na farinha de trigo. Desta forma, o ajuste do tempo de mistura da massa, tempo e temperatura da fermentação, processo de fabricação e qualidade da farinha de trigo podem minimizar parte deste efeito (EL-DASH; CAMPOS; GERMANI, 1994).

1.3.1 Linhaça (*Linum usitatissimum* L.)

A semente de linhaça é a semente de linho (*Linum usitatissimum* L.), planta herbácea cujas variedades se destinam à indústria têxtil, de tintas e vernizes, bem como para a alimentação humana e animal (TRUCOM, 2006).

Os quatro maiores produtores mundiais são o Canadá, Estados Unidos, Índia e China. Na América do Sul, os principais produtores são Argentina e Brasil, sendo que em 2006 a produção no Brasil foi de 9.000 toneladas, das quais 1.700 foram destinadas à alimentação humana (TRUCOM, 2006).

A semente de linhaça tem sido usada na panificação, como ingrediente de pães com multigrãos, biscoitos, cereais matinais, e em produtos de confeitaria, além de outros. Esta semente é rica em lipídios (em torno de 40%, sendo que mais de 70% é óleo poliinsaturado), proteína e fibra dietética. Ainda, o óleo da semente de linhaça contém vitaminas A, B, D e E, minerais e aminoácidos (COSKUNER; KARABABA, 2007). A TABELA 3 apresenta a composição físico-química média da semente de linhaça.

TABELA 3 – COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA MÉDIA DA SEMENTE DE LINHAÇA

ANÁLISES (g/100g)	CONTEÚDO (%)
Umidade	4–8
Cinzas	3–4
Proteínas	20–25
Lipídios	30–40
Fibra dietética	20–28

FONTE: Coskuner e Karababa, 2007

A composição da semente de linhaça varia de acordo com a variedade genética, meio ambiente de crescimento, processamento e métodos de análise. Geralmente o conteúdo de proteína da semente diminui conforme aumenta o teor de lipídios (COSKUNER E KARABABA, 2007).

A semente de linhaça é conhecida como alimento funcional por seu conteúdo em ácido graxo ômega 3, o ácido graxo essencial α -linolênico (ALA); fibra dietética; e ligninas, os quais são benéficos na redução dos fatores de risco para doenças cardiovasculares e câncer (CHEN; RATNAYAKE; CUNNANE *et al.*, 1994). A TABELA 4 apresenta a composição de ácidos graxos na fração lipídica da semente de linhaça.

TABELA 4 - COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS NA FRAÇÃO LIPÍDICA DA LINHAÇA

COMPONENTES GRAXOS	PERCENTUAL
Ácido graxos saturados	9,0
Ácidos graxos monoinsaturados	18,0
Ácido graxos poliinsaturados α -linolênico (ALA- ômega-3)	58,2
Ácido graxos poliinsaturados linoléico (LA – ômega-6)	14,6
Relação ômega -3 : ômega-6	4,0

FONTE: Flax Council of Canada (2008)

Arjmandi *et al.* (1998) consideraram que os altos níveis de ALA, da fibra solúvel e dos constituintes não protéicos presentes na semente de linhaça, possuem um papel importante na redução de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), as quais apresentam um fator de risco na doença cardiovascular.

As fibras dietéticas contidas na semente de linhaça correspondem a 28% de seu peso seco. Relatórios sobre as proporções de fibras solúveis e insolúveis na linhaça variam entre 20:80 e 40:60, de acordo com o método utilizado na análise química e na extração de fibras. A fração insolúvel é mais significativa (17 a 22%) e consistem de amido resistente, celulose e ligninas vegetais. Já a fração solúvel em água (6 a 11%) é basicamente composta por gomas, mucilagens e pectinas (TRUCOM, 2006).

A semente de linhaça é uma fonte importante de ligninas vegetais secoisolariciresinol diglicosídico, matairesinol, e pinosresinol. As ligninas vegetais, apesar de classificadas como fibras insolúveis, são quimicamente compostos fenólicos, fitoquímicos biologicamente ativos, comprovadamente úteis na prevenção e tratamento de doenças (TRUCOM, 2006). A TABELA 5 apresenta o teor de ligninas vegetais em alimentos.

TABELA 5 - TEOR DE LIGNINAS VEGETAIS EM ALGUNS ALIMENTOS

ALIMENTO	SECOISOLARICIRE SINOL_(μ /G)
Linhaça moída	3700,0
Semente de abóbora	213,7
Semente de girassol	6,1
Brócolis	4,1
Soja	2,7
Cenoura	1,9
Farinha de aveia	0,1

FONTE: Bhatenas e Velásquez (2006)

Estudos mostraram que a ação da temperatura, proveniente do assamento de pães e produtos panificados não diminuem os conteúdos de ácido α -linolênico (ALA- ômega-3) e ligninas. Segundo Flax Council of Canada (2008), o ácido α -linolênico, em semente de linhaça inteira ou moída mostra-se estável a temperaturas iguais ou maiores, àquelas utilizadas em produtos de panificação, como pães e muffins.

A estabilidade térmica do ácido α -linolênico foi mostrada em 1992 por ausência significativa de mudanças nos valores de peróxido e na composição do ácido graxo, quando as duas formas de linhaça (inteira e moída) foram aquecidas por 60 min a temperaturas de 100 °C e 350 °C (RATNAYAKE *et al.*, 2008). Já Muir e Westcott (2008) verificaram que o conteúdo de lignina determinada na crosta e miolo dos pães, correspondia ao teor do composto presente na semente de linhaça adicionada na massa.

1.3.2 Farelo de trigo (*Triticum aestivum*)

O farelo de trigo é o principal e mais abundante subproduto da moenda de grãos e consiste em um recurso alimentar renovável e pouco explorado (YUAN; WANG; YAO, 2008).

O farelo de trigo é constituído de tecidos botânicos distintos, exteriores ao núcleo do trigo, o qual é representado pelo pericarpo e as camadas superficiais do aleurona. A parte mais externa é o pericarpo, que recobre toda a semente e é composta por 6 camadas (epiderme, hipoderme, remanescentes da parede celular ou células finas, células intermediárias, células cruzadas e células tubulares)

(ABITRIGO, 2005). Ainda o pericarpo é rico em polissacarídeos não amiláceos (fibras) e minerais (cinzas). No grão, o aleurona está entre endosperma e casca é rico em proteínas, lipídeos, vitaminas, enzimas e polissacarídeos não amiláceos (GRANOTEC, 2008).

A TABELA 6 apresenta a composição físico-química do farelo de trigo.

TABELA 6– COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO FARELO DE TRIGO

ANÁLISES (g/100g)	CONTEÚDO (%)
Umidade	9,00
Cinzas	6,81
Proteínas	14,48
Lipídios	4,26
Fibra alimentar	45,24

FONTE: Sant'Ana *et al* (2000)

O farelo tem um conteúdo protéico similar ao do trigo, embora suas proteínas não sejam de boa qualidade para panificação. Possui um conteúdo maior de cinzas, lipídeos, e particularmente pentosanas, sendo também uma fonte rica de vitaminas do grupo B e de minerais (RAO; RAO, 1991).

Pesquisas mostraram que a fibra provinda do farelo de trigo, usada numa dieta controlada, reduz o risco de câncer de cólon, uma vez que ela não é fermentada no intestino grosso (KROON, 1999).

O farelo de trigo contém em torno de 35–48% de fibra dietética constituída de hemicelulose (67%), lignina (23%) e 10% de celulose (10%) (GRAF, 2008). Os principais polissacarídeos que formam as paredes do pericarpo são as arabinoxilanas (66%) e a celulose (32%), enquanto que a aleurona é formada por arabinoxilanas (65%) e β -glucanas (31%) (LIMA, 2005).

Cho, Clark e Uribe-Saucedo (2004) destacaram que o farelo de trigo como sendo melhor que qualquer outra fonte de fibra na melhora da função intestinal, e no alívio dos sintomas de constipação. Além disso, é eficaz na redução dos riscos de câncer de cólon, gorduras saturadas do sangue e dos níveis de colesterol (KAMRAN; SALEEM; UMER, 2008).

Os efeitos químicos e físicos da adição do farelo de trigo em produtos de panificação têm sido muito pesquisados, como aspectos relacionados ao tamanho

da partícula, efeito do processamento térmico nas propriedades nutricionais, reologia da massa, além de desenvolvimento de produtos (ZHANG; MOORE, 1997; ZHANG; MOORE, 1999; ALMEIDA, 2006; FERREIRA, 2006; LI; PICKARD; BETA, 2007; KAMRAN; SALEEM; UMER, 2008; ONWULATA, 2008). O farelo de trigo, em relação a outras fontes de fibra, tem vantagem de não fornecer sabor estranho ao pão (RAO; RAO, 1991).

1.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS FARINHAS

A farinha de trigo deve ter propriedades tecnológicas específicas para a fabricação de diferentes produtos. Os fatores que determinam a qualidade da farinha podem ser inerentes ao trigo, e resultam da combinação da variedade e das condições de cultivo; ou induzidos pelo processamento de conversão do trigo em farinha, como condições de processamento, escolha da mescla do trigo, maturação e aditivação. (PIZZINATO; CAMPAGNOLLI, 1993).

1.4.1 Glúten

Os métodos para dosagem do glúten, em farinhas de trigo, se baseiam na insolubilização do glúten na água e na propriedade que o mesmo possui de se aglomerar formando uma massa elástica quando manuseada sob uma corrente de água, com a finalidade de eliminar os outros constituintes da farinha. O glúten assim obtido contém glutenina e gliadina (IAL, 2005). Segundo Pomeranz (1988) o glúten da farinha de trigo apresenta uma capacidade constante de absorção de água, aproximadamente 2,8 vezes o conteúdo de glúten seco. Já a qualidade do glúten é determinada pelo glúten índice, o qual tem como resultado glúten fraco, médio ou forte. Quanto mais próximo de 100 a resposta, mais tenaz é o glúten. As proteínas formadoras do glúten são as principais responsáveis pela qualidade panificável da farinha de trigo (AWB, 2004).

1.4.2 Falling Number

Outra análise importante é a determinação de alfa-amilase na farinha pelo método do “Falling Number”, o qual mede a susceptibilidade do amido à degradação das enzimas (AWB, 2004). A atividade da alfa-amilase é determinada usando o amido da própria amostra como substrato. Segundo a metodologia nº56-81 da AACCC (1995) o método é baseado na rápida gelatinização de uma suspensão de farinha, quando submetida ao tratamento térmico em banho-maria, e a subsequente medição da liquefação pela alfa-amilase do amido presente na amostra.

Os valores do “Falling Number” possuem uma relação inversa com a quantidade de alfa-amilase presente na amostra, onde valores inferiores a 150 segundos indicam alta atividade enzimática, entre 200 e 300 segundos, ótima, e superiores a 300 segundos, baixa atividade. Estes resultados estão relacionados ao volume e textura final dos pães, onde farinhas com alta atividade geram pães pesados, com baixo volume e miolo pegajoso; e aquelas com baixa atividade enzimática, pães com volume reduzido e miolo seco (PIZZINATO; CAMPAGNOLLI 1993).

1.4.3 Farinografia

Análises reológicas são freqüentemente utilizadas para determinar as propriedades viscoelásticas da massa e prever a capacidade panificável da mesma. Dados de absorção de água pela farinha, elasticidade da massa, além de comportamento da mesma durante a fermentação, são gerados pelos equipamentos através de gráficos (BENNION, 1970).

O farinógrafo é um equipamento que registra a resistência da massa à mistura. A resistência oferecida à massa pelas pás do misturador é transmitida através de um dinamômetro para uma caneta que traça uma curva resposta (FIGURA 2). A parte ascendente, início do gráfico, mostra um aumento na resistência com o tempo de mistura e é interpretada como o tempo de desenvolvimento da massa (TD). O ponto de máxima resistência é identificado como o desenvolvimento ótimo da massa, e é seguido de uma diminuição na consistência e resistência à mistura (POMERANZ, 1987).

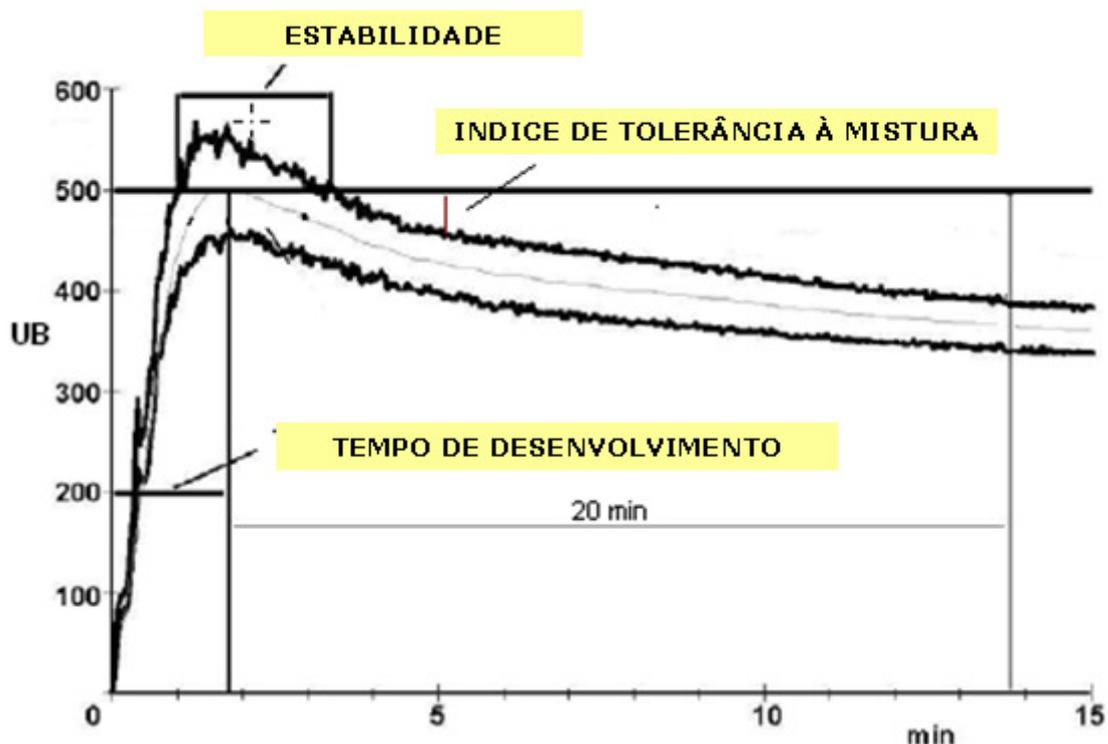


FIGURA 2- EXEMPLO DE FARINOGRAMA DE FARINHA DE TRIGO
 FONTE: BENNION (1970)

A partir do aparelho do farinógrafo obtém-se também a absorção de água (A) que representa a quantidade de água necessária para que a massa atinja a consistência ótima de 500 unidades Brabender (BU). A absorção de água aumenta com o aumento da quantidade de proteína, melhorando a qualidade do glúten. O farinograma também fornece informação a respeito do tempo ótimo de mistura, estabilidade da massa (E), que é o tempo que a massa permanece consistente durante o batimento, e o índice de tolerância à mistura (ITM), que é o tempo decorrido após um intervalo de 5 min do ponto de consistência máxima da massa, para sua perda total (POMERANZ, 1987).

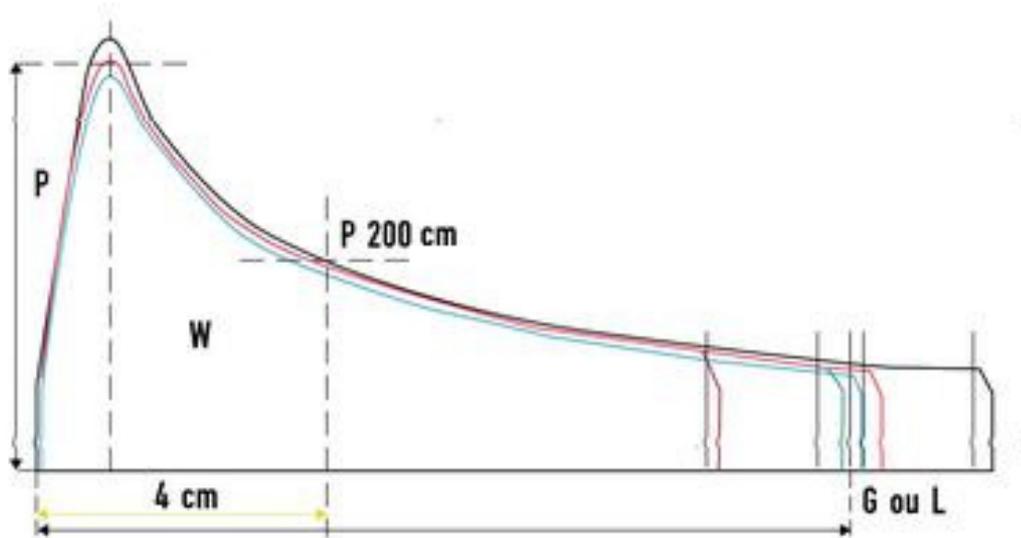
1.4.4 Alveógrafo

O alveógrafo é utilizado para determinar as características de tenacidade, extensibilidade e de força da farinha. É composto de três partes: o misturador, o qual contém as pás para mistura da farinha e uma passagem para extrusão da massa produzida; uma câmara para repouso da massa antes da análise; e o aparato onde

se realiza a análise. Sob pressão de um volume de ar determinado, a massa teste é tencionada até a sua quebra, onde as características de curvas obtidas são usadas para avaliação das farinhas (CHOPIN, 2008).

Os principais parâmetros obtidos nos alveogramas (FIGURA 3) são (CHOPIN, 2008):

- Tenacidade (P), que mede a pressão máxima exercida na expansão da massa ($\text{mm}_{\text{H}_2\text{O}}$) e está relacionado a resistência da massa à deformação;
- Extensibilidade (L) é a abscissa média de ruptura e é representada pelo comprimento da curva (mm);
- Configuração média da curva (P/L);
- Energia de deformação da massa (W), que corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha que se forma até sua ruptura, expressa em 10^{-4} J.



FONTE: CHOPIN (2008)

NOTA: W (configuração média da curva), P(tenacidade), L(extensibilidade)

FIGURA 3- EXEMPLO DE ALVEOGRAMA DE FARINHA DE TRIGO

O alveógrafo é utilizado para avaliar o potencial do trigo e da farinha na panificação e pastifício, para verificar a ação de diversos agentes melhoradores nas farinhas e também como ferramenta industrial, no acompanhamento da produção de uma farinha de qualidade pré-especificada (CHOPIN TRIBUNE, 2005).

1.5 PROCESSAMENTO DE PÃO

São vários os métodos de processamento do pão. Esses métodos podem ser agrupados em dois tipos principais: método direto e indireto. No método indireto, os ingredientes são misturados em dois estágios, sendo que no primeiro é elaborado um pré-fermento ou esponja, com propósito de permitir a multiplicação do fermento. No método direto os ingredientes são misturados em um único estágio. É mais rápido que o indireto, no entanto requer mais sova para ativar por completo o fermento. (CANELLA-RAWLS, 2005).

De forma geral pode-se dizer que independente do método a ser usado, o processamento de pães consiste das etapas de mistura da massa, fermentação, divisão, moldagem, cozimento e resfriamento.

1.5.1 Mistura da massa

As principais funções da mistura são a homogeneização e hidratação dos ingredientes, e formação de emulsões de lipídios, proteínas e água, que vão permitir o desenvolvimento da proteína para a formação do glúten (BAKE INFO, 2004).

O tempo ótimo de mistura da massa depende da farinha e do método. Mistura demasiadamente longa produz uma massa muito extensível com reduzida elasticidade e pouco tempo de ocaciona uma mistura heterogênea dos ingredientes, que irá interferir diretamente no crescimento da massa (BAKE INFO, 2004). O tempo ótimo de mistura varia conforme a qualidade do glúten da farinha: as de glúten fraco requerem menos tempo, e as de glúten forte mais tempo de mistura O tempo ótimo de mistura pode ser modificado mediante a utilização de melhoradores de farinha (BELITZ; GROSCHE, 1985).

O ideal é que a massa produzida atinja a temperatura de 26-28°C ao final da etapa de mistura, que é controlada com o uso da água a baixa temperatura (MARTINS, 2006). No final da etapa de mistura, a massa apresenta-se lisa e não aderida ao misturador (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982).

1.5.2 Fermentação

O tipo de fermentação que ocorre na panificação é alcoólica e anaeróbica e é produzida pela ação da levedura sobre os açúcares presentes na massa. Há a produção de gás carbônico e modificações físico-químicas, as quais interferem nas propriedades plásticas da massa, participando da formação do sabor e aroma do pão (MARTINS, 2006).

Durante este processo, o oxigênio da massa é consumido rapidamente pelas leveduras e pelas bactérias, com formação de CO_2 e água. A energia liberada é usada pela levedura para seu crescimento e atividade, sendo que depois a fermentação acontece com reduzida quantidade de oxigênio, onde álcool e CO_2 são produzidos (BAKE INFO, 2004). O CO_2 é produzido na fase aquosa e satura a água. Uma vez saturada, o excesso deste gás, por difusão, entra nas cavidades de ar já existentes de ar, e aumenta a pressão do sistema. Como a massa tem propriedade de um fluido viscoso, permite que a bolha se expanda para equilibrar a pressão, fazendo a massa crescer (HOSENEY, 1991).

O tempo ótimo de fermentação da massa é quando atinge o ponto ótimo de retenção dos gases pela massa e é determinado por fatores como: método de fabricação empregado, quantidade de leveduras, temperatura da fermentação e a qualidade da farinha e dos ingredientes (EL-DASH; CAMPOS; GERMANI, 1994).

Em casos de temperaturas acima de 28°C a fermentação deve ser curta, de 1h - 1h 30 minutos. Para tempos de fermentação entre 2 a 4 horas a temperatura deverá ser de 25 a 27°C e para períodos mais longos, de 23 - 25°C (QUAGLIA,1991).

Durante a fermentação devem ocorrer duas ou mais sovas, sendo que na fase final de fermentação a massa vai readquirir o volume adequado, devido a perda de gases durante a sova e moldagem. Isso influencia na qualidade da textura e das células do miolo do pão (MARTINS, 2006).

1.5.3 Sova e moldagem

Durante a sova a massa perde parcialmente seu gás, é achatada, enrolada e selada. Esta fase contribui para uma distribuição mais homogênea das bolhas presentes na massa, produzindo maior número de células menores. Outra vantagem

é unir o substrato perto da levedura que não tem mobilidade dentro da massa (HOSENEY, 1991). Nessa etapa a massa é submetida à divisão manual ou mecânica, em partes iguais, seguida de boleamento, para que adquira forma arredonda e superfície lisa (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982).

1.5.4 Cozimento

No forno, o volume da massa ainda aumenta devido à produção contínua de gás até o término da atividade das enzimas e da levedura. O amido gelatiniza e o glúten sofre coagulação, retendo bolhas de ar e formando a textura do miolo (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982). Há formação da crosta, e o desenvolvimento de aroma e sabor.

A destruição das leveduras ocorre a 54°C. Em torno de 60°C começa a estabilização do miolo, os grânulos de amido incham e na presença de água liberada pelo glúten, iniciam o processo de gelatinização. Entre 60 e 80°C ocorre a desnaturação das proteínas do glúten (BAKE INFO, 2004).

As enzimas naturais presentes na massa são inativadas em diferentes temperaturas da massa, sendo que a alfa-amilase mantém-se ativa até 75°C. A partir dos 98°C ocorre a evaporação da água e inicia-se a formação de coloração da casca principalmente devida à reação de Maillard e à caramelização superficial. O álcool evapora e é liberado o aroma característico deste processo (BENNION, 1970; CANELLA-RAWLS, 2005).

1.5.5 Resfriamento

Nas padarias e indústrias, o pão é rapidamente resfriado, quando sai do forno. A temperatura da crosta chega a 200°C e a interna aos 98°C e o pão deve ser resfriado até 35°C em câmara de resfriamento (BAKE INFO, 2004).

1.6 ANÁLISE SENSORIAL

Os métodos sensoriais são baseados nas respostas aos estímulos, que produzem sensações cujas dimensões são: intensidade, extensão, duração, qualidade e prazer (gostar ou desgostar). Enquanto os estímulos podem ser medidos por métodos físicos e químicos, as sensações são medidas por processos psicológicos (SILVA, 2006).

A NBR 12994 classifica os métodos de análise sensorial dos alimentos e bebidas em discriminativos, descritivos e subjetivos. Os discriminativos estabelecem diferenciação qualitativa e/ou quantitativa entre as amostras e incluem os testes de diferença e sensibilidade. Nos testes descritivos, as amostras são descritas qualitativamente e quantitativamente. E os métodos subjetivos ou afetivos são utilizados para expressar a opinião pessoal do julgador (ABNT, 1993).

1.6.1 Teste de ordenação

O teste de ordenação (ABNT, 1994) é um teste de diferença e consiste em ordenar uma série de três ou mais amostras apresentadas simultaneamente para ordenação de acordo com a intensidade de um atributo ou preferência. Cada julgador examina as amostras codificadas e faz a ordenação em ordem crescente ou decrescente do atributo avaliado ou da preferência. A análise dos resultados deve ser feita pelo teste de Friedman, utilizando-se a tabela de Newel e MacFarlane. As diferenças entre as somas das ordens superiores ou iguais ao valor crítico indicam se existe diferença entre as amostras ao nível observado.

1.6.2 Teste de análise descritiva quantitativa (ADQ)

Nos testes descritivos é importante assinalar a magnitude ou a intensidade com que é percebido cada atributo avaliado e determinar quais atributos são importantes para a aceitabilidade do produto (ANZALDÚA-MORALES, 1994).

O teste ADQ pode ser aplicado em produtos em desenvolvimento, com modificação de alguma matéria prima ou para melhoramento; no controle da qualidade; estabilidade durante o armazenamento; caracterização das diferenças

entre produtos, e correlação entre medidas sensoriais e instrumentais. A vantagem do uso deste método é a de fornecer um perfil sensorial completo de um produto e de permitir a análise estatística dos dados. (ABNT,1998b).

A NBR 14140 define a ADQ como o “teste que identifica e quantifica, em ordem de ocorrência, as propriedades sensoriais (aparência, aroma, textura e sabor) de um produto” (ABNT,1998b). Para os pães, estas propriedades incluem aparência (cor, tamanho, forma, ausência de defeitos), textura do miolo e sabor (gosto e odor). O brilho e a cor da crosta do pão são fatores importantes na aparência, e dependem da composição e do processo de produção do mesmo. Já a cor do miolo, textura e maciez estão entre os principais critérios utilizados pelo consumidor na avaliação da aceitabilidade dos pães (POMERANZ, 1987).

Os produtos são avaliados individualmente obedecendo ao delineamento experimental, sendo que os dados obtidos são analisados pela análise de variância ou multivariada de acordo com o teste. A diferença entre os tratamentos, comparação das médias, é realizada por Tukey, Duncan e SNK (Student-Newman-Keuls) ou análise de regressão (ABNT,1998b).

1.6.3 Testes subjetivos

Os testes subjetivos ou afetivos objetivam avaliar a opinião do consumidor através de sua preferência e ou aceitação de um produto (QUEIROZ; TREPTOW, 2006). Os testes índice de aceitação e intenção de compra expressam diretamente a opinião do consumidor sobre características específicas do produto ou idéias sobre o mesmo (FERREIRA *et al.*, 2000). Nestes testes são utilizadas escalas hedônicas (verbal, numérica e bipolar) e escala de atitude (verbal e bipolar), respectivamente (ABNT, 1998a).

A palavra hedônica refere-se aos estados psicológicos conscientes agradáveis ou desagradáveis. A escala hedônica, que pode variar de 5 a 11 pontos, categoriza a preferência do consumidor em respostas baseadas em gostar e desgostar. Esta análise não requer treinamento, uma vez que expressa a opinião individual do consumidor (QUEIROZ; TREPTOW, 2006).

Já a escala de atitude é uma modificação da escala hedônica clássica, e permite conhecer a intenção de consumo de determinado produto. A análise se

refere ao produto como um todo, e não a uma característica específica, visando que o indivíduo responda com base na sua primeira impressão (QUEIROZ; TREPTOW, 2006).

1.7 ANÁLISE COLORIMÉTRICA

Segundo a KONICA MINOLTA (1998), quando as cores são classificadas estas podem ser expressas em termos de hue (a cor), luminosidade e saturação (grau de pigmentação).

Hue é o termo usado para definir as cores em vermelho, azul, amarelo, etc, ou mesmo a mistura desta, como pode ser visto no “Círculo de cores” mostrado na parte superior da FIGURA 4.

Em relação à luminosidade (lightness), os hues (cores) podem ser separados em claros e escuros conforme mostra o sistema colorimétrico na parte inferior da FIGURA 4. Há aumento da luminosidade em direção ao topo, e escurecimento em direção contrária. Esta luminosidade pode ser calculada independentemente do hue (cor).

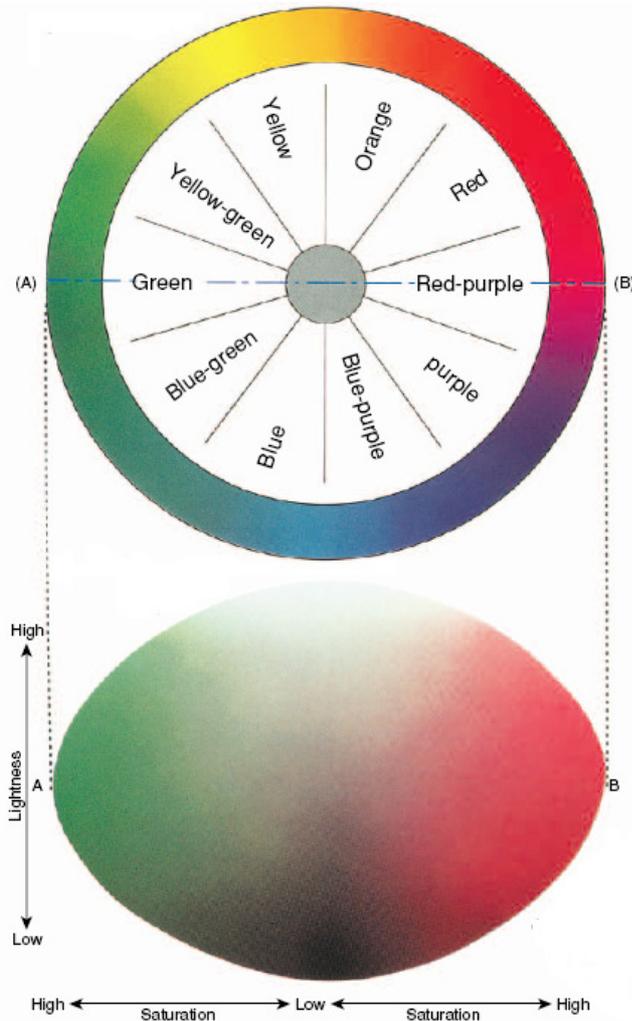


FIGURA 4- CÍRCULO DE CORES (SUPERIOR) ,
MUDANÇA DA LUMINOSIDADE E SATURAÇÃO DAS
CORES (INFERIOR)

FONTE: Konica Minolta (1998)

Já a saturação (saturation) representa o grau de pigmentação da cor, se mais intensa e brilhante, ou opaca e mais fraca. A escala da saturação é representada na horizontal (FIGURA 4, inferior), onde cores próximas do centro são mais fracas, e próximas das extremidades, mais intensas. Este atributo é analisado completamente separado dos demais, cor (hue) e luminosidade (lightness).

Desta forma, estes três elementos: cor, luminosidade e saturação, podem ser colocados juntos para formar um sólido tridimensional, conforme representado na FIGURA 5.

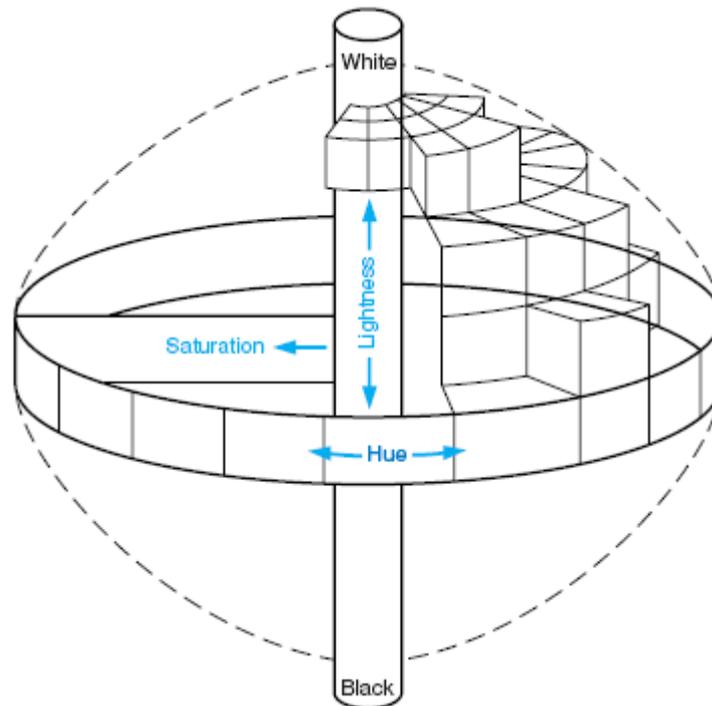
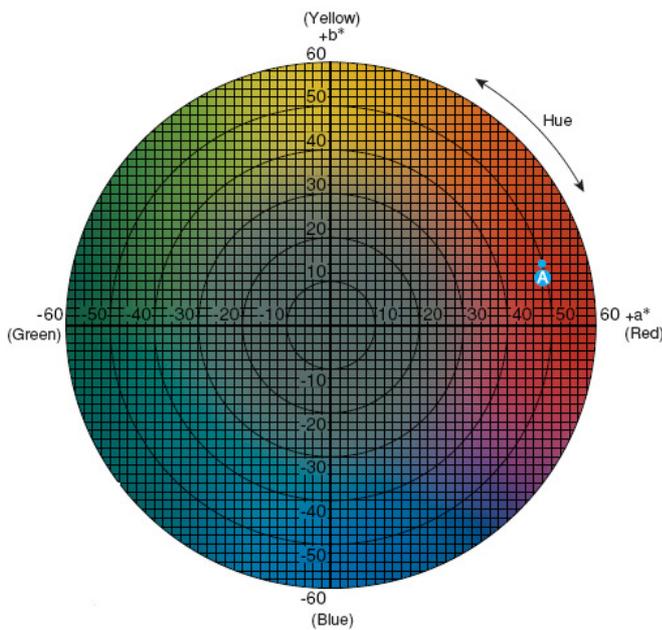
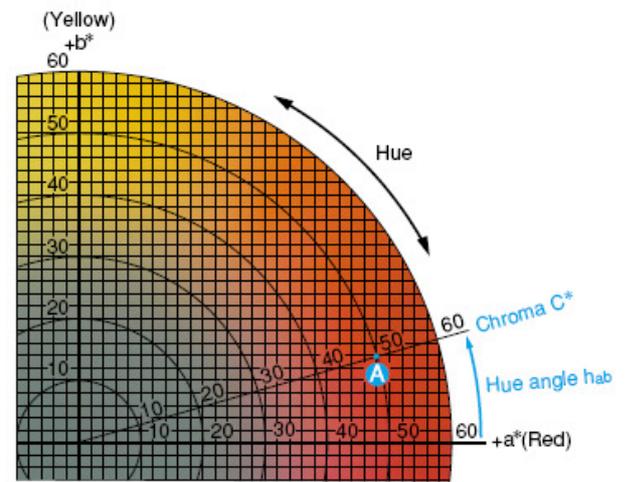


FIGURA 5- SÓLIDO TRIDIMENSIONAL REFERENTE AO SISTEMA DE COR: LUMINOSIDADE, SATURAÇÃO E COR
Fonte: Konica Minolta, 1998

Muitos métodos foram criados para a determinação das cores, no entanto em 1976 o método definido como CIE, utilizando o espaço colorimétrico $L^*a^*b^*$ foi desenvolvido pela Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) para fornecer mais uniformidade nas análises colorimétricas. Neste sistema L^* indica a luminosidade de uma cor, e a^* e b^* são as coordenadas de cromaticidade que indicam a direção das cores. A FIGURA 6 apresenta o diagrama de cromaticidade a^* e b^* , onde $+a^*$ é a direção do vermelho, $-a^*$ é a direção do verde, $+b^*$, direção do amarelo, e $-b^*$, direção do azul. O centro é acromático, sendo que conforme os valores de a^* e b^* aumentam e se distanciam do centro, a saturação da cor aumenta (KONICA MINOLTA, 1998).

FIGURA 6- DIAGRAMA DE CROMATICIDADE a^*b^*

FONTE: Konica Minolta (1998)

FIGURA 7- ESPAÇO COLORIMÉTRICO L^*C^*h PARA AS COORDENADAS ANGULARES

O espaço colorimétrico L^*C^*h (FIGURA 7) é medido no mesmo diagrama do $L^*a^*b^*$, no entanto usa as coordenadas polares em vez das coordenadas cartesianas. O índice C^* (croma) mede o grau de saturação da cor, e o h é ângulo hue, que especifica a cor. O valor de C^* é 0 no centro e aumenta conforme aumenta a distância do centro. Ângulo Hue (h) é expresso em graus, onde 0° está no eixo $+a^*$, 90° no eixo $+b^*$, 180° no eixo $-a^*$, e 270° no eixo $-b^*$ (KONICA MINOLTA, 1998).

Ainda, no sistema colorimétrico $L^*a^*b^*$ a diferença de cor pode ser expressa por um único valor, ΔE^*ab , o qual indica o tamanho da diferença, no entanto não expressa qual é a direção da diferença (KONICA MINOLTA, 1998).

1.8 IMPORTÂNCIA DOS MINERAIS

Os minerais formam um grupo de nutrientes essenciais para o homem. Têm função construtora, pois fazem parte de tecidos duros do organismo, como ossos e dentes; entram na composição de tecidos moles como músculos, células sanguíneas e sistema nervoso. Tomam parte na formação de hormônios, vitaminas, hemoglobinas. Têm função reguladora, por exemplo, para a pressão osmótica e

para a manutenção do equilíbrio ácido-básico do meio interno (GAUDENCI DE SÁ, 1981).

Os minerais presentes em maiores quantidades no organismo são o cálcio, magnésio, sódio, potássio, fósforo, enxofre e cloro. Já os elementos traços são: o ferro, cobre, iodo, manganês, cobalto, zinco e molibdênio (GAUDENCI DE SÁ, 1981).

O cálcio é indispensável para ações como formação dos ossos e dentes, coagulação do sangue, contração muscular, transmissão normal de impulsos nervosos, permeabilidade celular e ativação de enzimas (GAUDENCI DE SÁ, 1981).

A principal função do magnésio é estabilizar a estrutura do ATP no músculo e em outros tecidos moles. Ainda possui papel essencial no controle da excitabilidade cardíaca, do tônus vasomotor, da pressão sanguínea e transmissão neuromuscular, sendo necessário para o transporte de potássio e atividade do canal de cálcio (MAFRA; COZZOLINO, 2007).

O sódio contribui na manutenção do equilíbrio hídrico e ácido-básico, é necessário para transmitir os impulsos nervosos e estimular a ação muscular. É o cátion mais abundante no líquido extracelular do corpo humano. É também necessário ao transporte ativo de substâncias por meio das membranas celulares, tendo importante participação na absorção da glicose no intestino delgado (TRAMONTE, 2007).

O potássio, maior cátion intracelular do corpo, é necessário para a função celular normal. É mantido em concentração de 145 mmol/L de fluido intracelular e em concentrações bem menores no plasma e fluido intersticial, em que pode variar de 3,8 a 5 mmol/L de fluido extracelular. Pequenas alterações na concentração do potássio extracelular podem afetar a relação potássio extracelular-intracelular e, portanto, afetar a transmissão neural, a contração muscular e o tônus vascular (TRAMONTE, 2007).

A função do fósforo, provindo da dieta, é participar do crescimento de tecidos e repor as perdas por excreção e pela derme, uma vez que o fosfato consumido nos processos de manutenção do pH, de armazenamento temporário de energia e ativação de diversas enzimas pela fosforilação, tem ação reversível (SILVA; COZZOLINO, 2007).

O ferro é indispensável para a formação da hemoglobina, a qual é responsável pelo transporte de oxigênio para as células, permitindo sua respiração e

metabolismo. Ainda é indispensável na oxidação celular, fazendo parte dos sistemas enzimáticos que oxidam a glicose para produzir energia (GAUDENCI DE SÁ, 1981).

O cobre tem funções orgânicas específicas por ser constituinte de enzimas com atividades de oxidação e redução, sendo que ele possui importante envolvimento no metabolismo do esqueleto, no sistema imunológico e na prevenção de doenças cardiovasculares (PEDROSA; COZZOLINO, 2007).

O zinco possui atividade estrutural, enzimática, e reguladora, sendo que ele participa da síntese e degradação de carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucléicos e desempenha função na regulação da expressão gênica (YUYAMA *et al.* 2007).

1.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental é aplicado com objetivo de obter-se um modelo matemático apropriado para descrever certo fenômeno, utilizando o mínimo possível de experimentos. Permite eficiência e economia no processo experimental, sendo que o uso de métodos estatísticos na análise dos dados resulta em conclusões com objetividade científica (CALADO; MONTGOMERY, 2003).

O delineamento em mistura aplica-se quando há um maior interesse nas proporções do que na quantidade total dos componentes, sendo que os fatores independentes são proporções de diferentes componentes (CORNELL, 1990). As propriedades de uma mistura são determinadas pelas proporções de seus ingredientes, e não por valores absolutos (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2007). O fator essencial deste delineamento é o fato de as proporções terem que somar-se 100%, satisfazendo assim, para uma mistura de q componentes, a seguinte EQUAÇÃO 1:

$$\sum_{i=1}^q x_i = 100\% = 1 \quad (1)$$

onde x_i representa a proporção do i -ésimo componente.

A partir de um delineamento de misturas, a resposta ou propriedade muda somente quando são feitas alterações nas proporções dos componentes que fazem parte dessa mistura. Portanto, a finalidade principal de se utilizar essa metodologia é verificar como as respostas ou propriedades de interesse são afetadas pela variação

das proporções dos componentes da mistura. (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS,1996).

Uma dificuldade encontrada em muitos experimentos para misturas é que alguns dos componentes estão sujeitos a limite superior e/ou inferior. Tais limites podem produzir regiões do delineamento com formas diferenciadas para qual é impossível utilizar alguns delineamentos (BRAGA NETO, 1998).

Desta forma, quando se deseja explorar somente uma região limitada do delineamento, com introdução de limitações superiores e inferiores nos componentes de uma determinada mistura, é importante redefinir as coordenadas da sub-região formada, realizando uma transformação que resulta em pseudocomponentes (STEINBERG; HUNTER, 1984; CORNELL, 1984). Os pseudocomponentes são falsos componentes definidos como combinações dos componentes originais. A principal razão para a introdução deles é que o planejamento e o ajuste dos modelos são bem mais fáceis num sistema de pseudocomponentes do que num sistema de componentes originais (CORNELL, 2002).

A Metodologia de Superfície de Respostas (MSR) é uma ferramenta eficiente para otimizar as propriedades de alimentos processados. Baseia-se na variação simultânea de vários fatores (variáveis independentes), previamente selecionados por sua influência nas propriedades do processo (variáveis dependentes ou respostas). Utilizando técnicas matemáticas e estatísticas, os resultados experimentais indicam uma combinação de níveis de fatores dentro de uma região ótima (BOX; HUNTER; HUNTER, 1978; BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2007).

Esta metodologia baseia-se na construção de modelos matemáticos empíricos que geralmente empregam funções polinomiais, quadráticas ou de ordem superior, para descreverem o sistema estudado e, conseqüentemente, dão condições de explorar (modelar e deslocar) o sistema até atingir uma região ótima (máximo e mínimo) da superfície de resposta investigada (CALADO; MONTGOMERY, 2003).

REFERÊNCIAS

- AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. v.1 e v.2, 9ª ed. St. Paul: Approved Methods Committee, 1995.
- ABITRIGO. Associação Brasileira da Indústria do Trigo. São Paulo, 2005. **Consumidor**. Disponível em: < <http://www.abitrigo.com.br/trigo.asp>>. Acesso em: 22 abr. 2007.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12994. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas**. Rio de Janeiro, 1993.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13170. **Teste de ordenação em análise sensorial**. Rio de Janeiro, 1994.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 1414. **Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas**. Rio de Janeiro, 1998a
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14140. **Alimentos e bebidas – Análise sensorial – Teste de análise descritiva quantitativa (ADQ)**. Rio de Janeiro, 1998b.
- ALETOR, V. A., & ADEOGUN, O. A. Nutrient and anti-nutrient components of some tropical leafy vegetables. **Food Chemistry**, v. 53, p. 375–379, 1995.
- ALMEIDA, E. L. **Efeito da adição de fibra alimentar sobre a qualidade de pão pré-assado congelado**. 328f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- ALMEIDA, K. O. L. de; SANTANA, J. C. C.; SOUZA, R. R. de. Análise sensorial de alimentos funcionais enriquecidos com folha de *Manihot spp*. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.5, n.2, p.127-131, 2003.
- ANIL, M. Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. **Journal of Food Engineering**, v. 80, p.61–67, 2007.
- ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Editorial ACRIBIA, Zaragoza, 1994.
- ARJMANDI B.F. *et al.*: Whole flaxseed consumption lowers serum LDL-cholesterol and lipoprotein (a) concentration in postmenopausal women. **Nutr Res**, v.18, p.1203-1214, 1998.
- AWB. Quality data testing. Australia. 2004. Disponível em: < <http://www.awb.com.au/growers/>>. Acesso em: 15 dez 2007

BAKE INFO. The New Zealand Baking Industry Research Trust. New Zealand, 2004. **The science behing bread making**. Disponível em:<http://www.bakeinfo.co.nz/school/school_info/index.php>. Acesso em: 16 mai 2008.

BARBOSA, C. de O. *et al.* Conteúdo de minerais na multimistura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.4, p. 916-920, out.-dez. 2006.

BARMINAS, J.T.; CHARLES, M.; EMMANUEL, D. Mineral composition of non-conventional leafy Vegetables. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.53, p. 29-36, 1998.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. E.; BRUNS, R. E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 1996.

BARROS NETO, B. de; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos**: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 3 ed., Campinas: Unicamp, 2007.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W. Química de los alimentos. Zaragoza:1988.

BENNION, E. B. Fabricación de Pan. Acribia: Zaragoza, 1970.

BORNEO, R; AGUIRRE, A. Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, p. 1748–1751, 2008.

BHATHENA, S. J., VELÁSQUEZ, M. T. Beneficial role of dietary phytoestrogens in obesity and diabetes. In: A Importancia da Linhaca na Saúde. Trucom, C. (Ed). São Paulo: Alaúde, 2006.

BOX, G.E.P.; HUNTER, H.G.; HUNTER, J.S. **Statistics for experiments**. New York: John Wiley Co., 1978.

BRAGA NETO, J. A. **Desenvolvimento de produto alimentar assistido por computador: uma sistematização interativa pela aplicação combinada de métodos para planejamento, modelagem, análise e otimização na formulação de pudim**. Doutorado (Doutor em Ciências de Alimentos)- Departamento de tecnologia de alimentos e medicamentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1998.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova a resolução sobre os coadjuvantes de tecnologia de produtos forneados. Resolução CNNPA nº 38, 12/1977. **Diário Oficial da União**. Brasília- DF, 1977. Disponível em:<http://www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 08 jul. 2008

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova as Normas Técnicas Especiais. Resolução CNNPA nº 12, 07/1978. **Diário Oficial da União**. Brasília- DF, 1978. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 27 jan. 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. Portaria nº 540, 10/1997. **Diário Oficial da União. Brasília-** DF, 1997. Disponível em:<http://www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 17 jul. 2008

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Portaria nº 27, 01/1998. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 1998. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 20/ 05/ 2008. DO RESUMO DA DISSETRTAÇÃO

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento Técnico referente aos Procedimentos básicos de Boas Práticas de Fabricação em estabelecimentos beneficiadores de sal destinado ao consumo humano e o roteiro de inspeção sanitária em indústrias beneficiadoras de sal. Resolução RDC nº 28, 03/2000. **Diário Oficial da União. Brasília-** DF, 2000. Disponível em:<http://www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 08 jul. 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Resolução RDC nº 360, 12/2003. **Diário Oficial da União. Brasília-** DF, 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 23 dez 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Resolução RDC nº 263, 09/2005. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 2005a. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 01 fev 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o regulamento técnico para açúcares e produtos para adoçar. **Resolução RDC nº 271, 09/2005. Regulamento Técnico Diário Oficial da União. Brasília-**DF, 2005b. Disponível em:<http://www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 10 jul. 2008.

CALADO, V.; MONTGOMERY, D. C. Planejamento de experimentos usando o Statistica. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2003.

CAMARGO PENTEADO, M. de V. *et al.* Biodisponibilidade do β -caroteno da folha desidratada de mandioca (*manihot esculenta* crantz). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.3, p.473-477, set.-dez. 2003.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão- Arte e Ciência**. São Paulo: Editora Senac, 2005.

CASTRO, A. G. de *et al.* **A química e a reologia no processamento dos alimentos**. Lisboa: Ciência e Técnica, 2003, 295p.

CHANG, Y. K. Aplicação das fibras em panificação e seus benefícios a saúde. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS (SLACA), 7., 2007, Campinas. **Palestra Técnica**. Campinas: FEA, 2007, p. 39.

CHEN, Z.-Y., RATNAYAKE, W.M.N., CUNNANE, S.C. Oxidative stability of flaxseed lipids during baking. **Journal of the American Oil Chemists' Society** (JAOCS), Champaign, v.71, n.6, p.629-632, 1994.

CHO, S. S.; CLARK, C.; URIBE-SAUCEDO, S. Gastrointestinal and other physiological effects of wheat bran. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 49, nº 3, p. 140-143, may june 2004.

CHOPIN. Chopin Technologies. Alveograph. France, 2008. Disponível em:<<http://www.chopin.fr/fr/alveographe--id43.php>>. Acesso em: 16 jul 2008.

CHOPIN TRIBUNE. O Jornal dos produtores e utilizadores de farinhas. France. Julho, 2005.

CORNELL, J.A. **Experiments with Mixtures: Designs, Models, and the Analysis of Mixture**,. 2 ed., New York: John. Wiley & Sons, 1990.

CORNELL, J. A. Discussion. **Technometrics**. Washington, v. 26, n.2, p.119-122, 1984.

CORNELL, J. A. **Experiments with mixture-designs, models and the analysis of mixture data**. 3. ed. New York: Jwiley. 2002.

COSKUNER,Y.; KARABABA, E. Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 78, 3 ed., p.1067–1073, 2007.

DEL-VECHIO, G. *et al.* Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita* spp.) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxico. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 29, n. 2, p. 369-376, mar./abr. 2005.

DOXASTAKISA, G. *et al.*, C. Lupin, soya and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties Food Chemistry ,v.77, p.219–227, 2002.

EJOH, R. A. *et al.* Nutritional components of some non-conventional leafy vegetables consumed in Cameroon. **Pakistan Journal of Nutrition**. v.6, n.6, p.712-717, 2007.

EL-DASH, A; CAMARGO, C.O.; DIAZ, N. M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. Série Tecnologia Agroindustrial. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982.

EL-DASH, A.; CAMPOS, J.E.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas**. Uso de Farinha Mista de Trigo e Sorgo na Produção de Pães. v. 4. Brasília: Embrapa, 1994.

EL-ADAWY, T. A.; TAHA, K. M. Characteristics and composition of watermelon, pumpkin and paprika seed oils and flours. **Journal of Agricultural Food Chemistry**. v. 49, n. 3, p.1253-59, 2001.

EL-SOUKKARY, F.A.H. Evaluation of pumpkin seed products for bread Fortification. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 56, p. 365–384, 2001.

FENWICK, D. E.; OAKENFULL, D. Saponin content of food plants some prepared foods. **Journal Science Food Agriculture**, Chichester, v. 34, n. 2, p. 186-191, fev. 1983.

FERREIRA, R. E. **Avaliação de parâmetros do processo de extrusão e do teor de farelo de trigo adicionado em características de "snacks" expandidos de milho**. 163f. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

FERREIRA, M. A. J. da F. **Abóboras, morangas e abobrinhas: estratégias para coleta, conservação e uso**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Brasília, 2007. Disponível em: < http://www.embrapa.gov.br/kw_storage>. Acesso em: 28 nov. 2008.

FERREIRA *et al.* Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos. Manual: série qualidade. Campinas: SBCTA, 2000.

FERRI, M. G. **Botânica: Morfologia externa das plantas (organografia)**. 15 ed. São Paulo: Nobel, 1983.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. In: **Circular Técnica**. REIS, A.; CAFÉ FILHO, A. C.; HENZ, G.P (Ed). Embrapa Hortaliças, Brasília, nov. 2007.

FLAX COUNCIL OF CANADA. Flax nutrition. Canada. 2008. Disponível em: <<http://www.flaxcouncil.ca/english/index.jsp?p=nutrition1&mp=nutrition>>. Acesso em: 14 ago 2008.

FRANK, R. Control de Calidad: Interpretación del Farinograma. Trigopan. Argentina 2009. Disponível em:< <http://www.trigopan.com.ar>>. Acesso em: 07 jan 2009.

GAUDENCI DE SÁ, N. **Nutrição e dietética**. 3 ed. São Paulo: Nobel, 1981.

GIUNTINI, E. B.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Potencial de fibra alimentar em países ibero-americanos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion** - Organo oficial de la sociedad Latinoamericana de Nutrición, v. 53, n. 1, 2003.

GÓMEZ, M. *et al.* Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends. **Food Science and Technology**, v.41, n.9, p. 1701-1709, nov. 2008.

GRANOTEC. Granotec do Brasil. Química do Trigo. Curitiba. Disponível em: < http://www.granotec.com.br/otrigo_artigos_tecnicos.asp>. Acesso em: 20 mai. 2008

GRAF, J. W. E. Suppression of colonic cancer by dietary phytic acid. In: **Journal of Food Processing and Preservation**. Kamran, M.; Saleem, N.; Umer, Z.N. (Ed). Ready-to-eat (RTE) wheat bran breakfast cereal as a high-fiber diet v. 32, p.853–867, 2008.

GUPTA, S. *et al.* Analysis of nutrient and antinutrient content of underutilized green leafy vegetables. **Food Science and Technology**, v. 38, p.339–345, 2005.

GUPTA, K., BARAT, G. K., WAGLE, D. S., & CHAWLA, H. K. L.. Nutrient contents and antinutritional factors in conventional and non-conventional leafy vegetables. **Food Chemistry**, v. 31, p. 105–116, 1989.

HELBIG, E.; BUCHWEITZ, M. R. D.; GIGANTE, D. P. Análise dos teores de ácidos cianídrico e fítico em suplemento alimentar: multimistura. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.21, n. 3, p. 323-328, maio/jun. 2008.

HHS; USDA **Dietary Guidelines for Americans 2005**. Disponível em: <<http://www.healthierus.gov/dietaryguidelines/>>. Acesso em: 16 jan. 2009.

HOSENEY, C. R. Princípios de ciência y tecnologia de los cereales, Zaragoza, 1991.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4 ed. Brasília, 2005.

JUAREZ-GARCIA, E. et. Composition, Digestibility and Application in Breadmaking of Banana Flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.61, p. 131–137, 2006.

KAMRAN, M.; SALEEM, N.; UMER, Z.N. Ready-to-eat (RTE) wheat bran breakfast cereal as a high-fiber diet. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 32, p.853–867, 2008.

KHALIL, A. H. *et al.* Influence of malt on rheological and baking properties of wheat cassava composite flours, **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.**, v.33, p. 159-164, 2000.

KOCA, A. F.; ANIL, M. Short communication effect of flaxseed and wheat flour blends on dough rheology and bread quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, p. 1172-1175, 2007.

KONICA MINOLTA. **Konica Minolta Sensing**. Japan 1998. Precise color Communication: Color control from perception to instrumentation. Disponível em: <<http://www.konicaminolta.com>>. Acesso em: 21 jan. 2008.

KROON P.A. *et al.*, Release of covalently bound ferulic acid from fiber in the human colon. In: **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Zhang, D.; Moore, W. R (Ed). Wheat bran particle size effects on bread baking performance and quality, v.79, p.805- 809, 1999.

KUROZAWA, C. **Abóbora**. Globo Rural. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://globoruraltv.globo.com/GRural/0,27062,LTP0-4373,00.html>>. Acesso em: 25 jul. 2008.

LI, W. PICKARD, M. D.; BETA, T. Effect of thermal processing on antioxidant properties of purple wheat bran. **Food Chemistry**, v.104 p.1080–1086, 2007.

LIENER, I.E. Miscellaneous toxic factors. In: **Toxic constituents of plant foodstuffs**. 2. ed. New York: Academic, 1980.

LIMA, G. J. M. M. de . **TRIGO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL**, Embrapa Suínos e Aves. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Concórdia, 2005 Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/index.php?ids=Sq4r54z6x&pg=4&ano=2003>

MAFRA, D.; COZZOLINO, S. M. F. Magnésio. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2007. Cap.24, p.494-507.

MARTINS, R. Fabricação de pão de forma. Resposta Técnica. **Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro**, nov., 2006.

MELO, D.S de Efeitos da farinha de folhas de mandioca sobre a atividade das enzimas AST, ALT, FA e lipídios hepáticos de ratos *Wistar*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p. 32-37, dez. 2008.

MODESTI, C. de F. *et al.* Caracterização de concentrado protéico de folhas de mandioca obtido por precipitação com calor e ácido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p. 464-469, jul.-set. 2007.

MUIR, A. D.; WESTCOTT, N.D. Proc Flax Inst. In: FLAX COUNCIL OF CANADA. **Storage and baking stability**. Canada. 2008. Disponível em: <<http://www.flaxcouncil.ca/english/index.jsp?p=nutrition1&mp=nutrition>>. Acesso em: 14 ago 2008.

NEPA. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), 2ed., v.2, Campinas: NEPA– UNICAMP. 2006. Disponível em:< <http://www.unicamp.br/nepa/taco/>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

ONWULATA, C. I. Baking properties of milk protein-coated wheat bran. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.32, p. 24–38, 2008.

OVANDO-MARTINEZ, M. *et al.* Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta (Banana verde). **Food Chemistry**, v. 113, n.1, 2009, p.121-126, mar 2009.

PAVANELLI, A.P. Aditivos para panificação: conceitos e funcionalidade. Artigo Técnico. **Associação Brasileira da Indústria de Aditivos e Melhoradores para Alimentos e Bebidas - ABIAM**, 2000.

PALMA, E. J.; CICHELO, M. S. F.; PAVANELLI, A. P. Emulsificantes em panificação. Artigo Técnico. Oxiten. 2004. Disponível em: < <http://www.oxiten.com.br> >. Acessado em: 05 ago 2008.

PEDROSA, L. de F. C.; COZZOLINO, S. M. Cobre. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2007. p.533-548.

PEREIRA, G. I. S. *et al.* Avaliação química da folha de cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p.852-857, jul./ago., 2003.

PEREZ, P. M. P.; ROGÉRIO GERMANI, R. Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas. B.CEPPA, v.22, n.1, p.15-24, jan/jun. 2004.

PIMENTEL, B. M. V.; FRANCKI, M.; GOLLÜCKE, B. P. Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos. In: **Revista Eletrônica de Farmácia**. MORAES, F. P.; COLLA, L. M. (Ed). Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde, v. 3, n.2, 109-122, 2006.

PINTO, N. A. V. D. *et al.* Avaliação de fatores antinutricionais das folhas da taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.601-604, maio/ jun., 2001.

PINTO, N. A. V. D.; VILAS BOAS, B. M.; CARVALHO, V. D. de. Caracterização mineral das folhas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott) **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.1, p.57-61, jan/mar., 1999.

PIZZINATTO, A.; CAMPAGNOLLI, D. M. F. **Avaliação e controle de qualidade da farinha de trigo**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, 1993.

POMERANZ, Y. **Modern Cereal Science and Technology**. Pullman: VCH Publishers Inc., 1987.

POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. 3 ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, v. 1, 514p. e v. 2, 562p. 1988.

PROPAN. **Programa de Apoio a Panificação. Perfil da Panificação**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.propan.com.br/perfilpanificacao.asp>>. Acessado em: 01 ago 2008.

PTITCHKINA, N. M. *et al.* Large enhancements in loaf volume and organoleptic acceptability of wheat bread by small additions of pumpkin powder: possible role of acetylated pectin in stabilising gas-cell structure. **Food Hydrocolloids**, v.12, p.333-337, 1998.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de la panificación**. Zaragoza: Acribia, 1991.

QUEIROZ, M.I.; TREPTOW, R.O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos**. Rio Grande: Ed. da FURG, 2006.

RAGHUVANASHI, R. S., SINGH, R., & SINGH, R. Nutritional composition of uncommon foods and their role in meeting micronutrient needs. **International Journal of Food Science and Nutrition**, 52, 331–335, 2001.

RATNAYAKE, W. M. N. *et al.* In: FLAX COUNCIL OF CANADA. **Storage and baking stability**. Canada. 2008. Disponível em: <<http://www.flaxcouncil.ca/english/index.jsp?p=nutrition1&mp=nutrition>>. Acesso em: 14 ago 2008.

RODRÍGUEZ, M. B. S.; MEGÍAS, S. M.; BAENA, B. M. Alimentos Funcionales y Nutrición óptima. Revista da Espanha de Salud Pública. In: **Revista Eletrônica de Farmácia**. MORAES, F. P.; COLLA, L. M. (Ed). Alimentos funcionais e nutraceuticos: definições, legislação e benefícios à saúde, v. 3, n.2, 109-122, 2006.

RAO, P. H.; RAO, H. M. Effect of incorporating wheat bran on the rheological characteristics and bread making quality of flour. **Journal of Food Science and Technology**, v. 28, n. 2, p. 92-97, 1991.

SANT'ANA, L. F. da R. *et al.* Nutritive value and antinutritional factors of multimixtures used as alternative Foods. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.3, p.129-135, 2000.

SANT'ANNA, L. C. **Avaliação da composição química da semente de abóbora (*Cucurbita pepo*) e do efeito do seu consumo sobre o dano oxidativo hepático de ratos (*Rattus norvegicus*)**. 68f. Dissertação (Mestre em Nutrição). Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SANTANGELO, S. B. **Utilização da Farinha de Semente de Abóbora (*Cucurbita maxima* L.) em Panetone**. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SANTOS, M. A. T. dos *et al.* Teores de polifenóis de caule e folha de quatro cultivares de abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura.**, Jaboticabal - SP, v. 23, n. 2, p. 274-276, ago 2001.

SANTOS, M. A. T. dos. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolí, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 30, n. 2, p. 294-301, mar./abr. 2006.

SHANTHALA, M.; PRAKASH, J. Acceptability of curry leaf (*Murraya Koenigii*) incorporated products and attitude toward consumption. **Journal of food processing and preservation**, n.29, p.33-44, 2005.

SHENOY H., A.; PRAKASH, J. Wheat bran (*Triticum aestivum*): composition, functionality and incorporation in unleavened bread. **Journal of Food Quality**. v.25, n.3, p. 197 – 211, 2007.

SILVA, J. de O. S. da Avaliação de alimentos: teste afetivo e escala hedônica. **Resposta Técnica**. Serviço Brasileiro de respostas técnicas, CETEC, 2006

SILVA, A. G. H. da; COZZOLINO, S. M. F. **Fósforo**. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2007. p.482-493

SILVA, C. B. **Efeito da adição de xilanase, glicose oxidase e ácido ascórbico na qualidade do pão de forma de farinha de trigo de grão inteiro**. 149f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos)- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SPILLER, G.A. **Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition**, 2nd ed. Editora: CRC Press, California, 1993.

STEINBERG, D. M.; HUNTER, W. G. Experimental design: a review and comment. **Technometrics** Chicago, v. 26, n. 2, p. 71-97, 1984.

TEIXEIRA, M. A. V. Estudo do efeito da utilização de farinhas de aveia e soja e de semente de linhaça na aceitação do pão de forma. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 7., 2007, Campinas. **Anais e Palestras**. Campinas: SLACA, 2007. CD-ROM.

TEO, C. R. P. A. **Propriedades físico-químicas, funcionais e nutricionais e aplicação tecnológica de concentrado protéico de folhas de mandioca**. 168p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

THEBAUDIN, J.Y.; LEFEBVRE, A.C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C.M. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. **Trends in Food Science & Technology**, v.8, feb. 1997.

TIBURCIO, D.T.S. **Enriquecimento protéico de farinha de mandioca com farinha de soja de sabor melhorado**: desenvolvimento e avaliação nutricional de um novo produto. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

TRAMONTE, V. L. C. G. Sódio, cloro e potássio. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2007. p.437-455

TRUCOM, C. **A Importancia da Linhaca na Saúde**. São Paulo: Alaúde, 2006.

ZHANG, D.; MOORE, W. R. Effect of Wheat Bran Particle Size on Dough Rheological Properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.74, p. 490-496, 1997.

ZHANG, D.; MOORE, W. R. Wheat bran particle size effects on bread baking performance and quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.79, p.805- 809, 1999.

YUAN, X.; WANG, J.; YAO, H. Antioxidant activity of feruloylated oligosaccharides from wheat bran. In: **Revista Brasileira de Zootecnia**. ARAUJO, D. de M. (Ed). Farelo de trigo na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de recria , v.37, n.1, p.67-72, 2008.

YUYAMA, L. K. *et al.* Zinco. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Manole: Barueri, 2007. p.549- 574.

Flávia Vilas Boas Wiecheteck Piekarski

CAPÍTULO II

FOLHA DE ABÓBORA (*CURCUBITA MOSCHATA*): CARACTERIZAÇÃO
MICROBIOLÓGICA, FÍSICO-QUÍMICA E CONTEÚDO MINERAL

RESUMO

As folhas verdes são conhecidas por sua cor característica, sabor e por serem fonte de fibra alimentar e minerais como ferro, cálcio e fósforo. Desta forma esta pesquisa teve por objetivo determinar a composição físico-química e mineral da folha de abóbora em pó (*Curcubita moschata*), cujas análises foram realizadas de acordo com as metodologias oficiais da AOAC. A caracterização microbiológica apresentou-se dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA para farinhas. A folha de abóbora em pó (base seca) apresentou 18,67g/100g de cinzas, 26,70g/100g de proteína, 4,99g/100g de lipídios e 49,65g/100g de carboidrato total, além de ser fonte de fibra alimentar (32,75g/100g). Ainda apresentou elevado teor de cálcio (3564,67mg/100g), potássio (1871,23mg/100g), magnésio (858,28mg/100g) e fósforo (556,64mg/100g), seguido de menor teor de sódio (50,34mg/100g), ferro (15,22mg/100g), zinco (4,49mg/100g) e cobre (1,00 mg/100g).

Palavras-chave:

Folha de abóbora (*Curcubitam moschata*), caracterização físico-química, conteúdo mineral.

ABSTRACT

Green leafy vegetables are recognized for their characteristic color, flavor and for being a source of dietary fiber and minerals such as iron, calcium and phosphorous. This study aimed to analyze the physicochemical compositions and mineral content of pumpkin leaf powder (*Cucurbita Moschata*) using the methodology described in AOAC (2000). The microbiological characterization was presented within the limits established by ANVISA for flours. The physicochemical components analyzed were ashes (18,67g/100g), protein (26,70g/100g), lipids (4,99g/100g) and total carbohydrate (49,65g/100g). Moreover, pumpkin leaf powder proved to be rich in dietary fiber (32,75g/100g). For mineral content it showed high amounts of calcium (3564,67mg/100g), potassium (1871,23mg/100g), magnesium (858,28mg/100g) and phosphorus (556,64mg/100g), followed by lower contents of sodium (50,34mg/100g), iron (15,22mg/100g), zinc (4,49mg/100g) and copper (1,00 mg/100g).

Key-words:

Pumpkin leaf (*Curcubitam moschata*), physicochemical composition, mineral content.

2 INTRODUÇÃO

As folhas verdes são conhecidas por sua cor característica, sabor e por serem fontes de vitaminas como β -caroteno, ácido ascórbico, riboflavina e ácido fólico, e mineral como ferro, cálcio e fósforo (GUPTA *et al.*, 2005).

Algumas das folhas de vegetais normalmente consumidas no Brasil são alface (*Lactuca sativa L.*), acelga (*Beta orientalis L.*), almeirão (*Cichorium intybus L.*), couve (*Brassica oleracea*), entre outras, as quais têm seu valor nutritivo reportado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-TACO (NEPA, 2006).

No entanto, muitas folhas de uso não convencional tem sido pesquisadas em relação a sua composição nutricional e antinutricional em diversos países, como na Nigéria (BARMINAS; CHARLES; EMMANUEL, 1998), Índia (GUPTA *et al.*, 2005), Camarões (EJOH *et al.*, 2007), entre outros.

No Brasil, a folha de uso não convencional muito estudada é a da mandioca. Tem sido referenciada em trabalhos científicos como em Melo *et al.* (2008), Teo (2007), Modesti *et al.* (2007), Barbosa *et al.* (2006), Camargo Penteado *et al.* (2003), Sant'Ana *et al.* (2000). Outras folhas mencionadas são, por exemplo, a da cenoura (PEREIRA *et al.*, 2003), do abacaxizeiro (SANTOS *et al.*, 2001) e da taioba (PINTO; VILAS BOAS; CARVALHO, 1999; PINTO *et al.*, 2001).

Ainda, algumas referências relacionam a utilização de folhas verdes na incorporação de alimento, como em massa de macarrão (BORNEO; AGUIRRE, 2008), pães e bolos (TEO, 2007), pão indiano (chapati), batata temperada e arroz cozido (SHANTHALA; PRAKASH, 2005), e sucos (ALMEIDA; SANTANA ; SOUZA, 2003).

Folhas de abóbora moranga, da espécie *Cucurbita maxima*, foram estudadas por Gupta *et al.* (2005) quanto à composição físico-química e conteúdo de minerais, sendo que estudos realizados com a polpa e semente da abóbora, já são bastante divulgados. Ptitchkina *et al.* (1998) avaliaram a incorporação de polpa de abóbora desidratada em formulações de pães, sendo que El-Soukkary (2001), estudou o efeito da utilização de semente de abóbora crua, tostada, germinada e fermentada, assim como do seu isolado protéico, no desenvolvimento de pães. No entanto, estudos relacionados às folhas ainda pouco divulgados, tanto quanto sua composição físico-química quanto a sua utilização no desenvolvimento de produtos de panificação.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características físico-químicas e conteúdo mineral da folha de abóbora (*Curcubita moschata*) em pó.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar as análises microbiológicas da folha de abóbora em pó;

Determinar a cor e granulometria da folha de abóbora em pó.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Folhas de abóbora (*Cucúrbita moschata*) foram adquiridas em feira livre com agricultor específico da região de Curitiba- PR, no mês de janeiro 2008, cujo plantio aconteceu em novembro de 2007.

4.2 MÉTODOS

A FIGURA 8 apresenta o diagrama com a primeira fase da pesquisa, a qual se refere à caracterização da folha de abóbora e inclui as seguintes etapas: coleta da matéria-prima, processamento da folha de abóbora para obtenção do pó, com posterior realização de análises microbiológicas, físicas, físico-químicas e conteúdo de minerais do material.

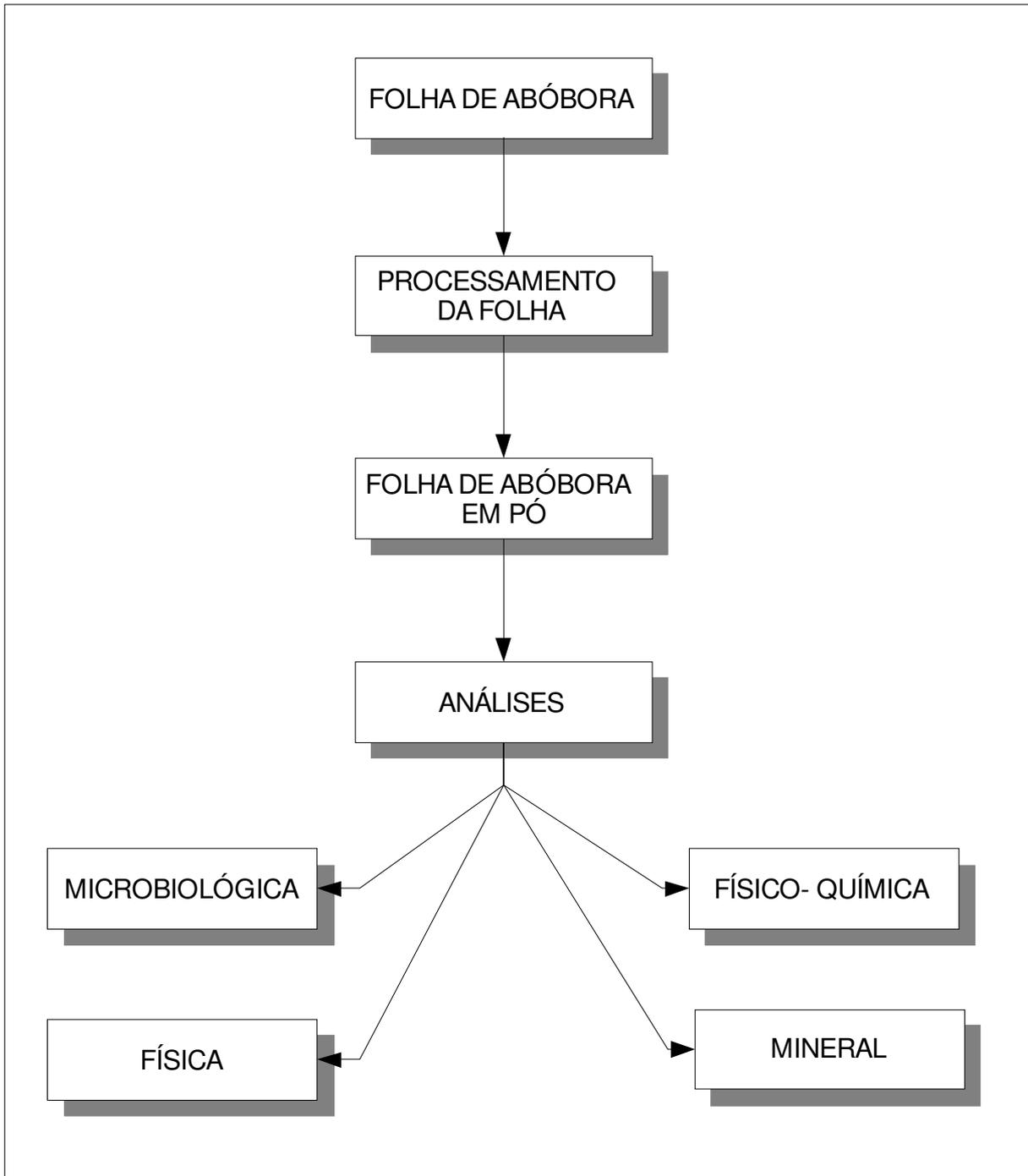


FIGURA 8- DIAGRAMA DA OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ

4.2.1 Processamento da folha de abóbora

As folhas de abóbora coletadas frescas no mercado de Curitiba-PR, foram lavadas com água potável da rede de abastecimento, e deixadas em solução com teor de cloro ativo de 2% a 2,5% p/p, por 10 min e novamente lavadas com água potável. Na seqüência, foram cortadas em tiras e secadas em estufa com circulação

de ar (Soc. Fabbe Ltda, mod.170) a $48^{\circ}\text{C} \pm 1,87$ por 5 horas até atingirem uma umidade de no máximo 10%. A umidade foi determinada no sistema de Infra-Vermelho Gehaka (modelo IVT 200) segundo o método nº 45-14A da AACC (1995). As folhas secas foram trituradas em liquidificador industrial (Metalúrgica 7000 Light) até a obtenção de partículas pequenas e acondicionadas em recipientes esterilizados e conservadas em congelador (Freezer Consul Horizontal 310 CHA31) a -18°C até a sua utilização.

A metodologia adotada foi baseada em resultados de pré-testes e artigos relacionados (SINGH *et al.*, 2003; EJOH *et al.*, 2007). O rendimento (η) do processo foi determinado conforme EQUAÇÃO (2).

$$\eta = \frac{\text{peso.final} * 100\%}{\text{peso.inicial}} \quad (2)$$

4.2.2 Análise microbiológica

Segundo a Resolução RDC nº 12 (BRASIL, 2001) que aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, as análises microbiológicas requeridas para farinhas são a de *Bacillus cereus*/g, Coliformes a 45°C /g e *Salmonella sp.*/25 g, sendo que os procedimentos microbiológicos seguiram o protocolo descrito pela Food and Drug Administration (1995). A interpretação dos resultados obtidos deve seguir os critérios microbiológicos estabelecidos na legislação brasileira (BRASIL, 2001).

4.2.3 Análises físicas

4.2.3.1 Cor

A cor da folha de abóbora em pó foi mensurada pelo sistema CIEL*a*b, em equipamento marca HunterLab® modelo D25L-2 (Hunter Assoc. Laboratory, VA, USA), com iluminante C ou D65 e ângulo 10° , previamente calibrado. Os parâmetros analisados foram: L^* ou luminosidade (preto 0/branco 100), a^* (verde -/vermelho +) e b^* (azul -/amarelo +) (HUNTERLAB, 2006).

4.2.3.2 Granulometria

A granulometria da folha de abóbora em pó foi determinada para 50 g da amostra, de acordo com o método 965.22 da AOAC (2000). Foi utilizado conjunto de peneiras com malhas de 20, 48, 80, 100, 150 e 200 mesh, submetidas à ação vibratória por um período de 10 minutos, as quais posteriormente foram pesadas. Os resultados devem ser expressos em percentagem de material retido em cada peneira.

4.2.4 Análise de composição físico-química

As análises foram realizadas conforme a metodologia da AOAC (2000). A determinação da umidade seguiu o método de secagem em estufa (Soc. Fabbe Ltda, mod.119) a 105 °C (nº 925.10). As cinzas foram obtidas por incineração da amostra em mufla (Quimis Aparelhos Científicos, mod. Q.318.D.25T) a 550°C até peso constante (nº 923.03). A determinação de lipídios seguiu o método de Soxhlet (nº 920.85) e a análise de proteínas foi realizada segundo o método de Kjeldhal (nº 923.04), utilizando-se fator de conversão de nitrogênio em proteínas de 5,75 (BRASIL, 2003). Ambas as análises foram realizadas em equipamento Prodicil O carboidrato foi determinado por diferença, subtraindo-se de 100 a somatória dos teores de umidade, proteína, lipídios e cinzas.

A determinação do teor de fibra alimentar total da amostra foi realizada de acordo com o método enzimático gravimétrico nº 991.43 da AOAC (2000), sendo calculado conforme a EQUAÇÃO (3).

$$\% \text{ FA} = [(R_{\text{amostra}} - P_{\text{amostra}} - A_{\text{amostra}} - B) / \text{SW}] \cdot 100 \quad (3)$$

Onde: FA= fibra alimentar (%); B= $R_{\text{branco}} - P_{\text{branco}} - A_{\text{branco}}$; R= peso médio dos resíduos (mg); P= peso médio das proteínas (mg); A= peso médio das cinzas (mg); SW= peso médio das amostras (mg)

A determinação de pH e de acidez foi baseada na metodologia nº 943.02 da AOAC (2000). A medição de atividade de água foi conduzida em triplicata, em

higrômetro (Decagon Devices, Aqua Lab Model Series 3TE, Pullman, WA, EUA) previamente calibrado com solução de cloreto de lítio ($a_w = 0,250 \pm 0,03$).

4.2.5 Análise do conteúdo mineral

Para a determinação dos minerais da folha de abóbora em pó, a amostra foi carbonizada de acordo com os procedimentos preconizados pelo método 393/IV do Instituto Adolfo Lutz (IAL,2005). A quantificação de cálcio, ferro, sódio, potássio, zinco, cobre e magnésio foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica (Varian, modelo SpectrAA-200, Mulgrave, VC, Austrália) com operação manual de injeção das amostras e utilização de ar/acetileno. O fósforo foi quantificado pela técnica de espectrofotometria molecular UV-VIS (Shimadzu, modelo UV-1601, Kioto, Japão) preparando-se curvas de calibração, em gradiente crescente de concentração, com substância padrão segundo metodologia proposta pela AOAC (2000).

As condições de operação do espectrofotômetro de absorção atômica e espectrofotômetro de UV-VIS estão mostradas na TABELA 7. Foram preparadas curvas analíticas, com cinco pontos cada, a partir de soluções padrões de cada elemento químico, em solução de ácido nítrico 5%, em ordem crescente de concentração. O conteúdo de minerais foi calculado por porção de 100g.

TABELA 7- CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO ESPECTRÔMETRO DE ABSORÇÃO ATÔMICA E DO ESPECTROFOTÔMETRO UV-VIS PARA ANÁLISE DE MINERAIS DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ

MINERAL	λ (nm)	CORRENTE (mA)	FENDA (nm)	CURVA DE CALIBRAÇÃO	R ² (%)	LD
Ca	422,7	10	0,5	$y = 0,2817x + 0,0212$	99,86	0,01
Na	589,0	5	0,1	$y = 0,8723x + 0,0757$	99,87	0,002
P	650,0	--	--	$y = 0,3658x + 0,0176$	99,83	0,10
Fe	372,0	5	0,1	$y = 0,087x + 0,0105$	99,25	0,05
K	766,5	5	0,1	$y = 0,0023x - 0,0026$	99,95	0,03
Mg	282,2	4	0,1	$y = 1,0625x + 0,0056$	99,22	0,003
Zn	213,9	5	0,1	$y = 0,1513x + 0,049$	94,99	0,05
Cu	327,4	4	0,1	$y = 0,1261x + 0,0139$	99,61	0,05

NOTA: UV-VIS= ultravioleta visível; λ = lambda; nm= nanômetro; mA= miliamper; R²= coeficiente de determinação; LD=Limite de detecção (mg/kg); -- =não aplicável

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A TABELA 8 apresenta os resultados de análise microbiológica para a folha de abóbora em pó (FAP): Coliformes a 45°C, *Salmonella sp.*, e *Bacillus cereus*, os quais apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA (BRASIL, 2001).

TABELA 8 – ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ

ANÁLISES	RESULTADO	LIMITES
⁽¹⁾ Coliformes a 45°C (NMP/grama)	< 3	NMP 10 ² /g
⁽²⁾ Salmonella sp (UFC/grama)	ausência	Ausência/25g
⁽³⁾ <i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	<100	3x10 ³ UFC/g

NOTA: Limites estabelecidos pela RDC nº12 (2001)

5.2 ANÁLISES FÍSICAS

5.2.1 Cor

O resultado de cor para a FAP (TABELA 9) confirmou sua coloração verde, uma vez o parâmetro a^* negativo tende à cor verde. Ainda, o parâmetro b^* , 24,11, ficou com um valor dentro da região amarela das coordenadas. A luminosidade (L^*) foi de 44,23.

TABELA 9 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE COR PARA A FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ

COR	RESULTADO
L^*	44,23 (0,43)
a^*	-7,23 (0,05)
b^*	24,11 (0,17)

NOTA: L^* (luminosidade), a^* e b^* (+ a^* : vermelho, - a^* : verde, + b^* : amarelo, - b^* : azul);
() = desvio padrão (n= 5)

5.2.2 Granulometria

Para a determinação de granulometria FAP foram utilizadas peneiras de 20 à 200 mesh, conforme TABELA 10. A FAP apresentou granulometria fina, com 90,27% de suas partículas com tamanho inferior a 0,300mm, das quais 47,43% apresentaram-se entre 0,180 e 0,300 mm.

TABELA 10- DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ

MESH	ABERTURA (mm)	% RETENÇÃO
20	0,850	1,28
48	0,300	8,44
80	0,180	47,43
100	0,150	13,81
150	0,106	12,78
200	0,075	10,48
	Fundo	5,77
	Total	100,00

5.3 ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

As folhas de abóbora apresentaram alto conteúdo de umidade, 77,88 g/100g, confirmando a necessidade de tratamento térmico para a estocagem. Este valor apresenta-se dentro da faixa de umidade encontrada por Gupta *et al.* (2005), 73 a 95,3 g/100g, o qual estudou treze tipos de folhas de uso não convencional. O processamento das folhas de abóbora fresca à folha seca triturada (FIGURA 9) gerou um rendimento de 16,59%, considerado baixo devido ao alto conteúdo de umidade inicial das mesmas.



FIGURA 9- FOLHA DE ABÓBORA FRESCA, SECA E EM PÓ

A (FAP), contendo umidade de 8,41g/100g (TABELA 11) apresentou um valor baixo de atividade de água (aw), 0,500, o que é considerado estável quanto ao aspecto microbiológico (UBOLDI EIROA, 1981). Este baixo conteúdo de água na FAP é importante para contrabalancear o pH alto de 8,21, e a baixa acidez, 0,17mL/100g, da mesma. A FAP apresentou características mais básicas do que o encontrado por Pereira *et al.* (2003) para a folha de cenoura seca (pH de 5,76 e acidez de 0,74 mL/100g).

TABELA 11- CARACTERÍSTICAS GERAIS DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ: DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE, ATIVIDADE DE ÁGUA, ACIDEZ E pH

ANÁLISES	RESULTADOS
Umidade (g/100g)	8,41 (0,08)
Atividade de água (aw)	0,500 (0,01)
Acidez (mL NaOH,0,1N/100g)	0,17 (0,01)
pH	8,21 (0,01)

NOTA: () = desvio padrão (n= 3)

A TABELA 12 apresenta a composição físico-química da FAP e a de outras folhas de uso não convencional (GUPTA *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.*, 2003; SANT'ÁNA *et al.*, 2000).

TABELA 12 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ (FAP) E COMPARATIVO COM OUTRAS FOLHAS DE USO NÃO CONVENCIONAL

ANÁLISES (g/100g)	FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ (FAP)	FOLHA DE ABÓBORA FRESCA (<i>Curcubita maxima</i>)	FOLHA DE MANDIOCA EM PÓ (<i>Manihot esculenta</i>)	FOLHA DE CENOURA EM PÓ (<i>Daucus carota</i>)
Cinzas	18,67	20,27	7,69	10,5
Proteína	26,70	27,33	24,66	15,12
Lipídios	4,99	3,53	9,49	2,5
Carboidrato total	49,65	48,87	58,15	52,65
Carboidrato disponível	16,90	9,93	5,54	-
Fibra alimentar	32,75	38,93	52,61	-
FONTE	A AUTORA	Gupta <i>et al.</i> (2005)	Sant'ána <i>et al.</i> (2000)	Pereira <i>et al.</i> (2003)

NOTA: valores expressos em base seca

Conforme a TABELA 12, a FAP apresentou teor de cinzas de 18,67g/100g, próximo ao encontrado para a folha de abóbora *C. maxima* (GUPTA *et al.*, 2005) do mesmo gênero, mas de diferente espécie. No entanto, estes valores apresentam-se superiores ao encontrado para outras folhas de uso não convencional, como a folha de mandioca (SANT'ÁNA *et al.*, 2000) e de cenoura (PEREIRA *et al.*, 2003).

O teor de proteína da FAP foi de 26,70g/100g, valor 7,89% inferior ao determinado para a folha de abóbora *C. maxima* (GUPTA *et al.*, 2005) e 43,37% superior ao valor encontrado para a folha de cenoura (PEREIRA *et al.*, 2003). O teor de proteínas da FAP representa 53,40% da IDR para adultos, o que a classifica com alto teor de proteínas de acordo com a informação nutricional complementar descrita na Portaria n° 27 (BRASIL, 1998).

Em relação aos lipídios, a FAP apresentou um teor (4,99g/100g) superior ao da folha de abóbora *C. maxima* e folha de cenoura e inferior ao da folha de mandioca (SANT'ÁNA *et al.*, 2000) (TABELA 12).

Na determinação da análise de lipídios foi utilizado como solvente o éter etílico, que é um solvente de extração mais ampla, o qual pode extrair também vitaminas, esteróides, resinas e pigmentos. No entanto, estes compostos aparecem em pequenas quantidades (CECCHI, 2003).

O teor de fibra alimentar da FAP foi de 32,75g/100g. Desta forma a FAP pode ser considerada rica em fibra alimentar, uma vez que possui mais de 6,00g/100g deste componente (BRASIL, 1998). Gupta *et al.* (2005) encontrou valor 15,87% superior para a folha de abóbora *C. maxima*, e Sant'Ána *et al.* (2000) um valor superior em 60,64% para a folha de mandioca (TABELA 12). Segundo a TACO (NEPA, 2006) a couve manteiga possui 34,07g/100g de fibras, o espinafre, 35,00 g/100g, e a mostarda, 28,79g/100g.

Dos 49,65g/100g de carboidratos totais da FAP, observou-se que 16,90g/100g representam carboidratos disponíveis, e 32,75g/100g, fibra alimentar, os quais se apresentam numa relação próxima a 1:2.

Em relação às folhas de uso convencional, couve manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*), espinafre (*Tetragonia expansa*), mostarda (*Brassica juncea* (L.) e alface crespa (*Lactuca sativa* L.), a FAP apresentou em média 18,05% menos proteína, valores intermediário de lipídios e cinzas, e superiores de carboidratos totais, uma vez que aquelas, segundo a TACO (NEPA, 2006), possuem (em base

seca) conteúdo de cinzas entre 14,29 a 20,00 g/100g, proteína de 31,82 a 33,33g/100g, lipídios de 3,03 a 5,49 g/100g, carboidrato total de 43,33 a 48,48 g/100g, e fibra total, 28,79 a 35g/100g.

A composição físico-química da FAP pode ser comparada também à de farinhas, sementes (NEPA, 2006) e farelos (FINELI, 2009) utilizados em panificação. A FAP apresenta pelo menos 60% a mais de cinzas do que a farinha de trigo, farelo de trigo e semente de linhaça, e em torno de 45% a mais de proteínas. Seu conteúdo de lipídios é similar ao do farelo de trigo e inferior ao da semente de linhaça. Já, a quantidade de carboidratos disponíveis, é baixa quando comparado com a farinha de trigo (42% menor), no entanto, similar ao da semente de linhaça, apenas 6% maior. Em relação à fibra alimentar seu conteúdo também é próximo ao da semente de linhaça (35,91g/100g) e inferior ao do farelo de trigo (34% menor).

5.4 ANÁLISE DO CONTEÚDO MINERAL

Os resultados dos minerais estão apresentados na TABELA 13. A FAP apresentou alto conteúdo de cálcio (3564,67 mg/100g), seguida do potássio (1871,23 mg/100g), magnésio (786,10 mg/100g) e fósforo (556,64 mg/100g), sendo que menores conteúdos foram obtidos para o sódio (503,34 mg/100g), ferro (15,22 mg/100g), zinco (4,49 mg/100g) e cobre (1,00 g/100g). Estes resultados estão de acordo com Gupta *et al.* (2005) segundo o qual as folhas de vegetais são ricas em minerais, sendo que ferro, zinco e cobre aparecem em quantidades menores.

TABELA 13- CONTEÚDO MINERAL DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ E COMPARATIVO COM OUTRAS FOLHAS DE USO NÃO CONVENCIONAL

MINERAIS (mg/100g)	FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ (FAP)	FOLHA DE ABÓBORA FRESCA (<i>Curcubita maxima</i>)	FOLHA DE MANDIOCA EM PÓ (<i>Manihot esculenta</i>)	FOLHA DE CENOURA EM PÓ (<i>Daucus carota</i>)
Cálcio	3564,67	2013,33	2096,69 ⁽¹⁾	1970
Cobre	1,00	1,27	1,00 a 5,00 ⁽²⁾	-
Ferro	15,22	29,20	25,64 ⁽¹⁾	57,10
Fósforo	556,64	226,67	290,00 ⁽³⁾	320
Magnésio	858,28	1000,00	320 ⁽³⁾	226
Potássio	1871,23	2453,33	1590,00 ⁽³⁾	2744
Sódio	50,34	80	-	32,80
Zinco	4,49	4,13	10,21 ⁽¹⁾	5,70
FONTE	A autora	Gupta <i>et al.</i> (2005)	⁽¹⁾ Sant'ána <i>et al.</i> (2000) ⁽²⁾ Teo (2007) ⁽³⁾ Modesti <i>et al.</i> (2007)	Pereira <i>et al.</i> (2003)

NOTA: valores expressos em base seca

A FAP mostrou-se rica em minerais uma vez que o conteúdo da maioria dos minerais representou no mínimo 30% da ingestão diária recomendada (IDR) (BRASIL, 2005). A FAP apresentou conteúdo de ferro para suprir 99,57% da recomendação diária para adultos, 72,83% da de fósforo, e 58,71% da recomendação de zinco.

Já o conteúdo de cálcio, magnésio e cobre foram superiores a recomendação diária, 69,37%, 66,92% e 2,17%, respectivamente (BRASIL, 2005). No entanto, a FAP não tem como objetivo consumo direto, o que contribui para a diluição dos minerais. Em relação aos íons, o potássio apresentou conteúdo para suprir 39,81% da IDR e o sódio 3,36% (TRAMONTE, 2007).

Em relação à folha de abóbora *C. maxima* (GUPTA *et al.*, 2005), TABELA 13, a FAP apresentou teores superiores de cálcio (77%), fósforo (145%) e zinco (8%), e inferiores de cobre (21%), ferro (48%), magnésio (14%), potássio (23%) e sódio (37%).

Em comparação com outras folhas de uso não convencional, a folha de mandioca (SANT'ÁNA *et al.*, 2000) e a folha de cenoura (PEREIRA *et al.*, 2003), o conteúdo de cálcio determinado pelos autores foi inferior ao determinado para a FAP. Esta diferença foi expressiva também para a planta do mesmo gênero, mas de espécie diferente, *C. maxima* (GUPTA *et al.*, 2005), a qual apresentou um conteúdo de cálcio 43,52% menor do que o obtido neste estudo.

Algumas folhas de uso convencional chegam a possuir teores de cálcio três vezes menor do que determinado para a FAP. Segundo TACO (NEPA, 2006), em base seca, o espinafre possui 1633,33 mg/100g de cálcio, a mostarda 1030,30g/100g e alface crespa 974,36g/100g do mineral.

O leite e os vegetais de folhas verdes são ricos em cálcio, onde os produtos lácteos contribuem com cerca de dois terços do cálcio alimentar, sendo que os vegetais, frutas e grãos suprimem o restante (SILVA; COZZOLINO, 2007a).

Em relação a alimentos fonte, a FAP pode chegar a ter um conteúdo de cálcio três vezes maior, uma vez que o leite de vaca integral em pó possui 890,00 mg/100g de cálcio, e o desnatado em pó, 1363,00mg/100g (NEPA, 2006).

Ainda, este alto teor de cálcio da FAP pode contrabalancear a presença de compostos como ácido oxálico e fitato, que prejudicam a assimilação do mesmo pelo organismo, uma vez que a quantidade de cálcio presente em um alimento é mais importante que sua biodisponibilidade em si (SILVA; COZZOLINO, 2007a).

Em relação ao fósforo, a FAP apresentou um conteúdo de 556,64mg/100g, valor superior ao determinado para a folha de cenoura (PEREIRA *et al.*, 2003), e para a folha de mandioca (MODESTI *et al.*, 2007). O fósforo é bem mais utilizado quando fornecido pelo alimento do que quando administrado na forma de sais de fosfato. Nos alimentos o fósforo é encontrado como éster de fosfato, e com a hidrólise gradual, é absorvido pelo organismo lentamente sendo, portanto, utilizado de maneira eficiente nos processos metabólicos (SILVA; COZZOLINO, 2007b).

O magnésio está amplamente distribuído nas fontes alimentares vegetais, sendo que os folhosos são as melhores fontes, seguidos por legumes, produtos marinhos, nozes, cereais e derivados do leite. O magnésio faz parte da clorofila, o que torna os vegetais de folhas verdes as maiores fontes de magnésio nas dietas (MAFRA; COZZOLINO, 2007). Segundo determinado para a FAP e para a folha de abóbora *C. maxima* (GUPTA *et al.*, 2005), (TABELA 13), observou-se que o gênero *Curcubita* apresentou teor de magnésio 70,62% maior do que o determinado para as

folhas de mandioca (MODESTI *et al.*, 2007) e folha de cenoura (PEREIRA *et al.*, 2003).

O conteúdo de ferro da FAP (15,22mg/100g) apresentou-se 40,63% e 73,34 % inferior ao obtido para a folha de mandioca (SANT'ÁNA *et al.*, 2000) e folha de cenoura (PEREIRA *et al.*, 2003), respectivamente. No entanto, aquele valor apresenta-se próximo ao conteúdo da mostarda (16,67 g/100g) e superior ao da alface crespa (10,26 mg/100g) (NEPA, 2006). As carnes são as melhores fontes de ferro uma vez que a maior parte do ferro de origem animal é heme, a forma mais biodisponível. Além da carne, alimentos como espinafre, ostras, fígado, ervilhas, legumes são os que possuem as maiores teores de ferro (mg/kcal) (HENRIQUES; COZZOLINO, 2007).

O conteúdo de zinco da FAP obtido foi de 4,49 mg/100g, conteúdo similar ao da folha de abóbora (*C. maxima*) (GUPTA *et al.*, 2005) e folha de cenoura (PEREIRA *et al.*, 2003). Já Sant'Ana *et al.* (2000) encontraram um valor 56,02 % superior para a folha de mandioca. Frutas, hortaliças e outros vegetais em geral são fontes pobres em zinco, sendo que as principais fontes são ostras, camarão, carnes, gérmen de trigo, grãos integrais, castanhas, cereais, legumes e tubérculos (YUYAMA *et al.*, 2007).

A FAP apresentou 1,00mg/100g de cobre. Teo (2007) cita que a folha de mandioca desidratada possui teores de cobre que variam de 1 a 5 mg/100g. O cobre está amplamente distribuído nos alimentos, e suas melhores fontes são: fígado (de 9,9 a 4,5 mg/100g), mexilhões, ostras, onde a crua (2mg/100g), cereais integrais, nozes (1,33 mg/100g) e chocolate (2,18mg/100g), sendo que a semente de abóbora possui em torno de 1,37 mg/100g do mineral (HANDS, 2007).

Em relação aos íons que exercem papel importante na manutenção da pressão osmótica, a FAP apresentou 1871,23 mg/100g de potássio, e 50,34 mg/100g de sódio. O valor de potássio encontra-se dentro da faixa encontrada para folha de mandioca (MODESTI *et al.*, 2007) e folha de cenoura (PEREIRA *et al.*, 2003). Já, o teor de sódio da FAP apresentou-se 34% superior ao encontrado para folha de cenoura (TABELA 13).

As frutas e vegetais como espinafre, brócolis e tomate são boas fontes de potássio, sendo que o abacate possui 602,00 mg/100g e a semente de abóbora 801,75 mg/100g do mineral, em matéria úmida (TRAMONTE, 2007). Já os vegetais que possuem maior teor de sódio são as raízes como cenouras (3,00 mg/100g) e

beterrabas (10 mg/100g), sendo que o leite integral possui 64 mg/100g de sódio (NEPA, 2006).

Em relação às folhas de uso convencional: couve manteiga, espinafre, mostarda e alface crespa (NEPA, 2006), em base seca, a FAP apresentou em média 66,0% a mais de cálcio; 37% a menos de magnésio do que o espinafre e em torno de 64% a mais do que as demais; valores intermediários de fósforo, ferro, sódio e zinco; valores inferiores de potássio, 66% em média; e valores similares de cobre. Este resultado mostra que a FAP possui composição mineral similar as de folhas normalmente consumidas, com exceção do cálcio, para o qual FAP apresentou o maior teor.

Quanto à farinha de trigo, semente de linhaça (NEPA, 2006) e farelo de trigo (FINELI, 2009), a FAP apresenta em torno de 90% a mais de cálcio. No entanto, o farelo de trigo possui 52% a mais de fósforo. Ainda a FAP apresenta 23% a mais de potássio do que o farelo de trigo e 56% a mais de magnésio do que a semente de linhaça. Já o teor de ferro da FAP é inferior ao do farelo de trigo, 23%, no entanto superior ao da linhaça, 66%. O teor de cobre da FAP é similar ao da semente de linhaça, apenas 14% inferior. A farinha de trigo apresenta as menores concentrações de minerais uma vez que possui baixo teor de cinzas e alto de carboidratos disponíveis. O contrário ocorre com o farelo que no grão de trigo é composto do pericarpo e das camadas superficiais do aleurona (ABITRIGO, 2005).

6 CONCLUSÃO

A folha de abóbora em pó apresentou composição físico-química adequada quando comparada a literatura, além de possuir alto teor de proteínas e ser rica em fibra alimentar (32,75 g/100g). Exibiu alto conteúdo de minerais destacando o cálcio (3564,67 mg/100g) e magnésio, sendo rica também em ferro, fósforo e zinco.

A caracterização microbiológica da folha de abóbora em pó apresentou-se dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA.

A folha mostrou luminosidade (L^*) de 44,23, valor de a^* negativo (-7,23), o que representa a coloração verde, e valor de b^* de 24,11. Ainda, exibiu granulometria fina, com 90,27% de suas partículas apresentando tamanho inferior a 0,300 mm.

REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. v.1 e v. 2, 9. ed. St. Paul: Approved Methods Committee, 1995.

ABITRIGO. Associação Brasileira da Indústria do Trigo. São Paulo, 2005. **Consumidor**. Disponível em:< <http://www.abitrigo.com.br/trigo.asp>>. Acesso em: 22/04/2007.

ALMEIDA, K. O. L. de; SANTANA, J. C. C.; SOUZA, R. R. de. Análise sensorial de alimentos funcionais enriquecidos com folha de *Manihot spp*. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.5, n.2, p.127-131, 2003.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC Internacional**. v.2, 17th ed. Gaithersburg: AOAC, 2000.

BARBOSA, C. de O. *et al*. Conteúdo de minerais na multimistura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.4, p. 916-920, out./dez. 2006.

BARMINAS, J.T.; CHARLES, M.; EMMANUEL, D. Mineral composition of non-conventional leafy Vegetables. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 53, p. 29-36, 1998.

BARROS NETO, B. de; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos**: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 3 ed., Campinas: Unicamp, 2007.

BORNEO, R; AGUIRRE, A. Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, p. 1748–1751, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Portaria nº 27, 01/1998. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 1998a. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 20/ 05/ 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Resolução RDC nº12, 01/2001. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 2001. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 01/ 07/2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Resolução RDC nº 360, 12/2003. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 2003. Disponível em: www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm. Acessado em: 12/08/2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Resolução RDC nº269, 09/2005. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 2005. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 22/ 10/2008.

CAMARGO PENTEADO, M. de V. *et al.* Biodisponibilidade do β -caroteno da folha desidratada de mandioca (*manihot esculenta* crantz). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 473-477, set.-dez. 2003.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**, 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003.

EL-SOUKKARY, F. A. H. Evaluation of pumpkin seed products for bread fortification. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.56, p. 365-384, 2001.

EJOH, R. A. *et al.* Nutritional components of some non-conventional leafy vegetables consumed in Cameroon. **Pakistan Journal of Nutrition**. v.6, n.6, p.712-717, 2007.

FINELI. National Institute for Health and Welfare. Finlândia, 2003-2009. **Wheat bran**. Disponível em: < <http://www.fineli.fi/> >. Acesso em: 02 jul. 2008.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Bacteriological Analytical Manual**. 8 ed., 1995.

GUPTA, S. *et al.* Analysis of nutrient and antinutrient content of underutilized green leafy vegetables. **Food Science and Technology**, v. 38, p.339–345, 2005.

HANDS, E.S. Nutrients in food. In: **Biodisponibilidade de nutrientes**. Cozzolino, S. M. F (Ed). Manole: Barueri, 2 ed., 2007.

HUNTERLAB. **Hunter Associates Laboratory**. Inc. Reston. 2006. Color Measurement of Cereal and Cereal Products. Disponível em: < <http://www.hunterlab.com/ColorEducation/ArticlesPapers>>. Acesso em: 02 jul. 2008.

HENRIQUES, G. S; COZZOLINO, S. M. F. Ferro. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2007. Cap.25, p.508- 531.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4 ed. Brasília, 2005.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S. M. F. Magnésio. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2007. Cap.24, p.494-507.

MELO, D.S de Efeitos da farinha de folhas de mandioca sobre a atividade das enzimas AST, ALT, FA e lipídios hepáticos de ratos Wistar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p. 32-37, dez. 2008.

MODESTI, C. de F. *et al.* Caracterização de concentrado protéico de folhas de mandioca obtido por precipitação com calor e ácido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p. 464-469, jul.-set. 2007.

NEPA. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), 2ed., v.2, Campinas: NEPA- UNICAMP. 2006. Disponível em:< <http://www.unicamp.br/nepa/taco/>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

PEREIRA, G. I. S. *et al.* Avaliação química da folha de cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 852-857, jul/ago 2003.

PINTO, N. A. V. D. *et al.* Avaliação de fatores antinutricionais das folhas da taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schoot). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 601-604, maio./ jun., 2001.

PINTO, N. A. V. D.; VILAS BOAS, B. M.; CARVALHO, V. D. de. Caracterização mineral das folhas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott) **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 57-61, jan./mar., 1999.

PTITCHKINA, N. M. *et al.* Large enhancements in loaf volume and organoleptic acceptability of wheat bread by small additions of pumpkin powder: possible role of acetylated pectin in stabilising gas-cell structure. **Food Hydrocolloids**, v.12, p.333-337, 1998.

SANT'ANA, L. F. da R. *et al.* Nutritive value and antinutritional factors of multimixtures used as alternative Foods. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.3, p.129-135, 2000.

SANTOS, M. A. T. dos *et al.* Teores de polifenóis de caule e folha de quatro cultivares de abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 23, n. 2, p. 274-276, agosto 2001

SHANTHALA, M.; PRAKASH, J. Acceptability of curry leaf (*Murraya Koenigii*) incorporated products and attitude toward consumption. **Journal of food processing and preservation**, n.29, p.33-44, 2005.

SILVA, A. G. H. da; COZZOLINO, S. M. F. Cálcio. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2007a. Cap.22, p.456-481.

SILVA, A. G. H. da; COZZOLINO, S. M. F. Fósforo. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2007b. p.482-493.

SINGH, G. *et al.* Effect of storage on nutritional composition of selected dehydrated green leafy vegetable, herb and carrot powders. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 58, p.1-9, 2003.

TEO, C. R. P. A. **Propriedades físico-químicas, funcionais e nutricionais e aplicação tecnológica de concentrado protéico de folhas de mandioca**. 168p.

Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

TRAMONTE, V. L. C. G. Sódio, cloro e potássio. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2007. p.437-455.

UBOLDI EIROA, M. N. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microorganismo e métodos de determinação em alimentos. **Boletim ITAL**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 353-383, jul./set. 1981.

YUYAMA, L. K. *et al.* Zinco. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2. ed. Manole: Barueri, 2007. p. 549- 574.

Flávia Vilas Boas Wiecheteck Piekarski

CAPÍTULO III

EFEITO DA ADIÇÃO DE FOLHA DE ABÓBORA, SEMENTE DE LINHAÇA E FARELO DE TRIGO NA REOLOGIA DA MASSA E QUALIDADE SENSORIAL DO PÃO

RESUMO

A folha de abóbora (*Curcubita moschata*), matéria-prima pouco explorada com alto conteúdo de minerais e fibras alimentares, foi utilizada no desenvolvimento de pães em conjunto com a farinha de semente de linhaça e farelo de trigo. Foram desenvolvidas três formulações (F1, F2 e F3) e um ponto central (F4) com duas repetições (F4₁ e F4₂), com base no delineamento de superfícies limitadas e mistura. Combinações ternárias foram realizadas utilizando-se folha de abóbora em pó (FAP), farinha de semente de linhaça (FSL) e farelo de trigo (FRT), respectivamente, nas seguintes proporções: F1 (1,5: 6,0: 7,5), F2 (3,5: 6,0: 5,5), F3 (1,5: 8,0: 5,5), F4, F4₁ e F4₂ (2,1665: 6,6665: 6,1670). Foram avaliados os parâmetros de reologia (farinografia e alveografia), volume, cor da crosta e do miolo, além de testes sensoriais das formulações. Controle (C) com FSL e FRT na proporção (7,5: 7,5) foi utilizado nas análises reológicas e físicas dos pães. A análise farinográfica mostrou que a absorção de água (A%) das formulações de farinhas mista foi estatisticamente superior ao do controle, sendo que as formulações com maior teor de FSL apresentaram maior absorção de água. Conforme o aumento da concentração de FAP houve diminuição no valor dos resultados para o tempo de desenvolvimento (TD), e aumento para o índice de tolerância à mistura (ITM). Para a estabilidade (E) o controle foi superior estatisticamente as demais formulações, as quais não diferiram entre si. A metodologia de superfície de resposta mostrou que o FRT de trigo teve grande influência no aumento do tempo de desenvolvimento e diminuição do ITM. Para a análise alveográfica não houve diferença estatística entre as formulações e o controle. Da análise descritiva quantitativa (ADQ), a formulação F1, com maior porcentagem de FRT, exibiu as maiores pontuações para os atributos analisados. Já a F2, com maior quantidade de FAP, recebeu as menores notas. A formulação F1 apresentou 90% de aceitação, seguida da F3, com 76,67%, e dos pontos centrais (F4, F4₁, F4₂), com média de 70%. Já a formulação F2 apresentou apenas 23,67% de aceitação. A análise de ordenação-preferência confirmou este resultado. A cor do miolo apresentou interferência significativa das farinhas utilizadas, sendo que a formulação F2 apresentou maior pigmentação em relação às demais. Desta forma, as análises reológicas e sensoriais mostraram que a FAP possui aplicação no desenvolvimento de pães com fibras, em concentrações de até 2,2%, sendo que concentração maior, 3,5%, diminui a qualidade do produto final. Ainda formulações de pães com maior concentração de farelo de trigo receberam as maiores notas, ou seja, o FRT interferiu positivamente nas características finais dos pães. Com os resultados obtidos foi realizada formulação otimizada (FAP:2,04/ FSL:6,00/ FRT:6,96) a qual apresentou 84,78% de aceitação e pode ser considerada rica em fibras alimentares (6,26g/100g) e em minerais como ferro, fósforo, magnésio e zinco.

Palavras-chave: Folha de abóbora em pó (*Curcubita moschata*), farinha mista, reologia, pães, análise sensorial.

ABSTRACT

The pumpkin leaf (*Curcubita moschata*), an underexplored raw with high contents of minerals and dietary fiber, was used in the development of bread. Besides pumpkin leaf powder (PFA), the mixed flour used was composed of flaxseed flour (FSL) and wheat bran (FRT). Three formulations (F1, F2 e F3) and a central point (F4) with two repetitions (F4₁ e F4₂) were developed based on the design for constrained surfaces and mixtures. A ternary combination of FAP, FSL and FRT was studied in the following proportions, respectively: F1 (1,5: 6,0: 7,5), F2 (3,5: 6,0: 5,5), F3 (1,5: 8,0: 5,5), F4, F4₁ e F4₂ (2,1665: 6,6665: 6,1670). Dough rheological properties (farinographic and alveographic measurements), loaf volume, crust color, crumb color, and sensory evaluation were investigated. A control formulation containing 7,5% FSL and 7,5% FRT was used for the rheological and bread physical analyses. Farinographic studies showed that water absorption of the formulations was statistically higher than control, especially in formulations with higher content of flaxseed. For development time (TD), the results decreased as the amount of FAP increased, while mixing tolerance index (ITM) increased. For stability, control was statistically higher than the other formulations, which did not differ from each other. The response surface methodology showed that FRT had a large influence on the increase of development time and decrease of mixing tolerance index. The alveography test showed that there wasn't statistical difference between formulations and control. The descriptive quantitative analysis showed that formulation F1, with high content of wheat bran, had the highest scores for the attributes analyzed. On the other hand, formulation F2, with highest FAP content of all, received the lowest scores. Formulation F1 showed 90% of overall acceptance, followed by F3, with 76,67% and central points (F4, F4₁, F4₂), with an average of 70%. However, formulation F2 presented only 26,67% of acceptance. The analysis of ordering tests preference confirmed this result. The crumb color of formulations bread showed significant interference of mixing flour color, where F2 had higher pigmentation than the others. Furthermore, the rheological and sensory analyses showed that FAP can be applied in the development of high-fiber bread, at concentrations of up to 2.2%, where as concentrations of 3.5% decreased the bread quality. Larger notes were given to formulations with higher bran content, showing that wheat bran interfered positively in the bread attributes. With the significant results was obtained the optimized formulation (FAP: 2.04 / FSL: 6.00 / FRT: 6.96) wich showed an overall acceptance of 84,78% and, according to ANVISA, was classified as rich in dietary fiber (6.26g/100g) and in minerals, such as iron, phosphorus, magnesium and zinc.

Key-words:

Pumpkin leaf powder (*Curcubitam moschata*), flour blends, rheology, bread, sensory analysis.

7 INTRODUÇÃO

Consumidores preocupados com uma dieta saudável e com necessidade de alimentos práticos e de rápido preparo têm aumentado na última década (ROSELL; SANTOS; COLLAR, 2006). O pão, um alimento muito consumido, é uma boa alternativa para enriquecer a dieta da população (WANG; ROSSEL; BARBER, 2002). Segundo o Programa de Apoio à Panificação - PROPAN (2008), a panificação está entre os seis maiores segmentos industriais do país, sendo que sua participação na indústria de produtos alimentícios é de 36%, e na indústria de transformação representa 7% do total. Em 2007, as vendas de panificados cresceram 13% em média, proporcionando um faturamento anual em torno de R\$ 39,61 bilhões.

Farinhas provenientes de diferentes grãos e sementes têm sido amplamente utilizadas em pães, bolos e massas alimentícias devido aos seus benefícios à saúde, que além das fibras alimentares, os produtos elaborados com estas farinhas podem fornecer ainda vitaminas, proteínas, minerais, carboidratos, o que contribuem para a redução do risco de várias doenças, como câncer, diabetes, obesidades e doenças cardiovasculares (CHANG, 2007).

A fibra alimentar tem grande importância na alimentação humana, sendo que seu consumo regular está associado à manutenção da saúde. As fibras solúveis aumentam a viscosidade dos alimentos, formando uma camada viscosa de proteção à mucosa do estômago e intestino delgado, o que contribui para reduzir os níveis lipídicos sanguíneos e teciduais, assim como a glicemia. Ainda, uma característica da fibra solúvel é a sua capacidade para ser metabolizada por bactérias, com a conseguinte produção de flatulência. Já as fibras insolúveis estão relacionadas ao incremento do bolo fecal e o estímulo da motilidade intestinal; a necessidade de maior tempo de mastigação; ao aumento da excreção de ácidos biliares e às propriedades antioxidantes e hipocolesterolêmicas (RODRÍGUEZ; MEGÍAS; BAENA, 2003).

De acordo com Gupta *et al.* (2005), as folhas verdes são consideradas fonte de vitaminas e minerais como: β -caroteno, ácido ascórbico, riboflavina e ácido fólico, ferro, cálcio e fósforo, além de possuírem alto conteúdo em fibras alimentares. A folha de abóbora é fonte importante de fibra alimentar, tendo como destaque o seu conteúdo em minerais, principalmente o cálcio, onde 100g da folha contém em torno

de 300 a 400 mg deste mineral, dependendo da espécie da planta (BRANDÃO e BRANDÃO, 1993; GUPTA *et. al.*, 2005). O Brasil é um grande produtor e consumidor de abóboras, o qual possui uma produtividade de 10 a 20 toneladas de abóbora por hectare (KUROZAWA, 2004).

A semente de linhaça tem sido muito utilizada como ingrediente de pães com multigrãos, biscoitos, cereais matinais, e em produtos de confeitaria. A semente de linhaça é rica em lipídios (42%, sendo que mais de 70% é óleo poliinsaturado), proteína e fibra dietética. Ainda, o óleo da semente de linhaça contém as vitaminas A, B, D e E, minerais e aminoácidos (COSKUNER e KARABABA, 2007). É conhecida como alimento funcional por seu conteúdo em ácido graxo ômega 3 (ácido graxo essencial α -linolênico -ALA), fibra dietética, e ligninas, os quais são benéficos na redução dos fatores de risco para doenças cardiovasculares e câncer (CHEN; RATNAYAKE; CUNNANE, 1994).

O farelo de trigo tem um conteúdo protéico similar ao do trigo, embora suas proteínas não sejam apropriadas para panificação. Possui um conteúdo maior de cinzas, lipídeos, e particularmente pentosanas, sendo também uma fonte rica de vitaminas do grupo B e de minerais (RAO; RAO, 1991). Tem uma grande importância como fonte de fibras, as quais atuam diretamente na melhora da função intestinal e no alívio dos sintomas de constipação. Além disso, é eficaz na redução dos riscos de câncer de cólon, diabetes e obesidade (CHO; CLARK; URIBE-SAUCEDO, 2004).

No entanto, quando adicionadas à massa do pão, estas outras farinhas contendo fibras alimentares, podem mudar a consistência, textura, comportamento reológico e características sensoriais do produto final. Em produtos assados, uma das maiores dificuldades são os efeitos negativos causados sobre aceitação do consumidor, devido à redução do volume, aumento na dureza do miolo do pão, escurecimento da casca e alterações no sabor. Por outro lado, foi verificado que a combinação de diferentes fibras pode superar as deficiências individuais, e provavelmente melhorar as propriedades de manuseio/ maquinabilidade da massa, de retenção de gás, e com isso gerar produtos finais melhores (ROSELL; SANTOS; COLLAR, 2006).

Desta forma, análises reológicas das farinhas são freqüentemente utilizadas para determinar as propriedades viscoelásticas da massa e prever a capacidade panificável da mesma. Dados de absorção de água pela farinha, elasticidade da

massa, além de comportamento da mesma durante a fermentação, são gerados pelos equipamentos através de gráficos. Alguns equipamentos necessitam de aparatos mais complicados, sendo que outros são mais simples (BENNION, 1970).

Ainda a análise sensorial tem grande importância durante o desenvolvimento de produtos, uma vez que a escolha do produto pelo consumidor está intimamente relacionada com a qualidade sensorial (VACLAVIK; CHRISTIAN, 2007). É uma técnica imprescindível na otimização de parâmetros como forma, cor, aparência, odor, sabor, textura, consistência e a interação dos diferentes componentes, com a finalidade de alcançar um equilíbrio integral que se traduza em produto de qualidade excelente e que seja de boa aceitabilidade (PENNA, 1999).

8 OBJETIVOS

8.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da adição de folha de abóbora em pó, farinha de semente de linhaça e farelo de trigo na reologia da massa e qualidade sensorial do pão

8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os parâmetros reológicos de farinografia e alveografia das farinhas mistas;

Determinar a qualidade microbiológica dos pães;

Submeter os pães à avaliação sensorial utilizando os testes de aceitação, ordenação da preferência, análise descritiva quantitativa e pesquisa de intenção de compra;

Avaliar o volume específico dos pães;

Analisar a coloração externa e interna dos pães por métodos instrumentais;

Otimizar a formulação a partir das variáveis dependentes e por análise da superfície de resposta;

Comparar sensorialmente a formulação otimizada com a formulação que se destacou das demais;

Determinar a composição físico-química da formulação otimizada;

Determinar o conteúdo de minerais da formulação otimizada.

9 MATERIAL E MÉTODOS

9.1 MATERIAL

As folhas de abóbora em pó (*Cucurbita moschata*) foram processadas conforme descrito no item 4.2.1. Os demais ingredientes utilizados para o desenvolvimento do produto foram: farinha de trigo (*Triticum aestivum* L), farinha de semente de linhaça dourada (*Linum usitatissimum* L.), farelo de trigo com moagem fina, sal, fermento biológico seco instantâneo, açúcar, óleo de canola, reforçador de farinha (composto de amido de milho, ácido ascórbico e estabilizantes estearoil 2-lactil lactato de cálcio e/ou polissorbato 80), e água mineral (~pH 7,60), adquiridos no comércio local.

9.2 MÉTODOS

A FIGURA 10 apresenta as fases da pesquisa. Primeiro foram realizadas análises físicas e físico-químicas das matérias-primas, e o delineamento experimental para obtenção das formulações de farinhas mistas. Com as formulações obtidas foram realizadas análises reológicas, e o desenvolvimento dos pães. Estes foram submetidos a análises microbiológicas, testes sensoriais, volume específico e análises de cor da crosta e do miolo. A partir das variáveis dependentes significativas foi realizada a otimização da formulação, a qual foi submetida a testes microbiológicos, sensoriais, de cor, composição físico-química e mineral.

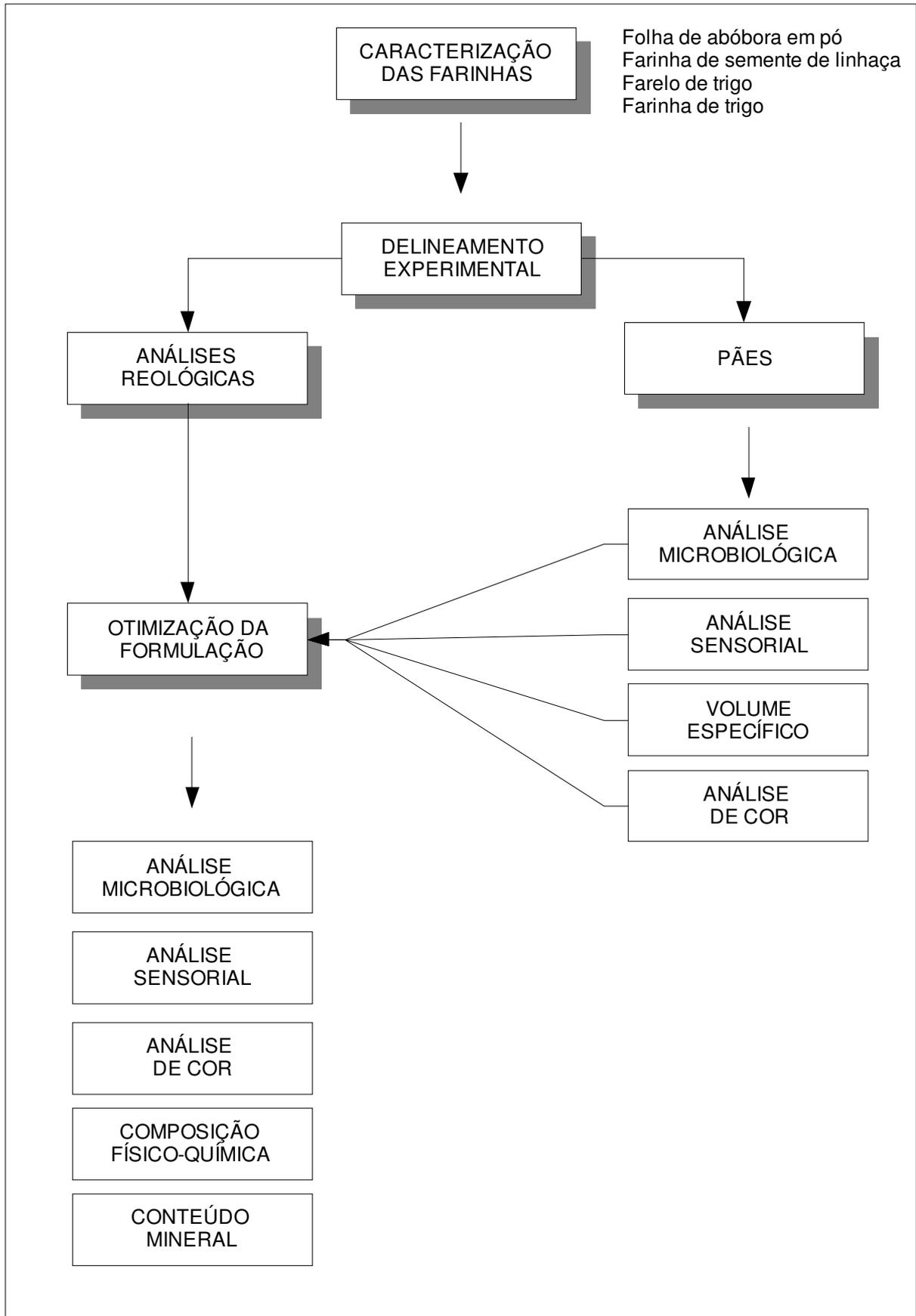


FIGURA 10- DIAGRAMA DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

9.2.1 Caracterização das farinhas

9.2.1.1 Análises físico-químicas da farinha de trigo

A farinha de trigo foi caracterizada por análises físico-químicas. Foi determinado o valor de Falling Number (em segundos) para avaliar a atividade enzimática, utilizando-se equipamento Falling Number 1700 de acordo com o método nº 56-81B (AACC, 1995).

Os teores de glúten úmido, seco e índice de glúten foram determinados no sistema Glutomatic (marca Perten Instruments) de acordo com o método nº 38-12 da AACC (1995).

A determinação de proteínas foi realizada segundo o método de Kjeldhal, nº 923.04 da AOAC (2000), utilizando-se fator de conversão de nitrogênio em proteínas de 5,70 (AACC, 1995).

9.2.1.2 Análises físicas da folha de abóbora em pó, farinha de semente de linhaça e farelo de trigo

9.2.1.2.1 Análise de cor

A cor das farinhas foi mensurada em equipamento descrito no item 4.2.3.1. Foram determinados os parâmetros L^* ou luminosidade (preto 0/branco 100), a^* (verde -/vermelho +) e b^* (azul -/amarelo +) (HUNTERLAB, 2006).

A FIGURA 11 mostra a representação do sistema colorimétrico L^*a^*b e L^*C^*h .

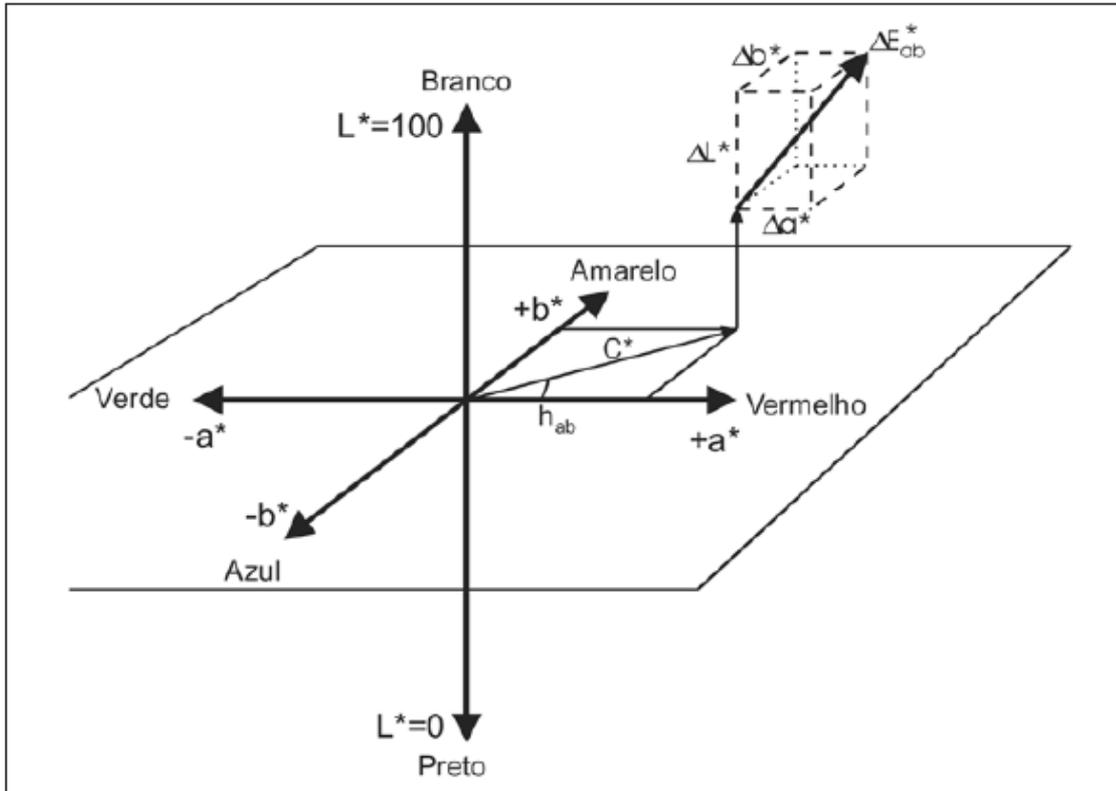


FIGURA 11- REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA COLORIMÉTRICO L^*a^*b E L^*C^*h .

FONTE: Konica Minolta (1998)

A partir dos parâmetros a^* e b^* foram determinados os índices cromatização (C^*), que indica a pigmentação ou saturação de cor, e hue (h), que representa o ângulo de tonalidade (medido em graus), através das seguintes EQUAÇÕES:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (4)$$

$$h = [\arctang(b^*/a^*)] \quad (5)$$

Os dois índices são descritos no sistema de coordenadas polares (FIGURA 11). O valor de C^* corresponde a um movimento no diâmetro do espaço das cores, e representa 0 no centro e aumenta de acordo com a distância do centro. O valor de h é expresso em grau: 0° corresponde ao $+a^*$ (vermelho), 90° corresponde ao $+b^*$ (amarelo), 180° corresponde ao $-a^*$ (verde) e 270° corresponde ao $-b^*$ (azul) (KONICA MINOLTA, 1998).

9.2.1.2.2 Análise de granulometria

A granulometria foi determinada para 50 g da amostra, de acordo com o método 965.22 da AOAC (2000), utilizando um conjunto de peneiras com malhas entre 20 a 200 mesh, submetidas à ação vibratória por período de 10 minutos, as quais posteriormente foram pesadas. Os resultados foram expressos em percentagem de material retido em cada peneira.

9.2.2 Delineamento experimental

Foi utilizado delineamento para superfícies limitadas e misturas, com um ponto central e duas repetições (CALADO; MONTGOMERY, 2003) módulo do STATISTICA 7 (Stat-Soft, Tulsa, OK, USA), aplicando 3 variáveis: folha de abóbora em pó (FAP), farinha de semente de linhaça (FSL) e farelo de trigo (FRT), que variaram dentro de uma faixa de 15% de substituição à farinha de trigo.

A folha de abóbora em pó, componente principal neste estudo, teve seu valor fixado em um máximo (3,5%) e um mínimo (1,5%) (TABELA 14). Estas porcentagens foram escolhidas com base na pesquisa de Piekarski, Waszczynskyj e Freitas (2008). A farinha de semente de linhaça e o farelo de trigo também foram delimitados (TABELA 14), como requerimento para utilização do delineamento escolhido. Os valores de substituição foram escolhidos com base em artigos científicos (BHATTACHARJEE *et al.*, 2006; TEIXEIRA *et al.*, 2007; KOCA e ANIL, 2007) e análise de embalagens de pães industriais.

TABELA 14 - PROPORÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS ORIGINAIS DE CADA COMPONENTE PARA VARIAÇÃO DENTRO DE 15%

COMPONENTES (C)	PROPORÇÕES ORIGINAIS (X)	
	Mínimo	Máximo
C1- Folha de abóbora em pó (FAP)	1,5000	3,5000
C2- Farinha de semente de linhaça (FSL)	6,0000	8,0000
C3- Farelo de trigo (FRT)	5,5000	7,5000

NOTA: Valores expressos em %; somatória ocorre na diagonal, composta de dois mínimos e um máximo, ou dois máximos e um mínimo

As proporções máximas e mínimas dos componentes (TABELA 14) foram transformadas para uma faixa de variação de 1% (TABELA 15), já que isto foi requerido pelo programa estatístico, para aplicação do delineamento.

TABELA 15 - PROPORÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS TRANSFORMADAS DE CADA COMPONENTE PARA VARIÇÃO DENTRO DE 1%

COMPONENTES (C)	PROPORÇÕES TRANSFORMADAS (X _i)	
	Mínimo	Máximo
C1- Folha de abóbora em pó (FAP)	0,1000	0,2333
C2- Farinha de semente de linhaça (FSL)	0,4000	0,5333
C3- Farelo de trigo (FRT)	0,3667	0,5000

NOTA: Valores expressos em %; somatória ocorre na diagonal, composta de dois mínimos e um máximo, ou dois máximos e um mínimo

A TABELA 16 apresenta o delineamento de superfícies limitadas e mistura, gerado para as proporções transformadas (X_i) (TABELA 15), o qual é composto de três formulações (F1, F2 e F3), e um ponto central (F4), com duas repetições (F4₁ e F4₂).

TABELA 16- DELINEAMENTO DE SUPERFÍCIES LIMITADAS E MISTURAS, PARA AS PROPORÇÕES TRANSFORMADAS (X_i)

FORMULAÇÕES (F)	PROPORÇÕES TRANSFORMADAS (X _i)			TOTAL (%)
	FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ (X ₁)	FARINHA DE SEMENTE DE LINHAÇA (X ₂)	FARELO DE TRIGO (X ₃)	
F1 (V)	0,1000	0,4000	0,5000	1,0
F2 (V)	0,2333	0,4000	0,3667	1,0
F3 (V)	0,1000	0,5333	0,3667	1,0
F4 (C)	0,1444	0,4444	0,4111	1,0
F4 ₁ (C)	0,1444	0,4444	0,4111	1,0
F4 ₂ (C)	0,1444	0,4444	0,4111	1,0

NOTA: V = vértice, C = ponto central; X₁+X₂+X₃ = 1%;

Uma vez que nenhum destes componentes variou de 0-100%, o planejamento foi ajustado para as condições possíveis de se realizar as medidas com segurança, utilizando-se os pseudocomponentes. Os pseudocomponentes podem ser obtidos de cada ponto experimental, através da EQUAÇÃO 6 (BARROS NETO; SCARMINIO, 2007):

$$X'i = (Xi - ai) / (1 - \sum ai) \quad (6)$$

Onde:

X'_i = Proporção em pseudocomponentes;

X_i = proporção a ser convertida;

a_i = proporção mínima

Neste estudo, as proporções mínimas (a_i) de cada ponto experimental, apresentados na TABELA 15, foram: 0,1000 (folha de abóbora em pó), 0,4000 (farinha de semente de linhaça) e 0,3667 (farelo de trigo), resultando num total de 0,8667 (EQUAÇÃO 7);

$$(1 - \sum ai) = (1 - 0,8667) \quad (7)$$

Então, substituindo na EQUAÇÃO 6, tem-se a EQUAÇÃO 8:

$$X'i = (Xi - ai) / 0,1333 \quad (8)$$

Assim, as transformações para cada farinha são realizadas através das seguintes equações (EQUAÇÕES 9 a 11):

Folha de abóbora em pó	$X'1 = (X1 - 0,1000) / 0,1333$	(9)
------------------------	--------------------------------	-----

Farinha de Semente de linhaça	$X'2 = (X2 - 0,4000) / 0,1333$	(10)
-------------------------------	--------------------------------	------

Farelo de trigo	$X'3 = (X2 - 0,3667) / 0,1333$	(11)
-----------------	--------------------------------	------

Desta forma, aplicando as EQUAÇÕES de 9 a 11 às proporções transformadas das farinhas (X_i) (TABELA 16), obtiveram-se os valores em pseudocomponentes conforme TABELA 17.

TABELA 17- DELINEAMENTO PARA SUPERFÍCIES LIMITADAS E MISTURAS COM 3 TRATAMENTOS, E 1 PONTO CENTRAL COM 2 REPETIÇÕES

	PSEUDOCOMPONENTES (X'_i)			$\Sigma X'$ (%)	COMPONENTES ORIGINAIS			ΣC (%)
	X'_1	X'_2	X'_3		C1	C2	C3	
F1 (V)	0,0000	0,0000	1,0000	1,0	1,5000	6,0000	7,5000	15,0
F2 (V)	1,0000	0,0000	0,0000	1,0	3,4995	6,0000	5,5005	15,0
F3 (V)	0,0000	1,0000	0,0000	1,0	1,5000	7,9995	5,5005	15,0
F4 (C)	0,3333	0,3333	0,3333	1,0	2,1665	6,6665	6,1670	15,0
F4 ₁ (C)	0,3333	0,3333	0,3333	1,0	2,1665	6,6665	6,1670	15,0
F4 ₂ (C)	0,3333	0,3333	0,3333	1,0	2,1665	6,6665	6,1670	15,0

NOTA: $X'_1+X'_2+X'_3 = 1\%$; $C1+ C2 + C3 = 15\%$; $X'_1/C1 =$ folha de abóbora em pó, $X'_2/C2=$ farinha de semente de linhaça, e $X'_3/C3=$ farelo de trigo

Segundo o delineamento, a folha de abóbora em pó esteve presente em maior concentração na formulação F2 (3,5%), seguido da F1 e F3 (1,5%), sendo que os pontos centrais ficaram com teores intermediários. Em relação ao farelo de trigo, a F1 apresentou o maior teor (7,5%), sendo que quanto à farinha de semente de linhaça, foi a F3, com 8,0%.

As variáveis dependentes foram os parâmetros resultantes da análise reológica das farinhas mistas (farinografia e alveografia), físicas dos pães (volume específico, cor do miolo e da casca) e sensorial (índice de aceitação, teste de ordenação da preferência e análise descritiva quantitativa).

Formulação controle (C), contendo 7,5% de farinha de semente de linhaça e 7,5% de farelo de trigo, foi utilizada para as análises reológicas das farinhas mistas (farinografia e alveografia) e físicas dos pães (volume específico e cor da crosta e miolo).

Este delineamento foi escolhido para a verificação dos efeitos da adição de folha de abóbora em pó na característica de pães contendo fibras, e assim determinar a formulação mais adequada para a produção do mesmo.

9.2.3 Análises reológicas das farinhas mistas

Análises reológicas foram realizadas na farinha de trigo pura, formulação controle e nas formulações de farinha mista.

9.2.3.1 Farinografia

Os seguintes parâmetros foram determinados no Farinógrafo Brabender, segundo metodologia n° 54-21 (AACC, 1995):

- Tempo de desenvolvimento da massa (TD), em minutos;
- Estabilidade (E), em minutos;
- Índice de tolerância à mistura (ITM), em Unidades Brabender;
- Porcentagem de absorção da água (A%) foi determinada através de análise em Farinógrafo Brabender pelo método n° 54-21.

9.2.3.2 Alveografia

Os parâmetros alveográficos foram determinados pelo alveógrafo Chopin (Modelo NG), utilizando o método n° 54-30 da AACC (1995). Os parâmetros foram os seguintes:

- Tenacidade (P), em mm;
- Extensibilidade (L), em mm_{H₂O};
- Configuração média da curva (P/L), mm/mm_{H₂O};
- Energia de deformação da massa (W), em 10⁻⁴ J.

9.2.4 Método de preparo dos pães

O método utilizado para preparo da massa foi o direto, onde se realiza a mistura simultânea de todos os ingredientes, sendo que foi utilizada como referência a metodologia n° 10-10B da AACC (1995) e a proposta de Gutkoski e Jacobsen Neto (2002).

A formulação base adotada neste estudo está apresentada na TABELA 18, a qual foi determinada através de testes prévios e com base em dados da literatura (GUTKOSKI; JACOBSEN NETO, 2002), sendo adapta conforme indicação da Granotec do Brasil (GRANOTEC, 2008).

TABELA 18- FORMULAÇÃO BASE PARA A PRODUÇÃO DOS PÃES

INGREDIENTES	%
Farinha mista ⁽¹⁾	100
Fermento biológico seco instantâneo	1,5
Sal (NaCl comercial)	2,3
Óleo de canola	4
Reforçador de farinha	1
Açúcar	4
Água mineral (~pH 7,60)	66 – 70 ⁽²⁾

Nota: ⁽¹⁾ Farinha mista constituída de farinha de trigo, folha de abóbora em pó, farinha de semente de linhaça e farelo de trigo em concentrações estabelecidas pelo delineamento experimental; ⁽²⁾ Varia para cada formulação com base nos resultados de absorção de água gerados pelo farinógrafo

Na mistura, os ingredientes foram adicionados na seguinte ordem: farinha mista (farinha de trigo + folha de abóbora em pó + farinha de semente de linhaça + farelo de trigo), açúcar, reforçador de farinha, fermento biológico seco instantâneo, sal e óleo de canola. A água mineral teve sua quantidade estipulada de acordo com os resultados de absorção de cada formulação fornecidos pelo farinógrafo.

A massa contendo farinha mista foi misturada até seu ponto ótimo de desenvolvimento, em torno de 10min, o que representa massa homogênea e macia. Este tempo foi determinado pelos parâmetros farinográficos.

Após a mistura, a massa foi submetida à primeira fermentação por 1 hora a 30°C e 80%UR, em câmara de fermentação controlada, marca Perfecta, modelo 200007001.

Em seguida a massa foi sovada para redistribuição do tamanho das células, ou seja, das cavidades formadas pelo CO₂; boleada; colocada em formas (25 x 6 x 12,5) cm, e levada para fermentar pela segunda vez, nas mesmas condições da primeira fermentação,

Após a segunda fermentação, a massa foi colocada no forno elétrico Vipinho, modelo 045002126, marca Perfecta, por 20 min a 200°C.

Os pães assados e resfriados em temperatura ambiente foram conduzidos às análises físicas, físico-químicas. Pães com 50 g de farinha mista foram destinados para análise microbiológica, os de 200 g para a avaliação das características sensoriais externas, e de 500 g para a avaliação das características sensoriais

internas. As análises físicas ocorreram no mínimo após uma hora de resfriamento e as análises sensoriais após 24h (AACC, 1995).

9.2.5 Análise microbiológica dos pães

Os pães de 50 g foram transferidos para recipientes esterilizados após a cocção, os quais foram fechados após resfriamento e em seguida destinados para análise microbiológica.

As análises microbiológicas realizadas nos pães foram Coliformes a 45°C /g e *Salmonella sp.* /25 g, segundo exigência da Resolução RDC nº 12 (BRASIL, 2001a) que aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Os procedimentos microbiológicos seguiram o protocolo descrito pela Food and Drug Administration (1995), sendo que a interpretação dos resultados foi realizada de acordo com os critérios microbiológicos estabelecidos na legislação brasileira (BRASIL, 2001a).

9.2.6 Análise Sensorial

Os pães elaborados com farinha mista foram submetidos ao teste sensorial para averiguar o índice de aceitação, ordenação das formulações quanto à preferência, e análise descritiva quantitativa (ADQ). Os julgadores receberam amostras dos pães (F1, F2, F3, F4, F4₁, F4₂) em prato descartável, que foram codificadas com algarismos de três dígitos aleatoriamente. Também foi fornecida água mineral para a limpeza das papilas e as fichas de teste (APÊNDICE 1). Os testes ocorreram entre as 9h e 11h da manhã (QUEIROZ; TREPTOW, 2006).

9.2.6.1 Índice de aceitação

Para verificar o índice de aceitação, foi utilizada com instrumento uma escala verbal e numérica de 5 pontos (APÊNDICE 1), onde 5 = gostei muito; 4= gostei regularmente; 3= não gostei nem desgostei; 2= desgostei regularmente e 1=

desgostei muito (ABNT, 1998). Ao julgador foi solicitado assinalar na escala um valor que expressasse melhor a sensação percebida para cada formulação. Participaram deste teste 50 julgadores acostumados com a prática de análise sensorial e habituados ao consumo de pães integrais e/ou com grãos (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1991).

O resultado do teste deve ser avaliado obtendo-se a porcentagem do total de julgadores que deram notas 4 (gostei regularmente) e 5 (gostei muito), para cada formulação.

9.2.6.2 Teste de ordenação de preferência

Participaram deste teste 50 julgadores (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1991) acostumados com a prática de análise sensorial e ao consumo de pães, aos quais foi solicitado avaliar e ordenar as amostras de acordo com a sua preferência quanto ao sabor (APÊNDICE 1). A mais preferida recebeu o número 1 e segunda preferida o número 2 e assim por diante. A análise dos resultados foi feita pelo teste de Friedmann, utilizando-se a tabela Newell e Mac Farlane que indica a diferença crítica entre as somas totais de ordenação de acordo com o número de amostras e o número de julgamentos obtidos, ao nível de 5% (ABNT, 1994).

9.2.6.3 Análise descritiva quantitativa

A análise descritiva quantitativa das amostras envolveu os seguintes descritores: forma e simetria do pão, característica da crosta, cor externa do pão, textura do miolo, tamanho das células do miolo, cor do miolo, aroma e sabor. O instrumento para a avaliação sensorial (APÊNDICE 2) foi construído levando-se em consideração os atributos sensoriais para pães (POMERANZ, 1987) e consultando-se artigos que apresentassem traçado o perfil sensorial de pães de forma (FERREIRA; PINTO, 2003; SOARES JÚNIOR *et al.*, 2006).

Para a avaliação foi empregada escala estruturada verbal e numérica de cinco pontos (ABNT, 1998), sendo o valor máximo da escala igual a 5, e o valor mínimo da escala igual a 1. Aos julgadores foi solicitado avaliar cada amostra individualmente, conforme o instrumento de avaliação, e expressar a sensação percebida na escala

proposta para cada atributo utilizando a ficha teste. Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA (análise de variância) e a diferença entre médias analisadas por Tukey, ao nível de 5%.

Participaram do teste 30 julgadores de laboratório, acostumados com a prática de análise sensorial e ao consumo de pães (JOHNSON; VICKERS, 1991).

9.2.7 Análises físicas dos pães

9.2.7.1 Volume específico

O volume específico (cm^3/g) foi calculado pela relação entre o volume aparente do pão assado e o seu peso (g/m^3). O peso do pão foi determinado pelo valor médio, da medida direta, de três pães, em balança semi-analítica (Mettler Toledo, modelo PB 8001-S). O volume aparente foi realizado pelo método de deslocamento de sementes de linhaça, onde se determina o volume de sementes de linhaça necessário para cobrir a amostra até um ponto pré-estabelecido em um béquer padronizado e de volume conhecido (GUTKOSKI; JACOBSEN NETO, 2002).

9.2.7.2 Cor

Para a cor dos pães, crosta e miolo, foram analisados os parâmetros L^* ou luminosidade (preto 0/branco 100), a^* (verde -/vermelho +), b^* (azul -/amarelo +) e os índices croma (C^* - grau de saturação da cor) e hue (h - tonalidade cromática), conforme descrito no item 9.2.1.2.1. As análises foram realizadas em quintuplicata

O parâmetro ΔE foi utilizado para avaliar a diferença de cor dos pães formulados em relação ao pão controle, usando a EQUAÇÃO 12, de Hunter-Scotfield (HUNTERLAB, 2006).

$$\Delta E = (\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2})^{1/2} \quad (12)$$

9.2.8 Superfície de resposta

Após a realização dos experimentos, as variáveis dependentes significativas foram selecionadas e a metodologia de análise de superfície de resposta foi executada para obtenção do ponto ótimo. Foi avaliado o efeito combinado das variáveis independentes (folha de abóbora em pó, farinha de semente de linhaça, farelo de trigo) sobre as variáveis dependentes (parâmetros reológicos, sensoriais e de cor instrumental). Na representação do ajuste dos valores de resposta (\hat{Y}) utilizou-se a equação linear (13) em termos de pseudocomponentes, com restrição para $x_1 + x_2 + x_3 = 1$ (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2007).

$$\hat{Y} = b'_1x'_1 + b'_2x'_2 + b'_3x'_3 \quad (13)$$

Onde:

\hat{Y} = estimativa da resposta, variável dependente

b'_i = coeficientes de regressão

x'_i = proporção dos pseudocomponentes.

A qualidade do ajuste das equações foi expressa por coeficientes de determinação ajustados (R^2_{aj}) e sua significância estatística checada pela análise de variância, ANOVA, a nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Os modelos determinados também foram testados para falta de ajuste utilizando ANOVA a nível de 5% de confiança ($p > 0,05$). O software utilizado foi o STATISTICA 7.0 (Stat-Soft, Tulsa, OK, USA).

9.2.9 Otimização da formulação de pão

Para a otimização da formulação de pão buscou-se encontrar os valores ótimos das variáveis independentes significativas que satisfizessem, simultaneamente, as variáveis dependentes e que levassem a maior qualidade do produto final. Para isso usou-se a otimização com restrições do Statistica 7.0, através da função *Response desirability profiling* (CALADO; MONTGOMERY, 2003).

Com a formulação otimizada foi realizado teste sensorial, caracterização físico-química e mineral. A formulação otimizada (Fo) foi comparada sensorialmente em relação a cor, com a formulação que apresentasse as melhores propriedades reológicas, melhores atributos sensoriais e que fosse preferida sensorialmente (F1, F2, F3 ou F4).

9.2.9.1 Análise microbiológica

As formulações foram analisadas para Coliformes a 45°C /g e *Salmonella sp.* /25 g conforme descrito no item 9.2.5.

9.2.9.2 Análise sensorial

A formulação do pão otimizado e a formulação escolhida reologicamente e sensorialmente entre as F1, F2, F3 e F4, foram analisados quanto ao índice de aceitação e intenção de compra. Participaram destes testes 46 julgadores (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1991; OSAWA *et al.*, 2008). Os provadores receberam: amostras de pão em prato descartável, as quais foram codificadas com algarismos de três dígitos aleatoriamente; as fichas de teste (APÊNDICE 3); e água mineral para a limpeza das papilas gustativas.

O teste para verificar o índice de aceitação foi realizado conforme descrito no item 9.2.6.1.

Para a análise de intenção de compra foi utilizada escala de atitude estrutura de 5 pontos, onde 5 =compraria sempre; 4= compraria freqüentemente; 3= compraria ocasionalmente; 2= compraria raramente e 1= compraria nunca (ABNT, 1998). Aos julgadores foi solicitado assinalarem na ficha do teste sua intenção de compra em relação a cada formulação de pão avaliada. Os dados obtidos foram analisados realizando-se a porcentagem referente às notas obtidas de 5 a 3. O modelo das fichas utilizadas está apresentado no APÊNDICE 3.

9.2.9.3 Análise de cor

A cor da crosta e do miolo das formulações foi analisada pelos índices croma (C^* - grau de saturação da cor) e hue (h - tonalidade cromática), conforme descrito no item 9.2.1.2.1 . As análises ocorreram em quintuplicata.

9.2.9.4 Composição físico-química da formulação otimizada

Para a análise de umidade, o pão foi picado e homogeneizado (casca + miolo) pesando-se 2 g da amostra em cápsula de porcelana previamente tarada. O conjunto (triplicata) foi colocado em estufa a 130°C por 1h, seguindo a metodologia 925.10 da AOAC (2000).

Para as demais análises a amostra de pão foi preparada segundo método 926.04 da AOAC (2000). Uma fatia de pão com espessura de 2-3 mm foi cortada e distribuída em pedaço de papel de alumínio e secada em estufa até completa evaporação da água presente na amostra, para posterior trituração (AOAC, 2000).

As análises de cinzas, lipídios, proteínas, carboidrato, fibra alimentar, pH, acidez e atividade de água foram realizadas segundo metodologia da AOAC (2000), conforme descrito no item 4.2.4. Para determinação de proteínas foi utilizado fator de conversão de nitrogênio de 5,70 (AACC, 1995).

O valor calórico do produto foi calculado pela soma das porcentagens de proteína e carboidratos, multiplicados pelo fator 4 (kcal g^{-1}), somado ao teor de lipídios totais, multiplicado pelo fator 9 (kcal g^{-1}) (SOUCI; FACHMAN; KRAUT, 2000).

9.2.9.5 Conteúdo mineral da formulação otimizada

A quantificação de cálcio, ferro, sódio, potássio, zinco, cobre, magnésio e fósforo no pão foram realizadas conforme metodologia descrita no item 4.2.5. As condições de operação do espectrofotômetro de absorção atômica e espectrofotômetro de UV-VIS estão mostradas na TABELA 19.

TABELA 19- CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO ESPECTRÔMETRO DE ABSORÇÃO ATÔMICA E DO ESPECTROFOTÔMETRO UV-VIS

MINERAL	λ (nm)	CORRENTE (mA)	FENDA (nm)	CURVA DE CALIBRAÇÃO	R ² (%)	LD
Ca	422,7	10	0,5	$y = 0,292x + 0,0356$	99,72	0,01
Na	589	5	0,1	$y = 0,0053x + 0,0062$	99,90	0,002
P	650	--	--	$y = 0,3805x + 0,0192$	99,97	0,10
Fe	372	5	0,1	$y = 0,0935x + 0,0099$	99,64	0,05
K	766,5	5	0,1	$y = 0,0021x + 0,0013$	99,94	0,03
Mg	282,2	4	0,1	$y = 1,0868x + 0,0124$	98,99	0,003
Zn	213,9	5	0,1	$y = 0,1546x + 0,0534$	95,53	0,05
Cu	327,4	4	0,1	$y = 0,1161x + 0,0087$	99,83	0,05

NOTA: UV-VIS= ultravioleta visível; λ = lambda; nm= nanômetro; mA= miliamper; R²= coeficiente de determinação; LD=Limite de detecção (mg/kg); -- =não aplicável

9.2.10 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram tratados no Statistica 7 (Stat Soft, Tulsa, OK, USA), quanto a homogeneidade pelo teste de Hartley ($\alpha = 0,01$), as médias por análise de variância pelo teste de F, e comparadas suas diferenças pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2007).

Para as variáveis dependentes foi utilizado o desvio padrão combinado (DPC), de forma a estimar um único desvio padrão que representasse todas as formulações. A DPC representa a dispersão média de todos os pontos de dados em relação à média do grupo.

Coefficiente de correlação de Pearson (r), que mede o grau da correlação entre duas variáveis de escala métrica, foi calculado para determinação do nível de associação entre as variáveis dependentes estudadas (parâmetros reológicos, sensoriais e de cor instrumental). Este coeficiente mede a direção desta correlação, se positiva ou negativa, e assume valores entre -1 e 1. As correlações podem ser perfeitas ($r = \pm 1,0$), forte ($\pm 0,8 \leq r < \pm 1,0$), moderada ($\pm 0,5 \leq r < \pm 0,8$), fraca ($\pm 0,1 \leq r < \pm 0,5$), ínfima ($\pm 0,0 \leq r < \pm 0,1$), nula ($r = 0,0$). Uma correlação perfeita negativa entre duas variáveis representa que enquanto uma aumenta, outra diminui (SANTOS, 2007).

10 RESULTADOS E DISCUSSÃO

10.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS

10.1.1 Análises físico-químicas da farinha de trigo

A TABELA 20 apresenta as características gerais da farinha de trigo. Os resultados de umidade, teor de cinzas e de proteínas estão de acordo com a Instrução Normativa nº8 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005b) o qual cita que a farinha de trigo Tipo 1 deve conter no máximo 15g/100g de umidade, 0,8g/100g de cinzas e no mínimo 7,5g/100g de proteína.

O controle da umidade é importante devido sua influência na conservação dos produtos, uma vez que pode desencadear reações químicas e enzimáticas, além de contribuir com o desenvolvimento de microorganismos.

TABELA 20- CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA FARINHA DE TRIGO

ANÁLISES	FARINHA DE TRIGO
Umidade (g/100g)	14,72 (0,32)
Proteínas (g/100g)	12,29 (0,09)
Cinzas (g/100g)	0,68 (0,00)
Falling Number (s)	352,00 (4,24)
Glúten úmido (%)	34,60 (0,35)
Glúten seco (%)	11,20 (0,12)
Glúten índice (%)	79,10 (4,28)

NOTA: () = desvio padrão, (n= 3)

Segundo Pizzinatto (1999) a farinha de trigo pode ser classificada quanto à qualidade do glúten para panificação em: muito boa (glúten índice > 90), boa (90 > glúten índice > 60), média (60 > glúten índice > 40) e fraca (40 > glúten índice). Desta forma a farinha de trigo utilizada pode ser considerada boa para panificação uma vez que apresentou glúten índice entre 60% e 40% (TABELA 20) (OURA; SOUMALAINEN; VISKARI, 2006).

O glúten da farinha de trigo apresenta uma capacidade relativamente constante de absorção de água, aproximadamente 2,8 vezes o conteúdo de glúten seco (POMERANZ, 1988). Esta aproximação foi verificada para a farinha de trigo utilizada no experimento.

O valor de Falling Number foi de 352s, o que se apresentou acima do valor ótimo que fica entre 200 e 300s. Segundo Pizzinatto e Campagnolli (1993) pães com número de queda superior a 300s, possuem atividade enzimática baixa, o que pode resultar em pão com reduzido volume e miolo seco.

10.1.2 Análise reológica da farinha de trigo

A TABELA 21 apresenta a caracterização reológica para a farinha de trigo.

TABELA 21- CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DA FARINHA DE TRIGO	
ANÁLISES	FARINHA DE TRIGO
Farinografia	
Absorção de água - A(%)	66,45 (0,21)
Tempo de desenvolvimento -TD(min)	6,60 (0,42)
Estabilidade - E (min)	8,30 (0,14)
Índice de tolerância à mistura- ITM (UB)	19,23 (5,44)
Alveografia	
Energia de deformação da massa- W (10^{-4} J)	259,00 (3,54)
Configuração média da curva - (P/L)	1,02 (0,01)
Tenacidade- P ($\text{mm}_{\text{H}_2\text{O}}$)	97,00 (0,71)
Extensibilidade- L (mm)	94,00 (2,12)

NOTA: () = desvio padrão, (n= 3)

Os resultados farinográficos podem indicar a força de uma farinha. Desta forma, a farinha de trigo utilizada pode ser considerada forte, uma vez que apresentou absorção de água superior a 58%, tempo de desenvolvimento entre 4,0 e 8,0 min, estabilidade entre 8,0 e 15,0 min e índice de tolerância à mistura entre 15 e 50 UB, conforme citação de Pizzinatto e Campagnolli (1993).

Segundo a Instrução Normativa nº 7 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2001b), a farinha de trigo apresentou valor de energia de deformação da massa ($W = 259 \times 10^{-4}$ J) referente a trigo para pão, uma vez que seu valor foi superior a 180×10^{-4} J. Ainda, segundo Gernani (2003), valores de W entre $150 - 280 \times 10^{-4}$ J e de P/L entre 0,5 – 1,7 $\text{mm}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{mm}$ de farinha branca são indicados para a produção de pães de forma.

10.1.3 Análises físicas da folha de abóbora em pó, farinha de semente de linhaça e farelo de trigo

10.1.3.1 Análise de cor

A TABELA 22 apresenta o resultado de cor para as farinhas. O farelo de trigo (FRT) apresentou a maior luminosidade de 62,39, sendo que a farinha de semente de linhaça (FSL) apresentou um valor menor (38,78). O resultado do parâmetro a^* para a folha de abóbora em pó (FAP) foi negativo (-7,23), o que corresponde à cor verde. Ainda o ângulo de tonalidade cromática ou hue (h), teve valor de 106,68° para a FAP o que corresponde ao segundo quadrante das coordenadas de cores (cor entre amarelo e verde). A FAP apresentou maior grau de pigmentação (C^*) que as demais farinhas.

TABELA 22- DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE COR PARA AS FARINHAS

COR	FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ	FARINHA DE SEMENTE DE LINHAÇA	FARELO DE TRIGO
L^*	44,23 (0,43)	38,78 (0,37)	62,39 (0,96)
a^*	-7,23 (0,05)	8,28 (0,20)	8,94 (0,17)
b^*	24,11 (0,17)	20,55 (0,62)	19,49 (0,61)
C^*	25,17 (0,17)	22,16 (0,62)	21,44 (0,77)
h (graus)	106,68 (0,14)	68,05 (0,53)	65,36 (0,82)

NOTA: L^* (luminosidade), a^* e b^* ($+a^*$: vermelho, $-a^*$: verde, $+b^*$: amarelo, $-b^*$: azul), C^* [(croma = $\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$)^{1/2}]; h [hue = arctang (b^*/a^*)]; () = desvio padrão (n= 5)

10.1.3.2 Análise de granulometria

Nos testes granulométricos para a FAP (TABELA 23) foi necessária a utilização de seqüências diferentes de peneiras, uma vez que foi observada diferença de granulometria quando comparada com a FSL e o FRT.

TABELA 23- DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ

GRANULOMETRIA		FOLHA DE ABÓBORA
Mesh	Abertura (mm)	Retenção (%)
20	0,850	1,28
48	0,300	8,44
80	0,180	47,43
100	0,150	13,81
150	0,106	12,78
200	0,075	10,48
	Fundo	5,77
	Total	100,00

A FAP apresentou a granulometria mais fina, com 90,27% de suas partículas com tamanho inferior a 0,300mm, das quais 47,43% apresentaram-se entre 0,180 e 0,300 mm.

A granulometria da FSL e do FRT estão apresentadas na TABELA 24.

TABELA 24 - DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA FARINHA DE SEMENTE DE LINHAÇA E FARELO DE TRIGO

GRANULOMETRIA		FARINHA DE SEMENTE DE LINHAÇA	FARELO DE TRIGO
Mesh	Abertura (mm)	Retenção (%)	Retenção (%)
20	0,850	7,79	47,99
32	0,500	32,30	38,55
35	0,425	44,40	4,98
48	0,300	4,61	3,97
80	0,180	10,39	2,39
	Fundo	0,19	2,11
	Total	100,00	100,00

A FSL apresentou partículas de granulometria intermediária, predominantemente entre as de tamanho 0,425 mm e 0,500 mm (76,71% de suas partículas), sendo que 10,39% apresentaram-se entre 0,180 e 0,300mm. O FRT apresentou partículas maiores, sendo que 86,54% das partículas apresentaram tamanho superior a 0,500 mm, das quais 47,99% foram maiores que 0,850mm.

10.2 ANÁLISES REOLÓGICAS DAS FARINHAS MISTAS

10.2.1 Farinografia

A TABELA 25 apresenta os dados obtidos a partir dos parâmetros de farinografia para o controle e para as formulações de farinha mista.

TABELA 25– MÉDIA DOS DADOS OBTIDOS PELA FARINOGRÁFIA PARA AS SEIS FORMULAÇÕES DE FARINHA MISTAS E CONTROLE

PARÂMETROS	A (%)	TD (min)	E (min)	ITM (UB)
Formulações (FAP/FSL/FRT)				
F1(1,5/ 6,0 /7,5)	70,70b	5,85ab	3,90b	34,62b
F2 (3,5/ 6,0/ 5,5)	70,90ab	5,10b	3,10b	50,00a
F3 (1,5/ 8,0/ 5,5)	71,20a	5,70ab	4,00b	38,46ab
F4 (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽¹⁾	70,90ab	5,50b	3,60b	44,22ab
F4 ₁ (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽¹⁾	70,85ab	5,40b	3,65b	44,23ab
F4 ₂ (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽¹⁾	70,75ab	5,45b	3,55b	42,31ab
Controle (FSL/FRT)				
C (7,5 / 7,5)	70,05c	6,60a	5,40a	33,33b
¹ DPC	0,35	0,48	0,72	6,16

Nota: FAP = folha de abóbora em pó, FSL = farinha de semente de linhaça, FRT = farelo de trigo; A%(absorção de água), TD (tempo de desenvolvimento da massa), E (estabilidade), ITM (índice de tolerância à mistura); UB= Unidade Brabender; A% (g/100g). Médias com letras iguais na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% (P< 0,05); ¹DPC= Desvio padrão combinado; ⁽¹⁾ F4, F4₁ e F4₂ referem-se à proporção exata de (2,1665/6,6665/6,1670)

A TABELA 26 apresenta as equações e os coeficientes de determinação ajustados dos modelos lineares obtidos para estes parâmetros. Modelos lineares significativos ($p < 0,1$), sem falta de ajuste ($p > 0,05$) foram obtidos para o tempo de desenvolvimento (TD), índice de tolerância à mistura (ITM) e estabilidade (E). No entanto, para estabilidade, não se justificou aplicar o modelo linear, uma vez que não houve diferença estatística entre as amostras. Para o parâmetro absorção de água (A%), o modelo linear foi não significativo ($p > 0,05$).

TABELA 26 – EQUAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS MODELOS LINEARES OBTIDOS PARA OS PARÂMETROS DE FARINOGRAFIA

PARÂMETRO	EQUAÇÃO	R^2_{aj} (%)	p	FALTA DE AJUSTE (p)
Tempo de desenvolvimento (TD)	$YTD = 5,05 x'_1 + 5,65 x'_2 + 5,80 x'_3$	90,05	0,0146	0,1340
Índice de tolerância à mistura (ITM)	$YITM = 51,28 x'_1 + 39,74 x'_2 + 35,90 x'_3$	85,43	0,0258	0,1051

NOTA: x'_1 = folha de abóbora em pó, x'_2 = farinha de semente de linhaça, x'_3 = farelo de trigo; R^2_{aj} (coeficiente de determinação ajustado); p (nível de probabilidade) com 5% de confiança: modelo significativo para $p < 0,05$, sem falta de ajuste para $p > 0,05$.

Os modelos obtidos foram equações lineares, o que resulta em combinações binárias não significativas. O coeficientes de determinação ajustado (R^2_{aj}) foi de 90,05% para o TD e 85,43% para ITM. A partir dos modelos de equações lineares, criou-se os gráfico de superfície de resposta.

Para o parâmetro absorção de água (A%), TABELA 25, o controle (C) apresentou o menor teor de absorção e diferiu estatisticamente das formulações (de F1 a F4₂), mostrando que a inclusão da FAP, e diminuição da concentração de FSL mais FRT, contribui para alterar a absorção de água das farinhas mistas.

A F3 apresentou a maior absorção de água entre as formulações, sendo que diferiu estatisticamente da F1. Desta forma verifica-se, para este parâmetro, que a presença da FAP na farinha mista não interferiu significativamente entre suas próprias variações de concentração, 1,5%, 2,2% e 3,5%, já que as únicas formulações que diferiram estatisticamente entre si foram a F1 e F3, que possuem o mesmo teor de FAP (1,5%).

A diferença na absorção de água entre as formulações parece estar relacionada à presença de diferentes quantidades de FRT e FSL, uma vez que a formulação que mais absorveu água (F3) é a que contém maior teor de FSL (8,0%) entre as demais. Já a formulação F1, elaborada com menor quantidade de farinha de semente linhaça (6,0%) e com maior teor de FRT (7,50%), apresentou menor absorção de água.

Para os resultados obtidos deve ser considerada a composição e a granulometria de cada componente da farinha mista utilizado, uma vez que a FSL é constituída de partículas menores do que as do FRT, conforme demonstrado na TABELA 24.

Segundo El-Dash, Campos e Germani (1994), a capacidade de absorção de água pela farinha varia com a granulometria e é influenciada pelos seus componentes. Farinha moída com uma granulometria mais fina absorve mais água devido ao aumento da superfície de contato das partículas. Desta forma, as formulações (F) diferiram estatisticamente na absorção de água em relação ao controle (C) uma vez que a FAP possui 90,27% de partículas com diâmetro inferior a 0,300mm. Da mesma forma, a FSL também contribuiu para uma maior absorção de água, uma vez que possui granulometria mais fina (76,70% entre 0,425 mm e 0,500 mm) do que o FRT (86,54% maior que 0,500mm).

Koca e Anil (2007) estudaram o uso de farinha de linhaça em 5%, 10%, 15% e 20% em substituição à farinha de trigo na fabricação de pães. Para a substituição de 15%, os pesquisadores encontraram uma absorção de 65% de água, valor este inferior ao valor determinado para a média das formulações de farinhas mistas (F1, F2, F3, F4, F4₁, F4₂) que foi de 70,89%. Este resultado provavelmente se deve a presença de diferentes tamanhos de partículas presentes na farinha mista deste estudo, o que acarretou diferentes níveis de absorção de água. Ainda, a farinha de trigo utilizada neste experimento apresentou uma absorção inicial (TABELA 21) 4 % superior à utilizada pelos autores citados.

Estudo realizado por Zhang e Moore (1997) utilizando 15% de farelo de trigo em substituição a farinha de trigo, apresentou um valor de 69,68% para a absorção de água, valor este 1,7% inferior ao determinado para a média das farinhas mistas contendo FAP desta pesquisa, e 6,71% superior ao determinado para a FSL por Koca e Anil (2007).

Para tempo de desenvolvimento (TD), TABELA 25, o controle foi superior e diferente estatisticamente das formulações F2 e dos pontos centrais (F4, F4₁, F4₂), os quais possuem maior quantidade de FAP, 3,5% e 2,2%, respectivamente. No entanto, o controle foi igual estatisticamente as formulações F1 e F3 ambas com 1,5% de FAP.

Isto mostra que a inclusão da FAP e a diminuição da concentração de FSL mais FRT, interferiu no tempo de desenvolvimento da massa. No entanto para concentrações baixas de FAP, 1,5% (F1 e F3) e maiores de FSL e FRT, esta interferência não foi significativa.

Entre as formulações, as diferentes concentrações de FAP, FSL e FRT não geraram diferença estatística, apesar de a F1 e F3 terem apresentado maior tempo de desenvolvimento.

Na FIGURA 12, observa-se pela Superfície de resposta, a tendência do FRT em contribuir para melhorar a característica de mistura da massa, uma vez que maior tempo de desenvolvimento (>5,70 min) foi obtido na área experimental com maior teor de FRT. Por outro lado, menor tempo de desenvolvimento (< 5,1min) foi verificado na área com maior concentração de FAP.

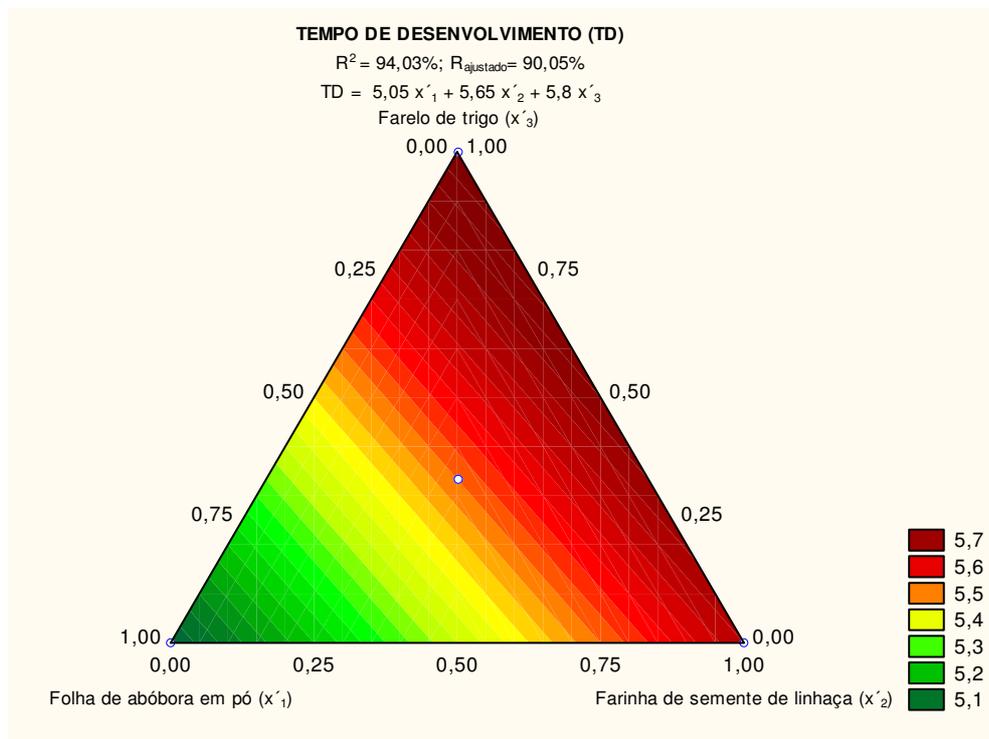


FIGURA 12- SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE AO TEMPO DE DESENVOLVIMENTO (TD) DAS FARINHAS MISTAS

O tempo de desenvolvimento da massa está diretamente relacionado ao tempo de mistura necessário para que a mesma atinja seu ponto ótimo de desenvolvimento (POMERANZ, 1987). Farinhas fortes necessitam de maior tempo de mistura, sendo que a adição de fibra alimentar enfraquece a rede de glúten, diminuindo sua estabilidade. Dessa forma, com a redução da força da farinha, é necessário reduzir o tempo de mistura da massa à medida que se aumenta a quantidade de substituição da farinha de trigo (EL-DASH, CAMPOS e GERMANI, 1994).

O tempo de desenvolvimento médio para as farinhas mistas, contendo FAP, FSL e FRT, foi de 5,50min, resultado similar ao encontrado por Zhang e Moore

(1997) para farinha de trigo substituída por 15% de farelo de trigo, 4,58min. Ainda os mesmos autores encontraram redução no tempo de mistura da massa, à medida que ocorre a redução do tamanho das partículas do farelo de trigo. Este comportamento vai de encontro com o determinado para as formulações apresentadas na TABELA 25 uma vez que a farinha mista com maior teor de FAP (F2) teve o menor tempo de desenvolvimento.

Segundo Zhang e Moore (1997) para uma mesma porcentagem de substituição, farinhas mais finas possuem maior quantidade de partículas do que farinhas com granulometria maior, o que impacta mais intensamente na rede de glúten.

Em relação à estabilidade (E), TABELA 25, o controle foi estatisticamente superior às formulações estudadas, mostrando a interferência significativa da adição da FAP e diminuição da concentração de FSL mais FRT, neste parâmetro. No entanto as diferentes concentrações da FAP, assim como de FSL e FRT não foram suficientes para gerar diferenças significativas entre as próprias formulações.

Nos estudos realizados por Koca e Anil (2007) foi observado um aumento do tempo de desenvolvimento da massa com o aumento de utilização da farinha de semente de linhaça, sendo que uma substituição de 15% gerou um tempo de desenvolvimento de 8,85 min e uma estabilidade de 9,10 min. Estes resultados encontram-se 35% e 60% respectivamente superior ao encontrado neste experimento para as farinhas mistas contendo FAP, FSL e FRT. No entanto as condições iniciais da farinha de trigo também devem ser consideradas. No estudo atual o tempo de desenvolvimento da farinha de trigo foi de 6,60 min e a estabilidade de 8,30 min. Em contrapartida, Koca e Anil (2007) encontraram 2,55 min e 12,60 min, respectivamente, os quais diferem dos obtidos neste experimento.

Em relação ao índice de tolerância à mistura (ITM), TABELA 25, o controle (7,5% de FSL/ 7,5% FRT) não teve diferença estatística significativa em relação às formulações F1, F3, F4, F4₁ F4₂. No entanto, a formulação F2 diferiu do controle e da F1, apresentando um valor 18,46% superior as demais formulações.

A diferença estatística gerada entre F1 e F2 parece estar relacionada à concentração de FRT das formulações, 7,50% e 5,50%, respectivamente, uma vez que a F3, contendo 5,50% de farelo, não diferiu estatisticamente da F2.

A FIGURA 13, de Superfície de resposta, mostra que maior valor de índice de tolerância à mistura (>50 UB) foi obtido na região experimental com maiores

concentrações de FAP, e menor índice (<36 UB), na região com maior concentração de FRT. Valores de ITM altos estão relacionados a uma menor tolerância da farinha à mistura.

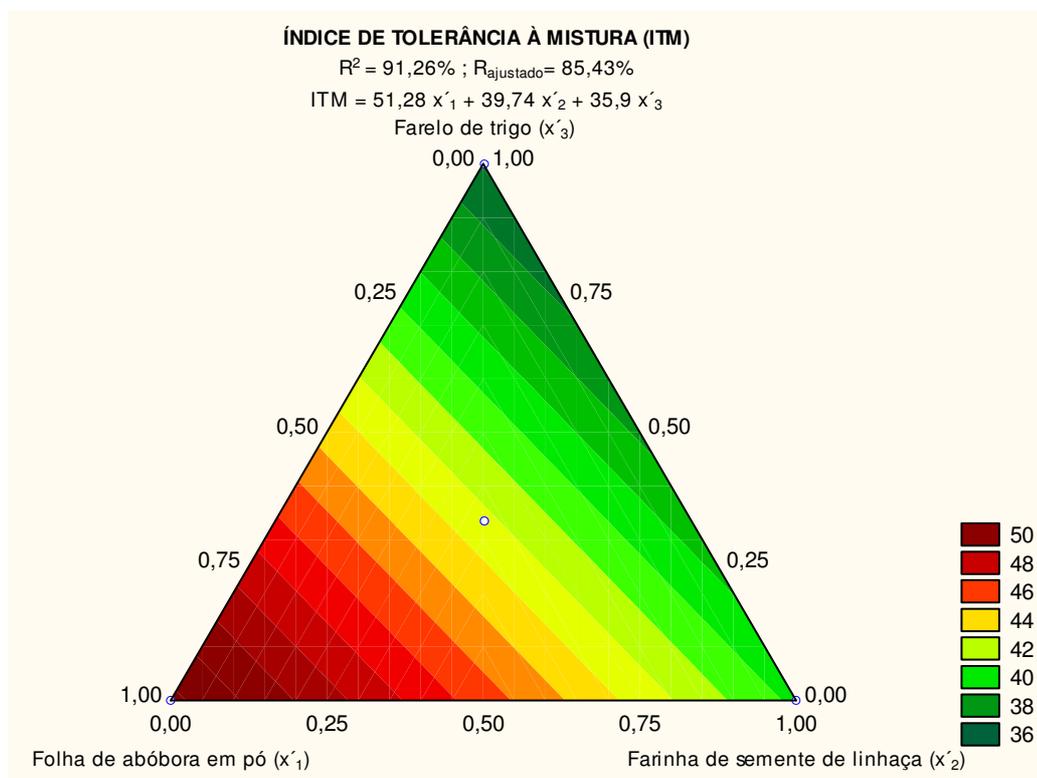


FIGURA 13- SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE AO ÍNDICE DE TOLERÂNCIA À MISTURA (ITM)

Desta forma, observa-se que a F1 com maior teor de FRT, teve um destaque para este parâmetro já que, apesar de estatisticamente igual às demais, teve comportamento igual ao controle, apresentando valor menor para ITM. Este resultado parece estar relacionado ao fato de a F1 e controle (C) possuírem teor igual de FRT (7,5%).

Os resultados da ITM para a formulação F1, 34,62 UB foi próximo ao determinado por Koca e Anil (2007) para farinha de linhaça com 15% de substituição à farinha de trigo, 30,50UB. No entanto este último resultado foi 20% e 35% inferior ao determinado para a F3, e as demais (F2, F4, F4₁, F4₂), respectivamente (TABELA 25). Já Zhang e Moore (1997) determinaram valor de 40,6UB para a farinha mista contendo 15% de substituição de farelo de trigo.

Zhang e Moore (1997) estudaram o efeito de diferentes tamanhos de partícula do farelo de trigo, nas propriedades reológicas da massa. Estes pesquisadores

constatarem um aumento significativo da ITM com a diminuição do tamanho das partículas do farelo de trigo, o que significa que massas contendo partículas mais finas são menos tolerantes à mistura. Esta relação entre tamanho de granulometria e ITM foi verificada para as massas adicionadas de FAP, uma vez que maior concentração de FAP resultou em ITM maior, e maior concentração de FRT em ITM menor.

Os resultados de TD e ITM mostram uma correlação linear negativa ($r = -0,943$), uma vez que formulações com concentrações maiores de FAP tiveram TD menor, e ITM maior.

Observou-se com os resultados de tempo de desenvolvimento e índice de tolerância à mistura, na farinha mista, a tendência da contribuição do FRT na obtenção de farinha mista com melhor qualidade reológica, e a interferência da FAP nesta qualidade, à medida do aumento de sua porcentagem de concentração.

Em estudo de 13 embalagens de pães de forma industriais contendo fibras, foi verificado que o farelo de trigo apresentava-se como ingrediente em 5 delas, na proporção de 4 a 4,5% de substituição. Já, a farinha de semente de linhaça, esteve presente em nove embalagens, com variação de 2 a 7%.

Segundo Almeida (2006), um grande número de pesquisadores tem estudado o uso do farelo de trigo em panificação em níveis variando entre 1 e 30%. No entanto o farelo de trigo quando adicionado em torno de 7% à farinha de trigo, não gera modificações marcantes nos parâmetros de processo de absorção de água e tempo de mistura ou mesmo nas características finais do produto.

10.2.2 Alveografia

Para os resultados de alveografia, W, P/L, P e L (TABELA 27) não houve diferença estatística entre as formulações e o controle. Verifica-se desta forma que a FAP nas concentrações de 1,5% a 3,5%, não teve interferência na elasticidade e tenacidade das massas. Desta forma, uma vez que não houve diferenças estatísticas entre as formulações, não foi possível criar modelos significativos ($p > 0,05$) com fins preditivos para estes parâmetros.

TABELA 27 – MÉDIA DOS DADOS OBTIDOS PELA ALVEOGRAFIA PARA AS SEIS FORMULAÇÕES DE FARINHA MISTA E CONTROLE

PARÂMETROS	W (10 ⁻⁴ J)	P/L	P (mm)	L (mm _{H2O})
Formulações (FAP/FSL/FRT)				
F1(1,5/ 6,0 /7,5)	162a	9,00a	178a	20a
F2 (3,5/ 6,0/ 5,5)	171a	7,79a	171a	22a
F3 (1,5/ 8,0/ 5,5)	170a	9,55a	187a	20a
F4 (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽¹⁾	181a	8,78a	185a	21a
F4 ₁ (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽¹⁾	183a	8,25a	183a	21a
F4 ₂ (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽¹⁾	180a	8,23a	184a	21a
Controle (FSL/FRT)				
C (7,5/ 7,5)	158a	7,13a	159a	23a
¹ DPC	17,58	1,07	12,39	2,01

Nota: FAP = folha de abóbora em pó, FSL = farinha de semente de linhaça, FRT = farelo de trigo; W (energia de deformação da massa), P/L (configuração média da curva), P (tenacidade), L (elasticidade); Médias com letras iguais na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% (P < 0,05); ¹DPC= Desvio padrão combinado; ⁽¹⁾ F4, F4₁ e F4₂ referem-se à proporção exata de (2,1665/6,6665/6,1670)

Piekarski, Waszczyński e Freitas (2008) analisaram os parâmetros de alveografia em farinha mista contendo folha de abóbora em pó em substituição à farinha de trigo, nas proporções de 0% (controle), 2,5%, 5% e 10%. Os autores observaram que quanto maior a concentração de folha de abóbora em pó na mistura, mais tenaz (P) e menos extensível (L) se tornou a massa em relação ao controle, além de apresentar uma diminuição na energia de deformação da massa (W). Desta forma observa-se que a interferência da FAP dentro de uma farinha mista contendo outros grãos e sementes é menos expressiva, nas características reológicas, do que quando utilizada unicamente como substituta à farinha de trigo.

O valor médio de energia de deformação das massas (W) foi de $174,67 \times 10^{-4} \text{J}$ (TABELA 27), e a configuração média da curva (P/L) apresentou um valor de 8,6 mm_{H2O}/mm. Segundo Germani (2003), na produção de pães de forma são indicados para farinha branca valores de W entre $150 - 280 \times 10^{-4} \text{J}$ e P/L entre 0,5 e 1,7 mm_{H2O}/mm. Desta forma, observa-se que o valor de W apresentou-se dentro da faixa ótima, no entanto, para o P/L o valor foi 80,23% superior, mostrando que as farinhas mistas se apresentaram altamente tenazes.

Couto (2007) estudando a substituição de farinha de pequi à farinha de trigo verificou, para uma substituição de 15%, um valor de P/L de 6,61 mm_{H₂O}/mm, o que comprova que farinhas mistas alcançam maiores valores para este parâmetro.

10.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DOS PÃES

O resultado microbiológico dos pães (F1, F2, F3, F4, F4₁, F4₂) foi: NMP <3,0/g para coliformes a 45°C e ausência de UFC/g de *Salmonella* sp. Estes resultados apresentam-se dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA (BRASIL, 2001a), os quais são: máximo de NMP 10²/g para coliformes a 45°C e ausência de *Salmonella* sp/ 25g.

10.4 ANÁLISE SENSORIAL

10.4.1 Análise descritiva quantitativa

A TABELA 28 apresenta os resultados da análise descritiva quantitativa modificada, para as três formulações (F1, F2 e F3) e ponto central (F4) com duas repetições (F4₁ e F4₂).

TABELA 28- MÉDIA DOS DADOS OBTIDOS NA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA PARA AS FORMULAÇÕES E PONTOS CENTRAIS

FORMULAÇÕES (FAP/FSL/FRT)	Forma e Simetria do Pão	Característica da crosta	Cor externa	Tamanho das células do miolo	Textura do miolo	Cor do miolo	Sabor	Aroma
F1(1,5/ 6,0/7,5)	4,72a	4,00a	4,77a	4,17a	4,03a	4,80a	4,47a	4,50a
F2 (3,5/6,0/5,5)	1,86d	3,37c	3,21c	3,60b	3,23b	3,42c	3,37b	3,60b
F3 (1,5/8,0/5,5)	4,37ab	3,90ab	4,53ab	3,90ab	3,63ab	4,87a	4,37a	4,40a
F4 (2,2/6,7/6,2) ⁽¹⁾	4,40ab	4,10a	4,31b	4,27a	3,67ab	4,33b	4,07a	4,30a
F4 ₁ (2,2/6,7/6,2) ⁽¹⁾	4,10b	3,93ab	4,60ab	4,10ab	3,50ab	4,34b	4,27a	4,33a
F4 ₂ (2,2/6,7/6,2) ⁽¹⁾	3,56c	3,52bc	4,24b	3,93ab	3,90ab	4,32b	3,93a	4,07a
p Hartley amostra	0,001	0,080	0,444	0,369	0,132	0,018	0,356	0,478
p Hartley julgadores	0,980	1,000	0,995	0,998	0,266	0,998	0,300	0,999
p ANOVA amostra	0,000	0,000	0,000	0,008	0,031	0,000	0,000	0,000
p ANOVA julgadores	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000
DPC ⁽²⁾	1,130	0,750	0,750	0,840	1,110	0,670	0,950	1,010

NOTA: FAP = folha de abóbora em pó, FSL = farinha de semente de linhaça, FRT = farelo de trigo; ⁽¹⁾ F4, F4₁ e F4₂ referem-se à proporção exata de (2,1665/6,6665/6,1670); médias com letras iguais na mesma coluna representam resultados estatisticamente iguais ao nível de 5% (P< 0,05); ⁽²⁾DPC= Desvio padrão combinado, n=30

A formulação F1 com maior porcentagem de FRT, 2% a mais que a F3, apresentou as maiores pontuações para os atributos analisados, e foi constatado ser estatisticamente igual a uma ou mais das formulações em teste, nos atributos avaliados.

Por outro lado, a F2, com maior quantidade de FAP, recebeu as menores notas, sendo que foi inferior e estatisticamente diferente das demais formulações para as características forma e simetria, cor externa, cor do miolo, sabor e aroma.

Os parâmetros forma e simetria, cor externa e cor do miolo foram as características que a FAP mais influenciou visualmente, como pode ser observado na FIGURA 14.

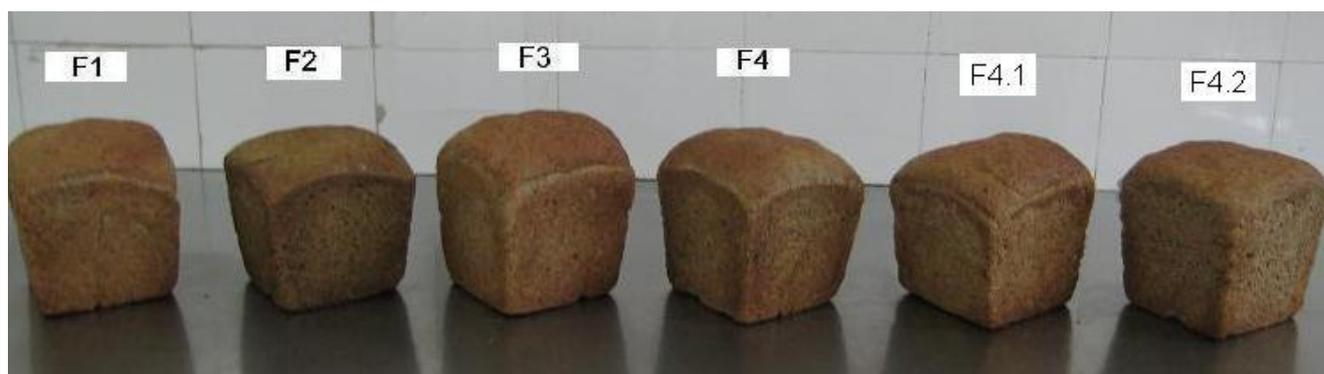


FIGURA A- APRESENTAÇÃO EXTERNA DOS PÃES



FIGURA B- APRESENTAÇÃO INTERNA DOS PÃES

FIGURA 14- FORMULAÇÕES DE PÃES DESENVOLVIDAS

Em relação às características de forma e simetria, observa-se que o pão F2 teve um crescimento ligeiramente inferior do que as outras formulações, e apresentou um achatamento na superfície, ou seja, falta de arredondamento superficial. Os pontos centrais (2,2% de FAP) tiveram, na média, um arredondamento com inclinação para um lado, e a F3 e F1, foram os pães que apresentaram uma forma mais simétrica e arredondada. Provavelmente a FAP interfere na estrutura da rede de glúten, o qual perde força e dificulta um crescimento maior da massa.

Em relação à característica da crosta, as formulações F1 e F3 foram superiores e diferente da F2, sendo que F1 e F3 foram consideradas macias, e F2 ligeiramente dura. Em média, os pontos centrais receberam notas intermediárias para esta característica. Este parâmetro característica da crosta apresentou forte correlação com a forma e simetria ($r = 0,901$).

Em relação à cor externa, houve diferença significativa entre as formulações F1 e F2, sendo que a F1 foi superior às demais, e recebeu a maior nota. Ainda a F1

apresentou-se superior, mas igual a F3 (1,5: 8,0: 5,5), e foi diferente em média, dos pontos centrais. Esta diferença percebida entre a F1 e F3, provavelmente é devida à diferença de proporção de FSL e FRT nestas formulações: F1 (6,00: 7,50) e F3 (8,00: 5,50), respectivamente. O FRT possui uma luminosidade (L^*) maior (62,39) do que a FSL (38,78), o que provavelmente interfere na aparência final do pão. A F2 foi a formulação que apresentou cor esverdeada com maior destaque na crosta (FIGURA 14A), sendo considerada uma coloração castanho escuro fortemente esverdeada. Os parâmetros cor externa do pão e característica de crosta apresentaram uma correlação de $r = 0,799$.

Em relação a cor do miolo, a coloração da FAP foi expressiva, sendo que as três diferentes concentrações de FAP (1,5%, 2,2% e 3,5%) geraram diferenças estatísticas entre as formulações. Estas diferenças podem ser observadas na FIGURA 14B. Os pães F1 e F3 apresentaram miolo de cor castanho à ligeiramente esverdeado. Os pontos centrais apresentaram-se castanho esverdeado, e a F2 teve um miolo verde. A cor do miolo e a cor da crosta apresentaram forte correlação linear ($r=0,934$).

Para o tamanho das células e textura do miolo a F1 foi superior e estatisticamente igual a F3 e aos pontos centrais, diferindo significativamente em relação a F2. Em média as células do miolo apresentaram-se ligeiramente desuniformes, e com textura macia e suave, com exceção para F2, que recebeu nota próxima a alterada e áspera.

Os resultados destes parâmetros sensoriais mostram que as diferenças significativas estão relacionadas entre pães com variações maiores de FAP, de 1,5% (F1 e F3) a 3,5% (F2), uma vez que os pontos centrais (2,2%) apresentaram notas iguais ou similares às formulações com 1,5% de FAP. No entanto, exceção ocorreu para os parâmetros de tamanho das células e textura do miolo, onde a F3 (com 1,5% de FAP) foi igual estatisticamente a F2. A interferência das fibras, nestes dois últimos parâmetros, parece estar mais relacionada à concentração de FRT que é igual para a F2 e F3 (de 5,50%) do que relacionada à variação de FAP, uma vez que a formulação F1 com maior teor de FRT (de 7,50%) recebeu as maiores notas durante a avaliação sensorial.

Para sabor e aroma a formulação F2 recebeu notas inferiores e diferiu estatisticamente das demais. Isto mostra que a aplicação da FAP é satisfatória em concentrações de 1,5% e 2,2%, gerando aroma e sabor e agradável. No entanto,

mesmo com nota menor a formulação F2 teve o sabor e aroma classificados como aceitável ou indiferente.

Os atributos sabor e aroma apresentaram, respectivamente, forte correlação com a cor externa ($r=0,980$, $r=0,976$) e cor do miolo ($r=0,959$, $r=0,944$) dos pães. A maior relação da cor do miolo com o sabor deve-se provavelmente a interferência maior da FAP no sabor do pão do que no aroma. Quanto mais FAP, mais intensa foi a coloração do miolo, e conseqüentemente o aroma e principalmente sabor. Sabor e aroma tiveram forte correlação ($r=0,986$).

Os resultados mostram uma expressiva interferência das concentrações de FRT nas formulações, o que resultou em notas mais altas para os pães. Esta análise pode ser comprovada pelos modelos de superfície de respostas realizados para os parâmetros sensoriais.

A TABELA 29 apresenta as equações e os coeficientes de determinação ajustados dos modelos lineares obtidos para os atributos sensoriais dos pães. Modelos lineares significativos ($p < 0,1$), sem falta de ajuste ($p > 0,05$) foram obtidos para sabor, aroma, cor externa, cor do miolo e índice de aceitação. Para os demais atributos, forma e simetria, característica de crosta, textura do miolo, tamanho das células do miolo, os modelos não foram significativos ($p > 0,05$). Os modelos significativos apresentaram uma variação dos dados (R_{aj}) explicada de 84,79% a 99,82%.

TABELA 29 - EQUAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS MODELOS OBTIDOS PARA OS ATRIBUTOS SENSORIAIS SIGNIFICATIVOS

PARÂMETRO	EQUAÇÃO	R^2_{aj} (%)	p	FALTA DE AJUSTE (p)
Cor externa	$Y_{CE} = 3,32 x'_1 + 4,64 x'_2 + 4,87 x'_3$	84,84	0,0274	0,3015
Cor do miolo	$Y_{CM} = 3,40 x'_1 + 4,85 x'_2 + 4,78 x'_3$	99,82	0,0000	0,0999
Sabor	$Y_S = 3,38 x'_1 + 4,38 x'_2 + 4,48 x'_3$	88,07	0,0191	0,8860
Aroma	$Y_A = 3,63 x'_1 + 4,43 x'_2 + 4,53 x'_3$	84,79	0,0276	0,6307
Índice de aceitação	$Y_{IA} = 29,44 x'_1 + 79,44 x'_2 + 92,78 x'_3$	90,47	0,0137	0,4148

NOTA: x'_1 = folha de abóbora em pó, x'_2 = farinha de semente de linhaça, x'_3 = farelo de trigo; R^2_{aj} (coeficiente de determinação ajustado,); p (nível de probabilidade) com 5% de confiança: modelo significativo para $p < 0,05$, sem falta de ajuste para $p > 0,05$.

Observa-se nas FIGURAS 15 a 17 que notas mais altas para cor externa (>4,8), sabor e aroma (>4,4) foram obtidas na área experimental com teor maior de FRT, seguida da referente à FSL.

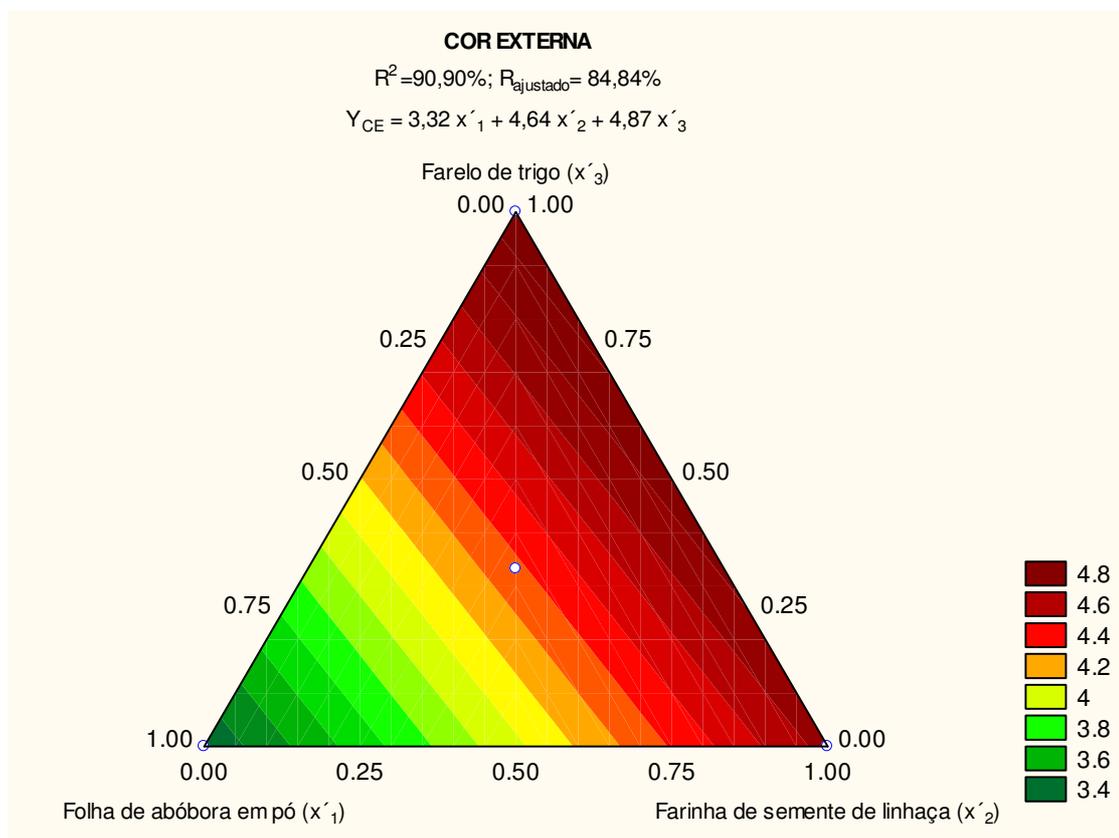


FIGURA 15- SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE A COR EXTERNA DO PÃO

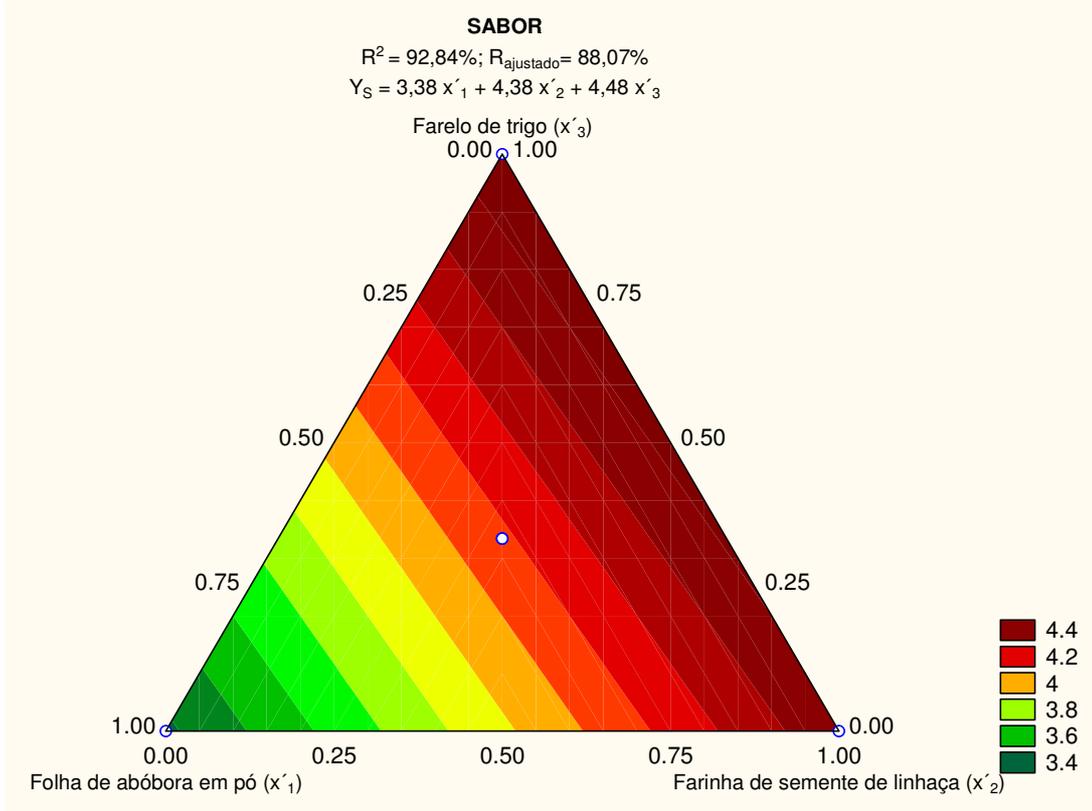


FIGURA 16 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE AO SABOR

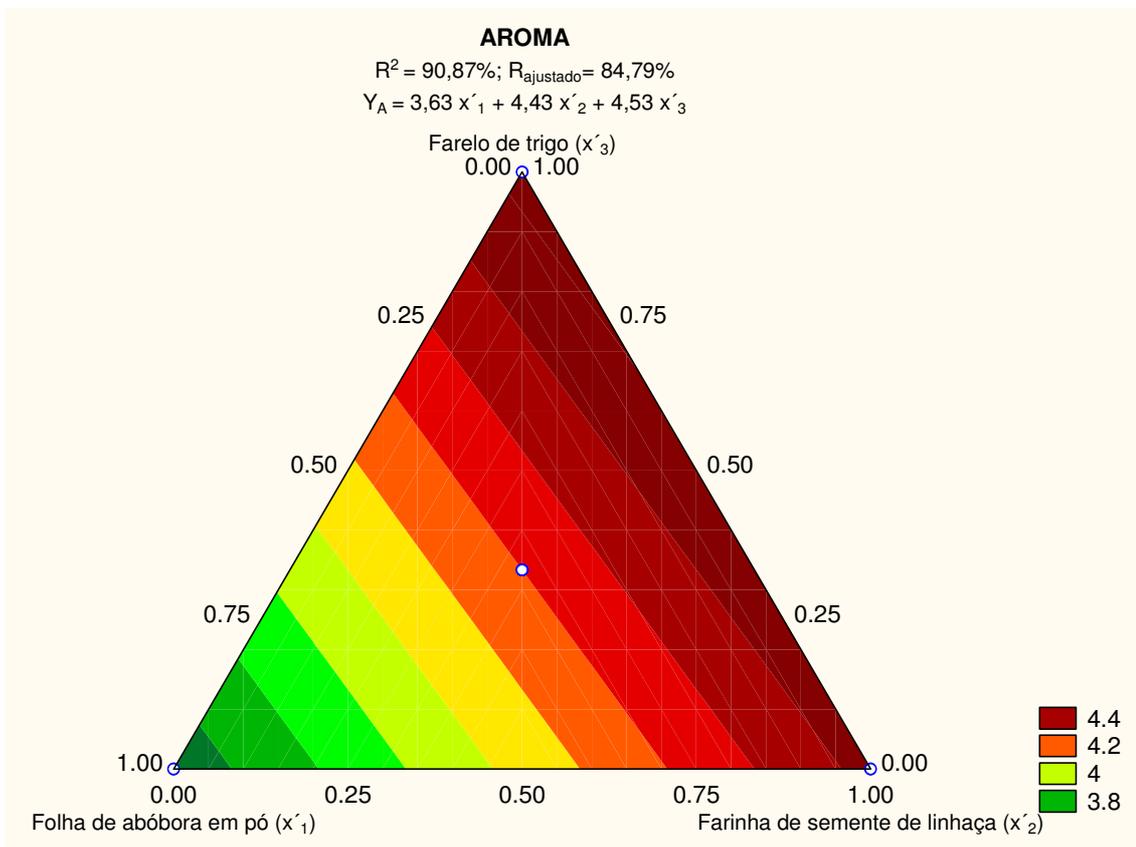


FIGURA 17- SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE AO AROMA

Para cor do miolo, FIGURA 18, notas superiores a 4,8 foram obtidas para a região com teor maior de FSL, seguida da de FRT. Por outro lado, o efeito inverso, notas menores para estes atributos, foi observado para a região experimental com maiores concentrações de FAP.

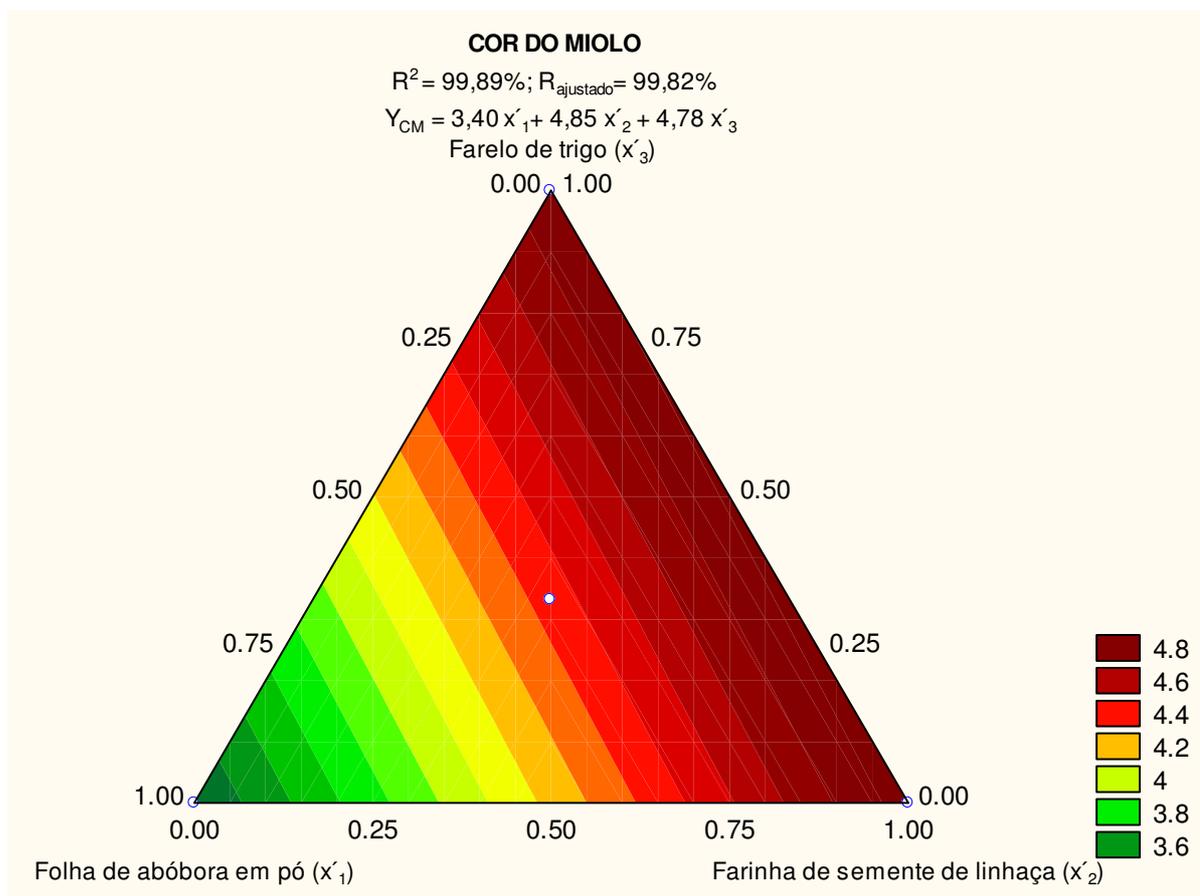


FIGURA 18- SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE A COR DO MIOLO

10.4.2 Índice de aceitação

O resultado de índice de aceitação, TABELA 30, mostra que os pães adicionados de FAP tiveram ótima aceitação pelos julgadores, onde a F1 apresentou aceitação de 90%, seguida da F3, com 76, 67%, e dos pontos centrais (F4, F4₁, F4₂), que tiveram uma média de aceitação de 70%. Já a aceitação da F2 foi de apenas 26,67%, mostrando que a concentração de 3,5% de FAP interferiu significativamente nas características avaliadas dos pães.

TABELA 30 – ÍNDICE DE ACEITAÇÃO PARA AS TRÊS FORMULAÇÕES (F1, F2 E F3 E PONTO CENTRAL (F4) COM SUAS DUAS REPETIÇÕES (F41 E F42)

FORMULAÇÕES (FAP/FSL/FRT)	ÍNDICE DE ACEITAÇÃO (%)
F1 (1,5/ 6,0/ 7,5)	90,00a
F2 (3,5/ 6,0/ 5,5)	26,67c
F3 (1,5/ 8,0/ 5,5)	76,67ab
F4 (2,1665/ 6,6665/ 6,1670)	76,67ab
F4 ₁ (2,1665/ 6,6665/ 6,1670)	70,00ab
F4 ₂ (2,1665/ 6,6665/ 6,1670)	63,33b
DPC ¹	1,12

NOTA: ¹DPC= Desvio padrão combinado, n=50

O resultado mostra ainda, que a interferência do FRT na aceitação também foi expressiva, resultando em notas maiores para os pães. Isto pode ser confirmado pela superfície de resposta gerada para o teste de aceitação (FIGURA 19).

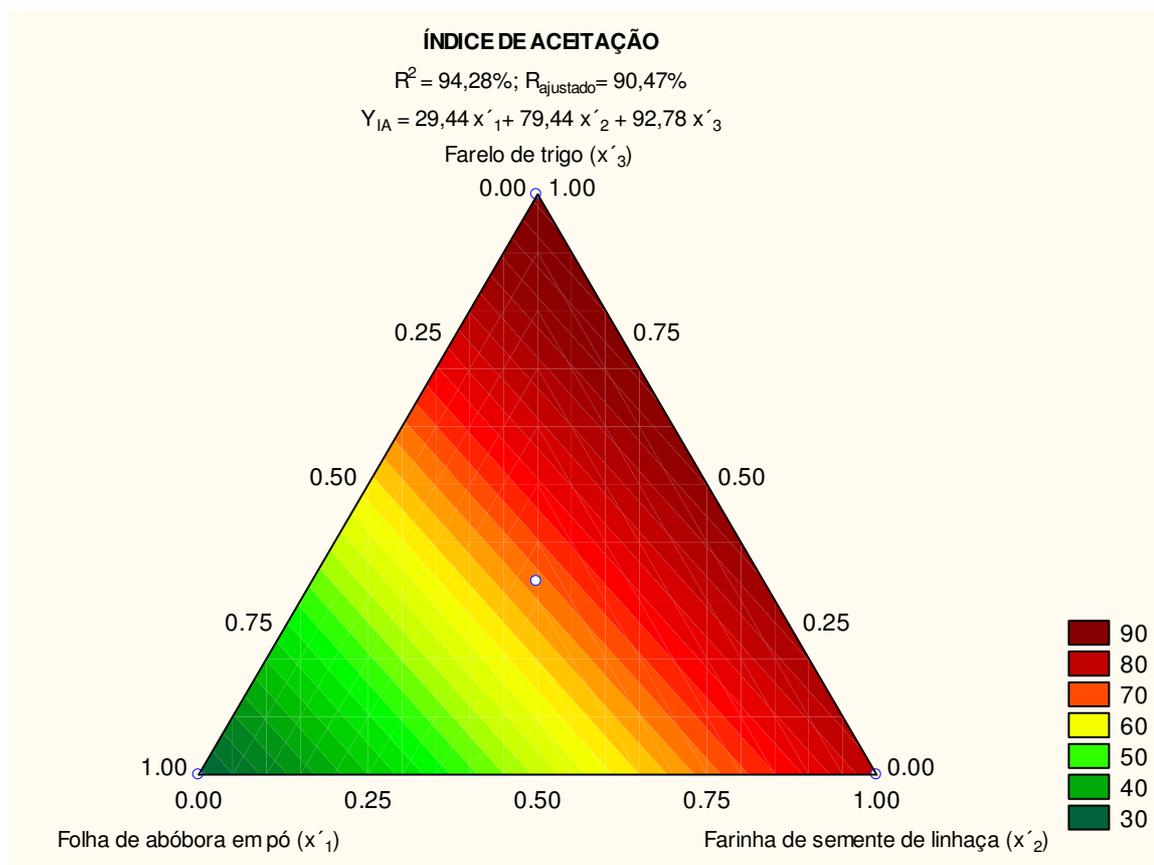


FIGURA 19 – SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À ACEITAÇÃO

Pela superfície de resposta, observa-se que a maior porcentagem de aceitação (> 90%) referiu-se a região experimental com maior teor de FRT, e a menor (<30%), a região com maior teor da FAP. No entanto, este baixo índice de aceitação refere-se ao pão com 3,5% de FAP, uma vez que os pães com 2,2% apresentaram boa aceitação.

O índice de aceitação apresentou forte correlação com a maioria dos atributos: sabor ($r=0,954$), aroma ($r=0,980$), cor do miolo ($r=0,940$), cor externa do pão ($r=0,961$), forma e simetria ($r=0,992$), característica de crosta ($r=0,864$), tamanho das células do miolo ($r=0,855$); e moderada com a textura do miolo ($r=0,783$).

A maior aceitação da formulação F1 parece estar relacionada aos resultados de farinografia, já que a mesma apresentou tolerância à mistura igual ao controle, o qual ainda foi diferente estatisticamente das demais. Ainda para absorção de água a F1 foi a que apresentou comportamento mais similar ao controle.

10.4.3 Teste de ordenação

O teste de ordenação em relação à preferência confirmou os resultados obtidos para índice de aceitação. Conforme se observa na FIGURA 20, a F1 obteve a menor somatória no teste de ordenação, portanto foi a formulação de pão mais preferida, seguida das formulações F3, e F4, F4₁, F4₂. Já, a formulação F2, que diferiu estatisticamente das demais, obteve a maior somatória no teste de ordenação sendo considerada a menos preferida em relação ao sabor.

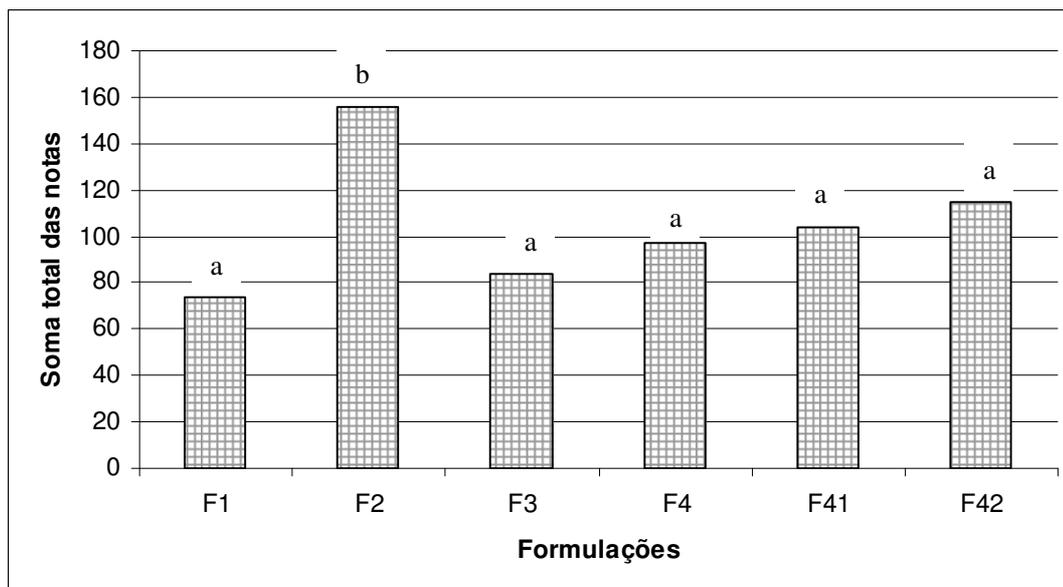


FIGURA 20– TESTE DE ORDENAÇÃO PREFERÊNCIA-SABOR PARA AS TRÊS FORMULAÇÕES (F1, F2 E F3) E PONTO CENTRAL (F4) COM SUAS DUAS REPETIÇÕES (F4₁ E F4₂)

Os resultados mostram que a FAP tem uma promissora aplicação na panificação, e que sua utilização juntamente com o FRT e a FSL gerou ótima aceitação pelos julgadores, em níveis de substituição de até 2,2%.

Os resultados da avaliação sensorial apresentaram correlações com os parâmetros farinográficos. O tempo de desenvolvimento (TD) exibiu correlação alta com sabor e aroma ($r=0,829$) e principalmente com índice de aceitação ($r=0,928$). Ainda a estabilidade da massa durante a mistura (E) também apresentou forte correlação linear com o sabor e aroma ($r=0,942$) e índice de aceitação ($r=0,812$).

O índice de tolerância à mistura (ITM) mostrou uma correção linear negativa ($r=-0,829$) com a textura do miolo, o que é uma tendência verdadeira, já que a F2 que exibiu o maior valor para ITM, recebeu as menores notas para textura.

Estes resultados mostram a alta relação entre o comportamento reológico da massa e os atributos sensoriais avaliados dos pães, uma vez que as formulações que apresentaram melhor comportamento de mistura, determinadas pelo farinógrafo, foram as que receberam maiores notas na análise sensorial. Ainda, o destaque da formulação F1 foi observado em ambas as análises, reológica e sensorial.

Isto demonstra a importância das análises reológicas das farinhas na avaliação e predição da qualidade de pães, sendo que as características de mistura das farinhas são fundamentais para gerar pães de boa aceitação. Farinhas que apresentam tempo de desenvolvimento e estabilidade adequados, e que toleram

maior tempo de mistura, estão relacionadas à qualidade do glúten, o qual deve ser capaz de reter os gases durante a fermentação. As formulações F1 e F3 apresentaram os melhores comportamentos nas análises reológicas, e receberam as maiores notas durante a avaliação sensorial.

Ainda, a formulação F1 que foi a formulação com maior índice de aceitação, apresentou nos parâmetros farinográficos, resultados mais próximos ao do controle, como para ITM e A%. Desta forma, o FRT, que está presente em quantidades iguais na F1 e controle (7,5%) parece ter sido importante para os resultados gerados.

10.5 ANALISE FÍSICAS DOS PÃES

10.5.1 Volume específico

A TABELA 31 apresenta os resultados de volume específico das formulações dos pães e do controle.

TABELA 31 - VOLUME ESPECÍFICO DAS FORMULAÇÕES E DO CONTROLE

PARÂMETROS	VOLUME ESPECÍFICO (g/cm ³)
Formulações (FAP/FSL/FRT)	
F1 (1,5/ 6,0/ 7,5)	2,48a
F2 (3,5/ 6,0/ 5,5)	2,40a
F3 (1,5/ 8,0/ 5,5)	2,49a
F4 (2,1665/ 6,6665/ 6,1670)	2,37a
F4 ₁ (2,1665/ 6,6665/ 6,1670)	2,49a
F4 ₂ (2,1665/ 6,6665/ 6,1670)	2,44a
Controle (FSL/ FRT)	
Controle (7,5/ 7,5)	2,55a
DPC ¹	0,11

Em relação ao volume específico não houve diferença significativa entre as formulações, sendo que os pães contendo FAP, FSL e FRT tiveram valores estatisticamente iguais ao valor obtido para o controle (FSL e FRT). Isto mostra que a FAP não interferiu nos fatores que determinam o volume do pão. De acordo com Tedrus *et al.*, (2001) a quantidade de gás produzido durante a fermentação, e

capacidade de retenção deste gás pela massa, é que estão relacionados com a qualidade do glúten e conseqüentemente com o volume final do pão.

O volume específico das formulações neste experimento variou de 2,37 a 2,55 g/cm³, os quais se aproximam ao valor determinado por Dhingra e Jood (2004), 2,61 g/cm³, para mistura de farinha de cevada e de soja em substituição à farinha de trigo de 15%. No entanto foi inferior ao obtido por Koca e Anil (2007), 3,33g/cm³, para pão contendo 15% de farinha de semente de linhaça.

10.5.2 Análise de cor

A TABELA 32 apresenta os resultados de cor da crosta e cor do miolo para os pães, medidos instrumentalmente.

TABELA 32 – ANÁLISE DE COR PARA AS TRÊS FORMULAÇÕES (F1, F2 E F3) E PONTO CENTRAL (F4) COM SUAS DUAS REPETIÇÕES (F41 E F42)

FORMULAÇÕES (FAP/FSL/FRT)	L^*	a^*	b^*	C^*	h	ΔE
Cor da Crosta						
C ⁽¹⁾ (7,5 / 7,5)	43,80a	15,29a	23,80b	28,30ab	57,14c	-
F1(1,5/ 6,0 /7,5)	44,67a	12,88b	26,21ab	29,21ab	63,81ab	3,53
F2 (3,5/ 6,0/ 5,5)	41,72a	10,24c	24,99ab	27,02b	67,69a	5,60
F3 (1,5/ 8,0/ 5,5)	44,99a	13,07b	27,31a	30,28a	64,41ab	4,33
F4 (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽²⁾	43,11a	11,78bc	25,25ab	27,91b	64,88ab	3,86
F4 ₁ (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽²⁾	41,93a	12,19b	24,68ab	27,57b	63,56ab	3,73
F4 ₂ (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽²⁾	41,38a	12,58b	24,24b	27,33b	62,48b	3,66
¹ DPC	2,38	1,58	1,78	1,51	3,80	
Cor do Miolo						
C ⁽¹⁾ (7,5 / 7,5)	63,52a	4,77a	17,28d	17,93d	74,59e	-
F1(1,5/ 6,0 /7,5)	57,17c	2,74b	23,00c	23,17c	83,19d	8,78
F2 (3,5/ 6,0/ 5,5)	51,12e	0,52e	25,65a	25,66a	88,84a	15,54
F3 (1,5/ 8,0/ 5,5)	58,33b	2,33c	22,88c	23,00c	84,19c	8,01
F4 (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽²⁾	55,15d	1,81d	24,51b	24,58b	85,79b	11,45
F4 ₁ (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽²⁾	55,51d	1,85d	23,88b	23,95b	85,56b	10,78
F4 ₂ (2,2/ 6,7/ 6,2) ⁽²⁾	55,46d	1,96d	24,47b	24,55b	85,41b	11,16
¹ DPC	3,58	1,22	2,60	2,41	4,22	

Nota: FAP = folha de abóbora em pó, FSL = farinha de semente de linhaça, FRT = farelo de trigo, C (FSL/FRT); ⁽¹⁾ F4, F4₁ e F4₂ referem-se à proporção exata de (2,1665/6,6665/6,1670); L^* (luminosidade), a^* e b^* ($+a^*$: vermelho, $-a^*$: verde, $+b^*$: amarelo, $-b^*$: azul), C^* [(croma = $a^{*2} + b^{*2}$)^{1/2}]; h [hue = arctang (b^*/a^*)]; Médias com letras iguais na mesma coluna representam resultados iguais estatisticamente ao nível de 5% ($P < 0,05$); ¹DPC= Desvio padrão combinado, n=5

A TABELA 33 mostra as equações e os coeficientes de determinação ajustados dos modelos lineares obtidos para os parâmetros significativos. No desenvolvimento destes modelos, para a cor da crosta dos pães, só foi possível obter modelo significativo para o parâmetro a^* . Para a cor do miolo, modelos lineares significativos ($p < 0,1$), sem falta de ajuste ($p > 0,05$) foram obtidos para todos os parâmetros de cor analisados: L^* , a^* , b^* , C^* e h . Em geral, os modelos significativos apresentaram uma variação explicada de 82,79% a 99,82% (R^2_{aj}).

TABELA 33 -EQUAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS MODELOS OBTIDOS PARA OS PARÂMETROS SIGNIFICATIVOS DE COR DA CROSTA E DO MIOLO

PARÂMETRO	EQUAÇÃO	R ² _{aj} (%)	p	FALTA DE AJUSTE (p)
Cor da crosta <i>a</i> *	$Y_{ca} = 10,30 x'_1 + 13,13 x'_2 + 12,94 x'_3$	89,43	0,0160	0,7421
Cor do miolo <i>L</i> *	$Y_{L^*} = 51,04 x'_1 + 58,25 x'_2 + 57,09 x'_3$	99,34	0,0002	0,3928
Cor do miolo <i>a</i> *	$Y_{ma^*} = 0,53 x'_1 + 2,33^* x'_2 + 2,75 x'_3$	99,24	0,0003	0,8841
Cor do miolo <i>b</i> *	$Y_{b^*} = 25,87 x'_1 + 23,10 x'_2 + 23,23 x'_3$	83,45	0,0313	0,2648
Cor do miolo <i>C</i> *	$Y_{C^*} = 25,87 x'_1 + 23,20 x'_2 + 23,37 x'_3$	82,79	0,0332	0,2839
Cor do miolo <i>h</i>	$Y_h = 88,92 x'_1 + 84,28 x'_2 + 83,28 x'_3$	98,87	0,0006	0,3631

NOTA: x'_1 = folha de abóbora em pó, x'_2 = farinha de semente de linhaça, x'_3 = farelo de trigo; R²_{aj} (coeficiente de determinação ajustado,); p (nível de probabilidade) com 5% de confiança: modelo significativo para p<0,05, sem falta de ajuste para p>0,05.

A luminosidade (*L*^{*}) da crosta do pão foi pouco influenciada pela adição da FAP uma vez que não houve diferenças estatísticas entre as formulações e o controle para este parâmetro. No entanto para o grau de saturação (*C*^{*}), que representa a intensidade da cor, as formulações F3, F1 e controle, com menores concentrações de FAP, apresentaram as maiores médias. Este resultado parece estar relacionado ao assamento do pão, uma vez que, segundo Gomez *et al.* (2003), embora a cor original dos ingredientes possa ter alguma influência na coloração da crosta do pão, esta está associada principalmente às reações de Maillard e de caramelização. O parâmetro *C*^{*} da cor da crosta apresentou correlação forte com o índice de aceitação (r=0,899).

Observa-se pela superfície de resposta gerada para cor da crosta, FIGURA 21, que valores maiores de a^* (>13) ($+a^*$, representa cor vermelha), foram obtidos na área experimental com concentrações maiores de FSL, seguido do FRT.

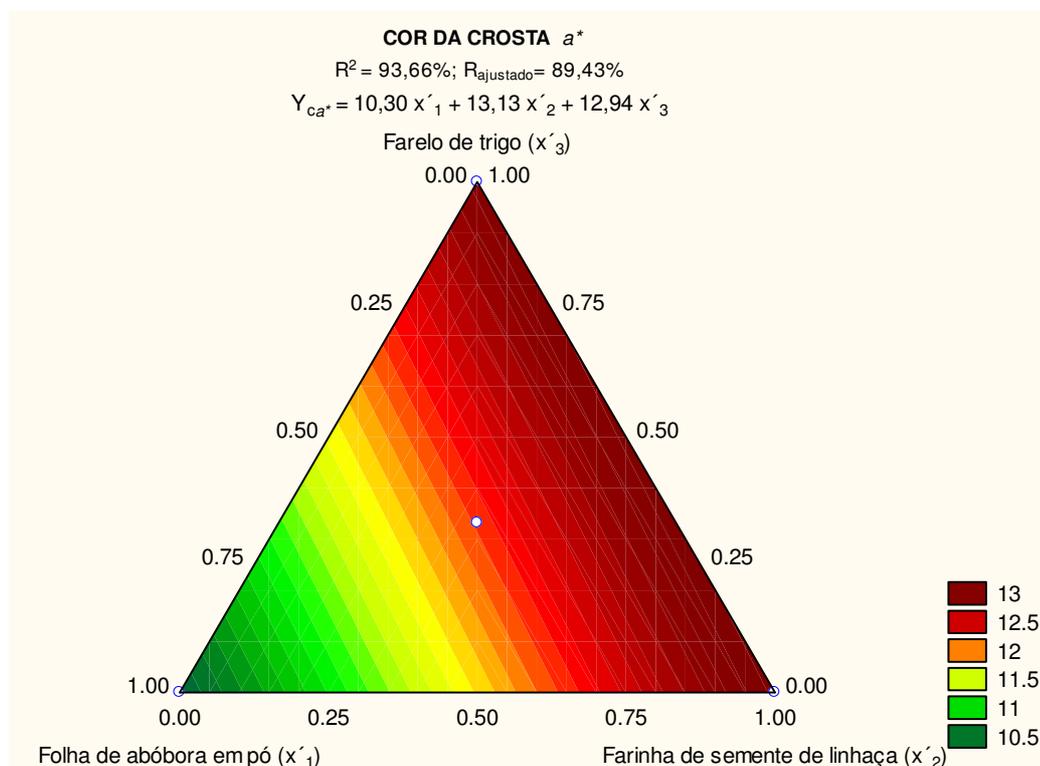


FIGURA 21- SUPERFÍCIE DE RESPOTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À COR DA CROSTA - a^*

A cor do miolo foi mais influenciada pela adição de FAP do que a cor da crosta, uma vez que foi observada diferença estatística, entre as formulações e controle, para todos os parâmetros. Segundo Pomeranz (1987) a cor do miolo do pão é similar à cor dos ingredientes porque o miolo não está tão susceptível a mudança de cor quanto a casca quando submetido a altas temperaturas.

Desta forma, para todos os parâmetros do miolo houve diferença estatística entre as formulações com diferentes concentrações de FAP (1,5%, 2,2% e 3,5%). No entanto, as diferenças significativas entre os pães F1 e F3 para os parâmetros L^* , a^* e h , provavelmente referem-se aos diferentes teores de FSL e FRT entre as duas formulações.

Para o parâmetro L^* da cor do miolo (FIGURA 22), maior luminosidade (>58) ocorreu para concentrações maiores de FSL. Ao contrário, teores maiores de FAP estão relacionados a uma diminuição da luminosidade (<52).

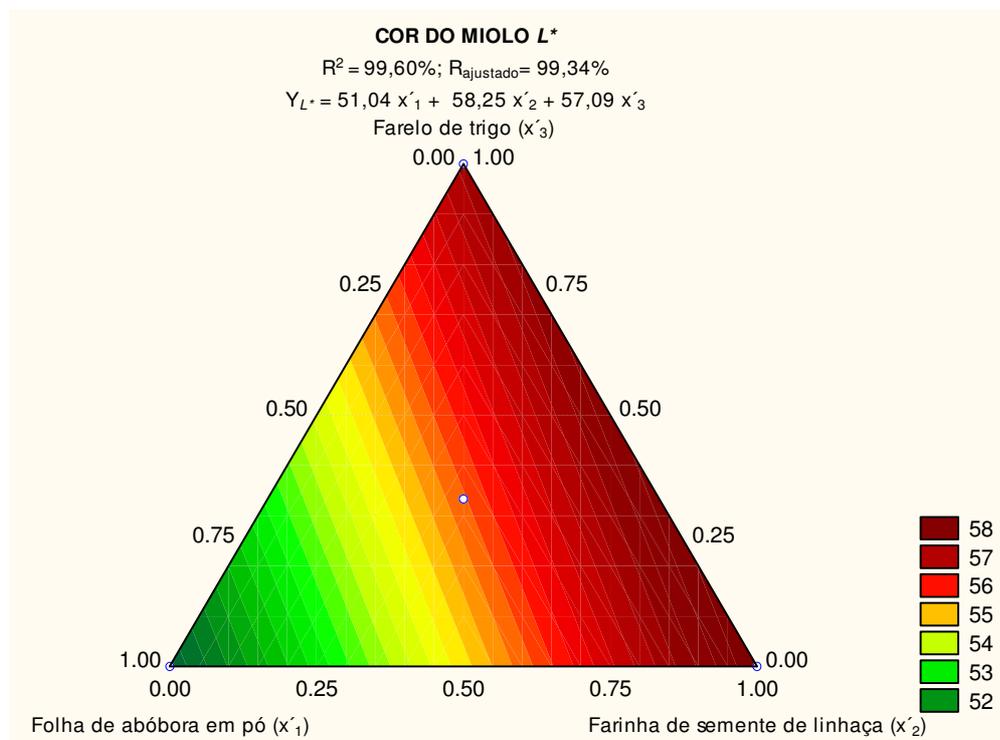


FIGURA 22– SUPERFÍCIE DE RESPOTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À COR DO MIOLO - L^*

Já para o parâmetro a^* do miolo do pão (FIGURA 23) foi observado maior valor tendendo ao vermelho ($>2,6$) na região experimental com maior concentração de FRT, seguido da referente à FSL. Isto está relacionado a cor original das farinhas (TABELA 22) onde o resultado do parâmetro a^* foi maior para o FRT, de 8,94 , seguido da FSL com 8,28.

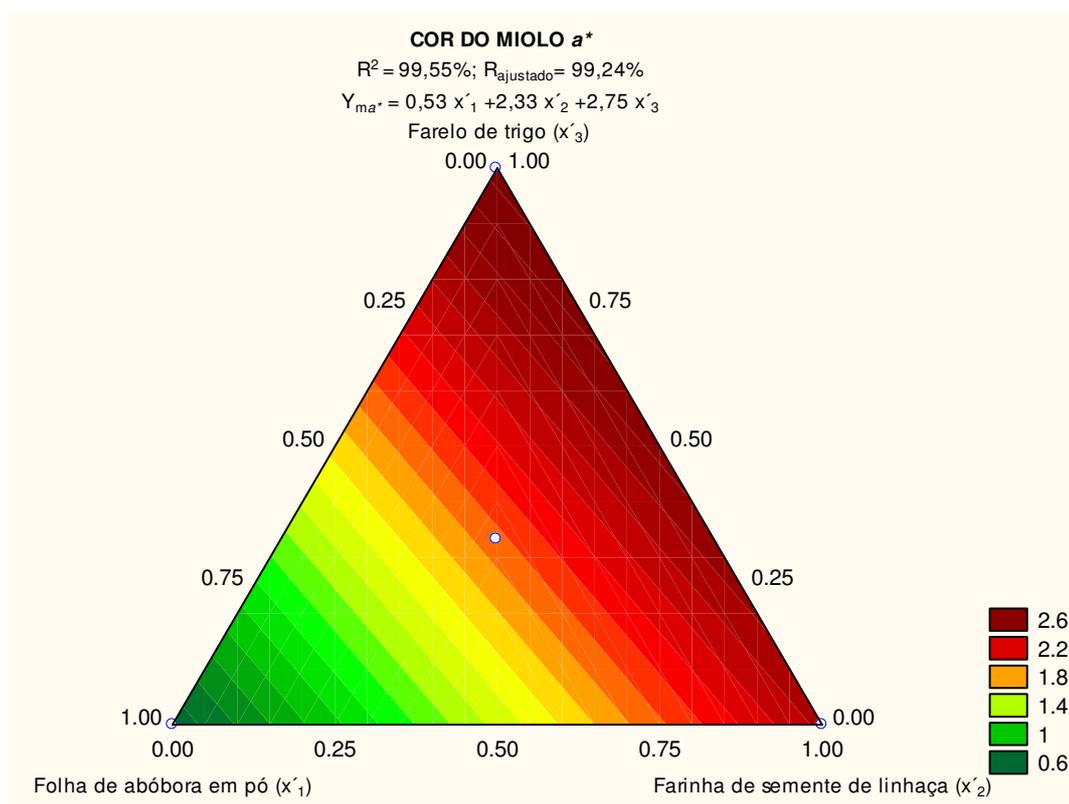


FIGURA 23- SUPERFÍCIE DE RESPOTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À COR DO MIOLO - a^*

A FAP foi a variável de maior influência (maiores coeficientes) para os parâmetros b^* , C^* e h do miolo dos pães. Para o croma (C^*), que indica o grau de pigmentação (saturação) da cor, o resultado (TABELA 32) aumentou conforme o aumento da concentração da FAP, indo de 17,93 (controle), até 25,66, para a F2. Isto ainda pode ser ainda confirmado pelo resultado do a^* da cor do miolo, o qual teve um valor próximo de zero para a F2, 0,52, o que representa a tendência a coloração verde.

Desta forma, a superfície de resposta do C^* (FIGURA 24) mostrou que a região experimental de maior valor ($>25,5$), foi atribuída àquela como maior teor de FAP, o que resultada em maior pigmentação para os pães.

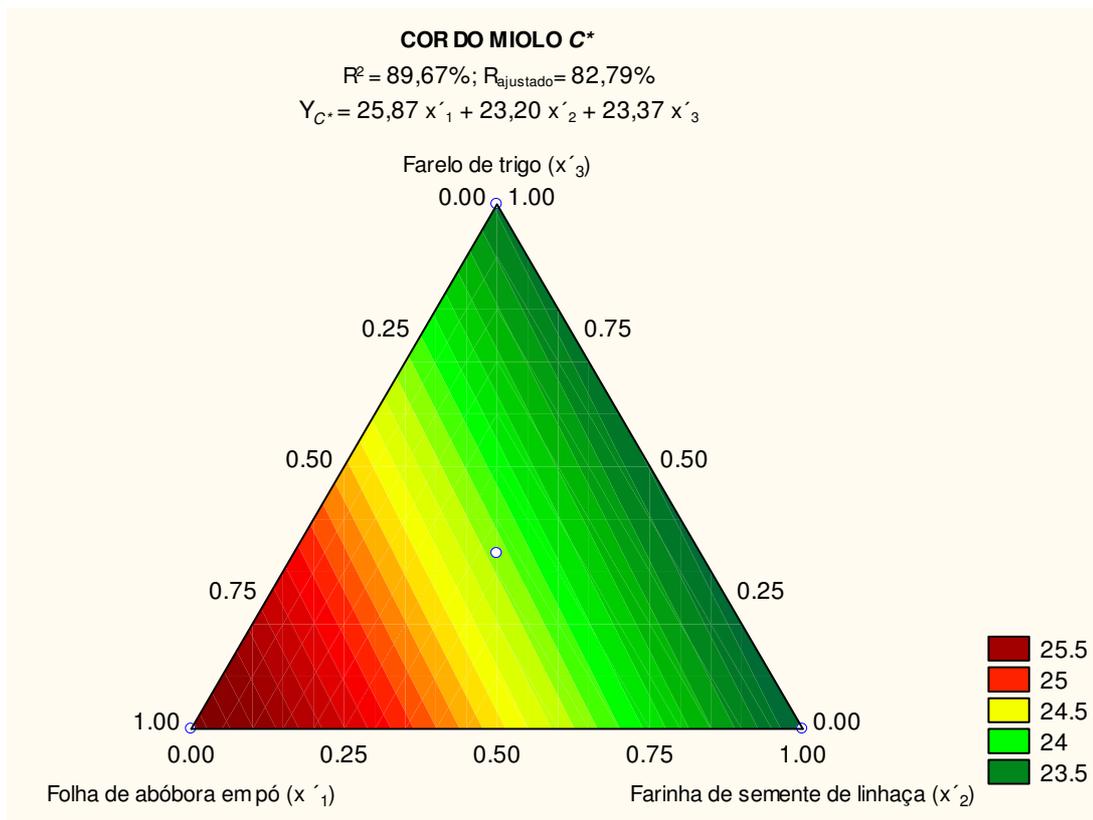


FIGURA 24- SUPERFÍCIE DE RESPOTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À COR DO MIOLO - C*

A tonalidade de cor (h) também foi maior para as formulações com maior teor de FAP, F2 (com 3,5%), seguida da F4, F4₁ e F4₂ (com 2,2%) (TABELA 32). Isto pode ser observado pela superfície de resposta (FIGURA 25), onde a região experimental de maior valor de hue foi a referente àquela com maior teor de FAP (>88,0).

Já entre as formulações F1 e F3 com mesmo teor de FAP, a diferença estatística entre ambas parece referir-se as diferentes concentrações de FSL e FRT. Como pode ser visto na superfície de resposta para o hue, a segunda região com maior valor para este parâmetro (>84,0) foi aquela com maior teor de FSL. Este resultado vai de encontro com a cor inicial das farinhas, uma vez que a FSL apresentou maior h (68,05) do que o FRT (65,36), conforme TABELA 22.

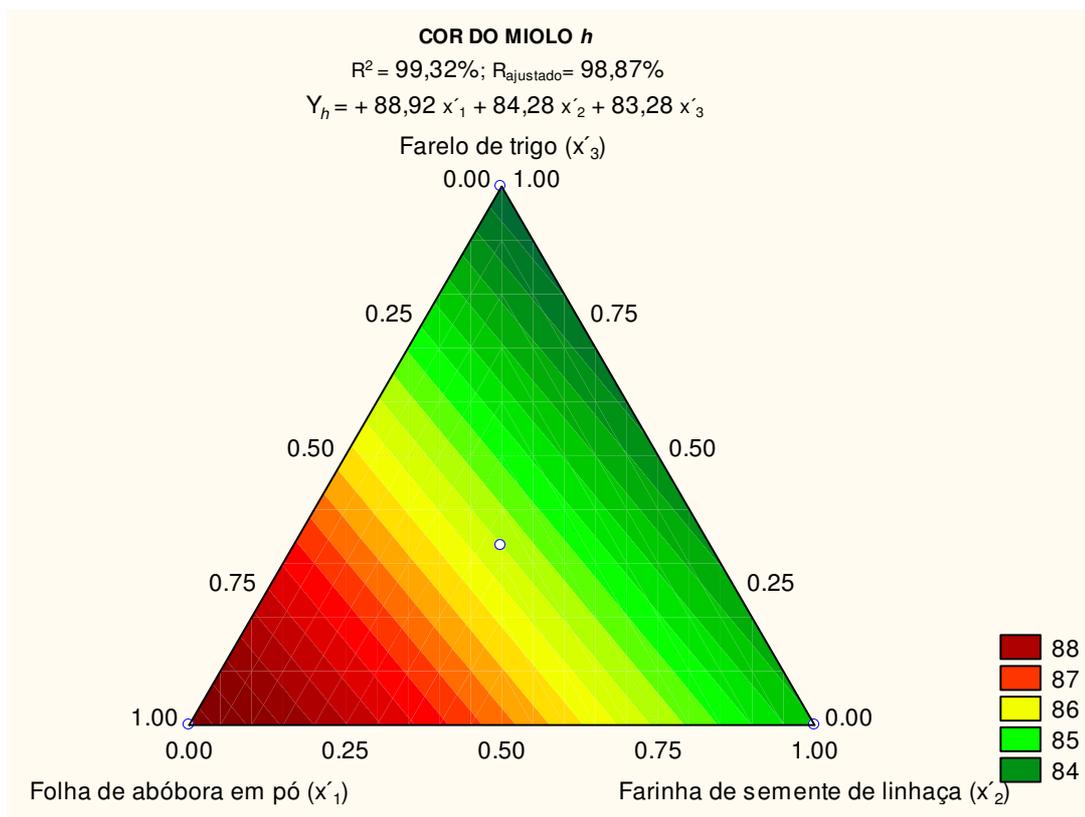


FIGURA 25- SUPERFÍCIE DE RESPOTA DO MODELO LINEAR REFERENTE À COR DO MIOLO – h^*

O ΔE indica a magnitude da diferença de cor entre duas amostras e está apresentado na TABELA 32 e na FIGURA 26, para a diferença entre o controle e as formulações. Para a cor da crosta a diferença foi menor, chegando a 5,60 para a F2, a qual tem maior teor de FAP (3,5%). As diferenças foram maiores para a cor do miolo: 15,54 para a F2, em torno de 11,00 para os pontos centrais F4, F4₁, F4₂, e próxima de 8,00 para a F1 e F3. Estes resultados comprovam a maior interferência da FAP na coloração interna dos pães, sendo que, conforme maior teor deste ingrediente, maior foi a diferença em relação ao controle.

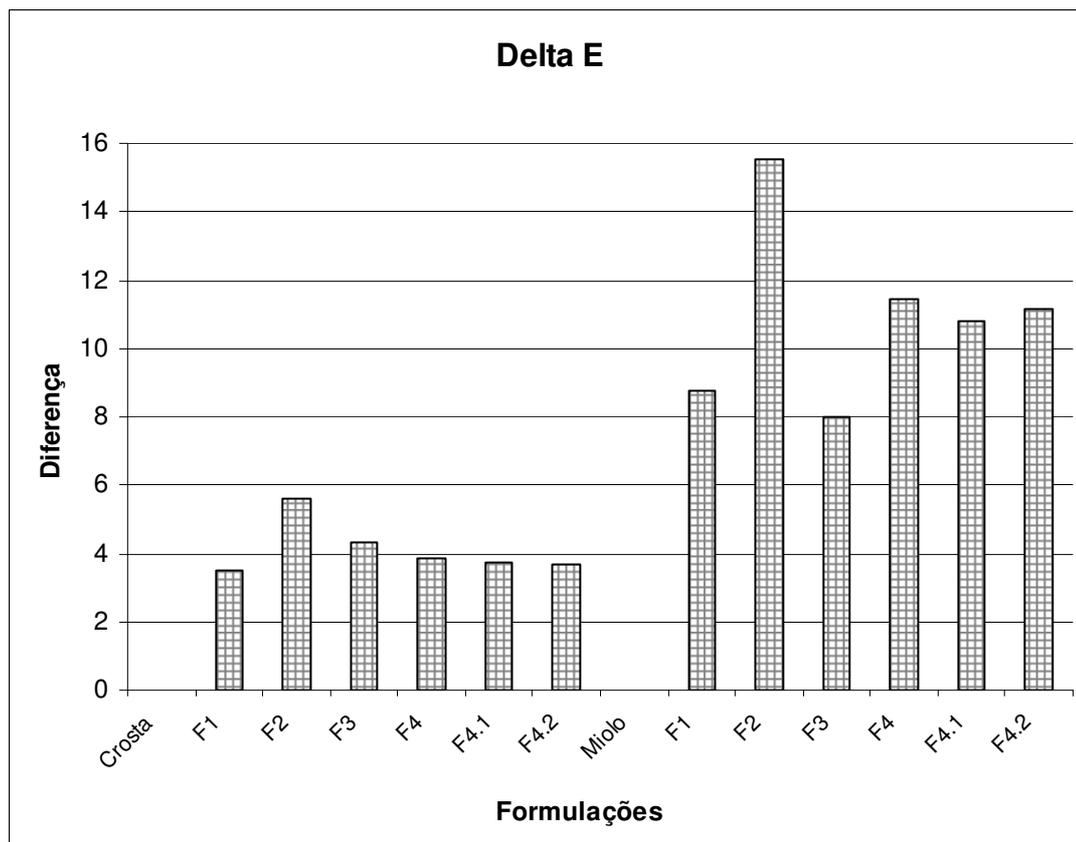


FIGURA 26– DIFERENÇA DE COR ENTRE O CONTROLE E AS FORMULAÇÕES PARA COR DA CROSTA E DO MIOLO

A cor dos pães influenciou diretamente nos resultados da avaliação sensorial, o que foi verificado através da correlação linear existente entre as notas dadas para a cor dos miolos e crosta dos pães e as determinações no sistema CIELAB. A cor do miolo (sensorial) apresentou alta correlação positiva com o parâmetro L^* ($r=0,943$) e negativa com o b^* e C^* ($r= -0,943$). Isso mostra que notas maiores para cor do miolo foram atribuídas às formulações com maior luminosidade, e menores notas àquelas com maior grau de pigmentação e com tendência ao amarelo esverdeado.

Ainda a cor do miolo apresentou-se relacionada à preferência do produto quanto aos atributos sabor e aroma, os quais tiveram forte correlação com os parâmetros L^* ($r= 0,886$) e a^* ($r= 0,829$), e inversa com b^* e C^* ($r=-0,886$) e h ($r=-0,829$), o que mostra, novamente, que maiores notas para sabor e aroma foram atribuídas a pães com maior luminosidade e menor pigmentação. No entanto, as formulações com até 2,2% de FAP foram consideradas de sabor e aroma agradável, o que mostra que folhas nesta concentração apresentam ótima aplicação e aceitação.

O parâmetro de cor h para cor do miolo, também apresentou forte correlação com os parâmetros farinográficos, o qual foi negativa para tempo de desenvolvimento da massa (TD) ($r = -0,829$) e positiva para índice de tolerância à mistura (ITM) ($r = 0,943$). Estes resultados mostram novamente a influência da FAP nas características reológicas da massa uma vez que, para este parâmetro de cor, maior coeficiente no modelo foi atribuído a FAP.

10.6 OTIMIZAÇÃO DA FORMULAÇÃO DE PÃO

Com base na importância dos atributos sensoriais e parâmetros reológicos no desenvolvimento de pães, foi estimada uma formulação otimizada. O objetivo foi obter máxima concentração de FAP na formulação, e melhores características farinográficas da massa e sensoriais do produto final.

O processo de otimização foi dividido em duas etapas: primeiro foi realizada a otimização entre os parâmetros farinográficos e de cor [tempo de desenvolvimento (TD), índice de tolerância à mistura (ITM) e hue (h)], e uma segunda entre os parâmetros sensoriais e de cor [sabor, índice de aceitação (IA), e croma (C^*)].

Os parâmetros de cor h e C^* foram escolhidos de forma a maximizar a concentração de FAP na formulação, uma vez que maior valor de tonalidade e de grau de pigmentação estão relacionados a maior teor de FAP no pão.

O TD foi maximizado uma vez que representa farinhas mais fortes, e o ITM minimizado, já que valores maiores representam farinhas menos tolerantes à mistura.

Conforme TABELA 34, a formulação ótima indicada pelo programa estatístico, utilizando-se os parâmetros de farinografia e cor (otimização 1), foi: 2,10% de FAP, 6,00% de FSL, e 6,90% de FRT. Já para a otimização 2, com os parâmetros de análise sensorial e cor, a formulação seria: 1,98 % de FAP, 6,00% de FSL, e 7,02% de FRT.

TABELA 34 - PARÂMETROS UTILIZADOS NA OTIMIZAÇÃO E FORMULAÇÃO OTIMIZADA

PARÂMETROS	FOLHA DE ABÓBORA EM PÓ (%)	FARINHA DE SEMENTE DE LINHAÇA (%)	FARELO DE TRIGO (%)
Otimização 1	TD/ ITM/ <i>h</i>	2,10	6,00
Otimização 2	Sabor/ IA/ <i>C*</i>	1,98	6,00
MÉDIA		2,04	6,00

NOTA: TD (tempo de desenvolvimento), ITM (índice de tolerância à mistura), *h* (hue), IA (índice de aceitação), *C** (croma)

Desta forma, como observado, as otimizações 1 e 2 geraram formulações com porcentagens praticamente iguais para as três farinhas (0,12% de diferença), o que demonstra uma coerência entre os resultados. Ou seja, análise reológica e sensorial geraram formulações otimizadas similares. Desta forma, utilizou-se a médias das otimizações para alcançar a formulação otimizada com máximo teor de FAP.

A formulação otimizada (Fo) foi comparada, sensorialmente e em relação a cor da crosta e miolo, com a formulação F1 a qual apresentou as melhores propriedades reológicas e foi preferida sensorialmente entre as demais formulações (F2 e F3, F4, F4₁ e F4₂).

10.6.1 Análise microbiológica

O resultado microbiológico dos pães (F1 e Fo) foi NMP <3,0/g para coliformes a 45°C e ausência de UFC/g de *Salmonella* sp nestas mesmas formulações. Estes resultados apresentam-se dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA, (BRASIL, 2001a) os quais são máximo de NMP 10²/g para coliformes a 45°C e ausência de *Salmonella* sp/ 25g.

10.6.2 Análises sensorial

A FIGURA 27 permite uma visualização interna e externa dos pães F1 e Fo analisados sensorialmente.



FIGURA 27- VISTA EXTERNA E INTERNA DOS PÃES RESPECTIVOS AS FORMULAÇÕES F1 E Fo

10.6.2.1 Índice de aceitação

A FIGURA 28 apresenta os resultados de índice de aceitação para as formulações F1 e Fo (otimizada). As formulações de pães, F1 (1,5/ 6,0/ 7,5) e Fo (2,04/ 6,00/ 6,69) apresentaram igual índice de aceitação, 84,78%, mostrando que o aumento de 0,54% de FAP, e diminuição de 0,54 do FRT entre ambas não foi suficiente para gerar diferenças estatísticas.

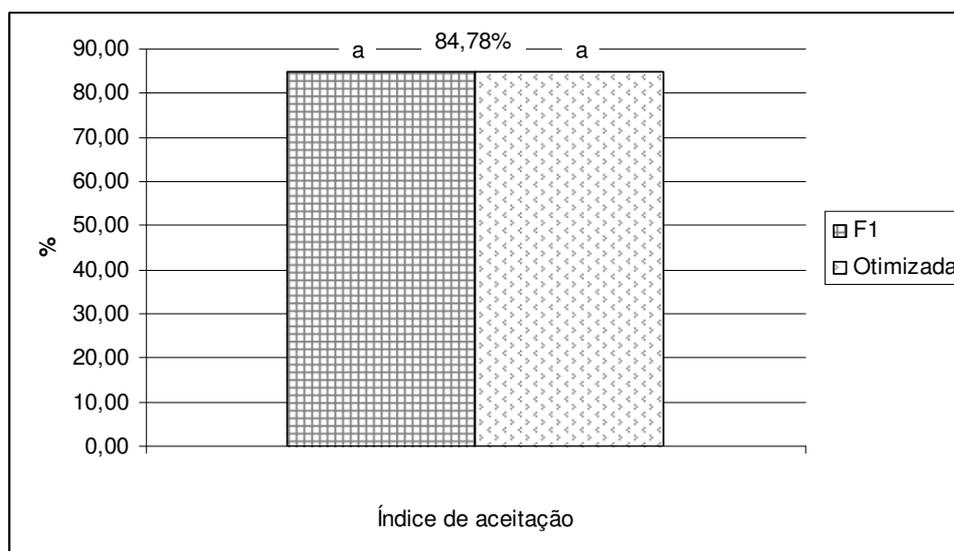


FIGURA 28 - ÍNDICE DE ACEITAÇÃO PARA AS FORMULAÇÕES F1 E Fo (OTIMIZADA)

NOTA: médias com letras iguais representam resultados estatisticamente iguais ao nível de 5%; ($P < 0,05$); $n = 46$

10.6.2.2 Intenção de compra

A FIGURA 29 expressa a intenção de compra após os julgadores avaliarem os pães de formulação Fo (otimizada) e F1.

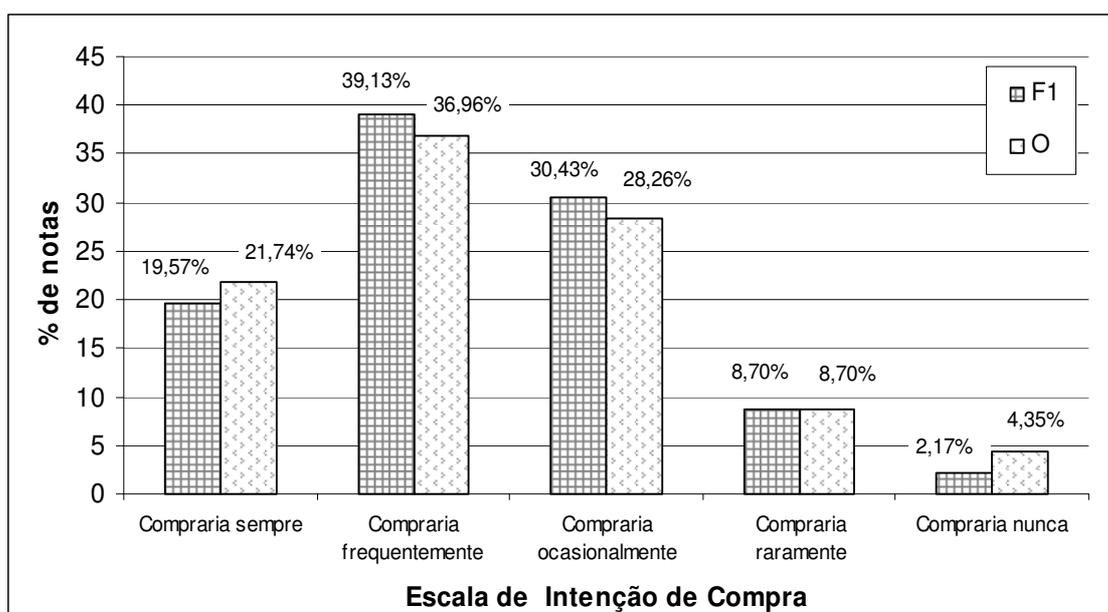


FIGURA 29 – INTENÇÃO DE COMPRA PARA AS FORMULAÇÃO F1(1,50/ 6,00/ 7,50) E Fo (2,04/ 6,00/ 6,96)

Para as duas formulações, em média, os resultados mostraram que 88,04% dos julgadores deram notas de "Compraria sempre" a "Compraria ocasionalmente" e 11,96% "Compraria raramente" a "Compraria nunca", o que vai de acordo com a resposta de Índice de Aceitação (84,78 % de aceitação e 15,22% de não aceitação).

A nota média para as formulações foi 4,26 (F1) e 4,20 (Fo), ficando entre a intenção de compra "Compraria sempre" e "Compraria frequentemente". Este resultado não gerou diferença estatística para as formulações ao nível de 5% ($p < 0,05$).

10.6.3 Análise de cor

A TABELA 35 apresenta o resultado de cor para a crosta e miolo dos pães F1 e Fo.

TABELA 35 - PARÂMETROS DE COR PARA OS PÃES F1 E FO

FORMULAÇÃO (FAP/FSL/FRT)	L^*	C^*	h
Cor da Crosta			
F1(1,50/ 6,00/ 7,50)	38,25a	24,66a	59,92a
Fo (2,04/ 6,00/ 6,96)	34,86b	22,78b	57,48b
⁽¹⁾ DPC	1,86	1,30	1,48
Cor do Miolo			
F1(1,50/ 6,00/ 7,50)	49,77a	23,77b	80,48b
Fo (2,04/ 6,00/ 6,96)	49,09b	24,93a	81,92a
⁽¹⁾ DPC	0,37	0,79	1,02

NOTA: FAP = folha de abóbora em pó, FSL = farinha de semente de linhaça, FRT = farelo de trigo L^* (luminosidade), C^* [(croma = $a^{*2} + b^{*2}$)^{1/2}]; h [hue= arctang (b^*/a^*)]; Médias com letras iguais na mesma coluna representam resultados iguais estatisticamente ao nível de 5% ($P < 0,05$); ⁽¹⁾Desvio padrão combinado, $n=5$

A análise de cor mostrou que houve diferença estatística entre os pães F1 e Fo para os parâmetros L^* , C^* e h da cor da crosta e miolo.

Para a cor da crosta e cor do miolo, maior luminosidade foi verificada para a formulação F1. Isto parece ser decorrente do menor teor de FAP e maior de FRT para a F1 (1,50% e 7,50%) em relação a Fo (2,04% e 6,96%) respectivamente. Este resultado está relacionado ao fato de o FRT possuir maior luminosidade, de 62,39 (TABELA 22), do que a FAP, de 44,23, o que interfere na cor final do pão.

Para a cor do miolo, maior grau de pigmentação ou saturação (C^*) e tonalidade de cor (h) foi verificado para a formulação Fo, a qual possui maior teor de FAP do que a F1. No entanto o mesmo não foi verificado para a cor da crosta, onde a coloração está relacionada com as reações de Maillard e de caramelização (POMERANZ, 1987).

10.6.4 Caracterização físico-química da formulação otimizada

A TABELA 36 apresenta a caracterização físico-química da formulação otimizada, composta de 2,04% de FAP, 6,00% de FSL e 6,96% de FSL.

TABELA 36- CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO PÃO OTIMIZADO

ANÁLISES	RESULTADO
Umidade	36,95 (0,03)
Atividade de água (aw)	0,96 (0,002)
Acidez (mLNaOH,0,1N/100g)	0,09 (0,01)
pH	5,95 (0,01)
Valor energético (Kcal)	255,00 ⁽¹⁾
Cinzas (g/100g)	2,46 (0,03)
Proteína (g/100g)	9,42 (0,36)
Lipídios (g/100g)	2,62 (0,23)
Carboidratos totais (g/100g)	48,55 ⁽¹⁾
Fibra alimentar (g/100g)	6,26 ⁽¹⁾

NOTA: () = desvio padrão (n= 3); ⁽¹⁾ valor determinado através de cálculos conforme descrito na metodologia

A umidade do pão foi de 36,95g/100g. Este valor está de acordo com o estabelecido pela ANVISA (BRASIL, 2000) para pães, os quais devem apresentar um máximo de 38g/100g de umidade. Os pães comerciais, de trigo integral, de soja, e de aveia possuem umidade menor, de 34,70g/100g, 26g/100g e 19,90g/100g, respectivamente (NEPA, 2006).

A atividade de água determinada no pão com folha foi de 0,96. Este valor está de acordo com o estabelecido por Uboldi Eiroa (1981) para pães, os quais apresentam um teor intermediário de umidade, entre 30 e 40g/100g, e atividade de água alta, de 0,96.

O pH do pão foi de 5,95, o que é decorrente do pH inicial das farinhas que variaram de 5,95 para a farinha de trigo à 8,21 para a FAP, sendo que a FSL e o FRT apresentaram pH intermediário, 6,30 e 6,87 respectivamente. Oura *et al.* (2006) consideraram a faixa de pH de 5,3 a 6,2 como aceitável para pães convencionais sem adição de pré-fermentos acidificantes.

Maciel *et al.* (2006) avaliaram amostras de pão francês processados em 18 panificadoras do município de Itapetinga-BA, para avaliação de suas características físico-químicas. Obtiveram uma média de acidez de 0,070mL NaOH 0,1N/100g, o qual apresenta-se próximo ao determinado para o pão otimizado, 0,090 mLNaOH,0,1N/100g.

Segundo a resolução RDC n° 269 (BRASIL 2005a), o consumo de 100g de pão supri 18,84 % da IDR de proteína para adultos, 27,71% para crianças de 7 a 10 anos, e 49,58% para crianças de 4 a 6 anos. Desta forma, o produto pode ser

considerado fonte de proteínas para adultos, e rico para crianças, uma vez que estas 100g do pão suprem 10% e 20% da IDR, respectivamente (BRASIL, 1998b).

Em comparação com os pães da Tabela de Composição de Alimento (NEPA, 2006), com base em 36,95g/100g de umidade, o pão otimizado tem valor energético similar ao do pão de trigo integral (244Kcal) sendo este menos calórico que o pão de aveia (270kcal) e de soja (263Kcal).

Ainda estes pães apresentam em média teores de cinzas (2,11g/100g) e de proteínas (9,49g/100g) próximos ao determinado para o pão otimizado (TABELA 36). No entanto, o pão de soja apresenta maior teor de lipídios, 4,49g/100g, seguido do pão integral, 3,57g/100g, e do pão de aveia, 3,07g/100g (NEPA, 2006). O pão otimizado apresentou teor de carboidratos totais (48,55g/100g) similar ao do pão integral (48,18g/100g).

Segundo a ANVISA (BRASIL, 1998a), o pão otimizado (Fo) pode ser considerado rico em fibras alimentares, uma vez apresentou teor superior a 6,00g/100g deste componente.

Em relação a pães comerciais (NEPA, 2006), com base em 36,95% de umidade, o pão Fo apresentou 6,00% a menos de fibra alimentar do que o pão integral, no entanto, em torno de 20% a mais do que o pão de soja e de aveia. Em relação ao pão branco esta diferença foi de 67,57%. O FRT e a FSL que possuem alto conteúdo de fibras alimentares, em torno de 30 a 50%, foram fundamentais no processamento do pão otimizado para o alcance do alto teor de fibra alimentar no produto final.

10.6.5 Conteúdo mineral da formulação otimizada

A TABELA 37 apresenta o conteúdo mineral do pão otimizado, os valores de ingestão diária recomendada (IDR), e o quanto representa, este conteúdo de minerais do pão, em relação a IDR (% de adequação do pão).

TABELA 37 - CONTEÚDO MINERAL DO PÃO OTIMIZADO, INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA DE MINERAIS PARA ADULTOS E CRIANÇAS E PORCENTAGEM DE ADEQUAÇÃO A IDR

MINERAIS	CONTEÚDO POR PORÇÃO (mg/100g)	*IDR (mg)			%ADEQUAÇÃO		
		Adultos	4-6 anos	7-10 anos	Adultos	4-6 anos	7-10 anos
Fósforo	184,26	700,00	500,00	1250,00	26,32	36,85	14,74
Magnésio	71,44	260,00	73,00	100,00	27,48	97,86	71,44
Cálcio	53,58	1000,00	600,00	700,00	5,36	8,93	7,65
Ferro	2,21	14,00	6,00	9,00	15,79	36,83	24,56
Zinco	1,81	7,00	5,10	5,60	25,86	35,49	32,32
Cobre	0,33	0,90	0,44	0,44	36,67	75,00	75,00
Sódio	591,62	-	-	-	-	-	-
Potássio	230,18	-	-	-	-	-	-

Nota: pão com umidade de 36,95%; * IDR= ingestão diária recomendada (Resolução RDC nº269, BRASIL, 2005a)

Segundo a Portaria nº 31 da ANVISA (BRASIL, 1998a), um alimento sólido pode ser considerado fonte de vitaminas e minerais desde que 100g do produto pronto para o consumo forneçam no mínimo 15% da IDR de referência. Já para ser considerado com alto teor ou rico nestas substâncias, o alimento deve fornecer no mínimo 30% da IDR de referência.

O teor de cálcio, 53,58mg/100g, no pão representou 5,36 % da recomendação diária para adultos. Isto aconteceu uma vez houve diluição da FAP na formulação, a qual foi utilizada em concentração de 2,04%, reduzindo assim o teor deste mineral no produto final. Já para crianças com idade entre 4 e 6 anos, 100g do pão contribui com 8,93% da ingestão recomendada e 7,65% para crianças de 7 a 10 anos.

O conteúdo de cálcio determinado no pão otimizado foi inferior ao de pães como o pão de trigo integral (127g/100g), de aveia (85,50g/100g) e soja (76,68g/100g), mas superior ao do pão francês, o qual apresenta 14,11mg/100g do mineral. O leite integral de vaca, alimento fonte de cálcio possui em torno de 123mg/100g deste mineral (NEPA, 2006).

Fazendo uma comparação do valor teórico de cálcio presente na farinha mista utilizada na Fo (85% de farinha de trigo, 2,04% de folha de abóbora em pó, 6,00% de farinha de semente de linhaça, e 6,96% de farelo de trigo), verificou-se que o pão deveria apresentar um conteúdo em torno de 69,07g/100g de cálcio, o que se apresenta 22,42% superior ao resultado determinado.

Ainda, observou-se que a maior contribuição para o teor de cálcio foi provinda da FAP, uma vez que ela forneceu 66,37% do conteúdo total do mineral no produto final, seguida da farinha de trigo (16,05%), FSL (12,38) e do FRT (5,19%). Desta forma verifica-se que a FAP contribuiu para o conteúdo de cálcio no produto final. No entanto, este conteúdo não foi mais expressivo devido a diluição do cálcio no pão.

O teor de magnésio representa 84,65% da IDR para crianças entre 4 a 10 anos, em média, o que o torna rico para esta faixa de etária, uma vez que representa mais de 30% da IDR. No entanto, para adultos, o magnésio representou somente 27,48% da IDR. O consumo de magnésio em dietas brasileiras varia de 122 a 313 mg/dia, sendo considerado baixo principalmente a partir da adolescência (FAVARO, 2007).

O magnésio está amplamente distribuído nas fontes alimentares vegetais, sendo que os vegetais folhosos são as melhores fontes, seguidos por legumes, produtos marinhos, nozes, cereais e derivados do leite. O magnésio faz parte da clorofila, o que torna os vegetais de folhas verdes as maiores fontes de magnésio nas dietas (MAFRA; COZZOLINO, 2007). A semente de abóbora possui 531 mg/100g do mineral, o pão de trigo possui em torno de 48 mg/100g, e o pão branco, 24 mg/100g (HANDS, 2007).

O teor de magnésio para o pão de FAP, 71,44 mg/100g é superior ao determinado para pães comerciais, como o de trigo integral, 57,93 mg/100g, de aveia, 44,87 mg/100g, e de soja, 40,901 mg/100g (NEPA, 2006).

O pão Fo apresentou-se rico em zinco e cobre para todas as faixas etárias, no entanto, não para o fósforo, o qual está em quantidades (184,26 mg/100g) para suprimir 26,32 % da recomendação diária para adultos, e em torno de 36,85% para crianças de idade entre 4 a 6 anos. Já, para crianças de 7 a 10 anos, representou apenas 14,74% da IDR. Este valor é similar ao determinado para pão integral, 186,35g/100g, e superior para pão de aveia e de soja que possuem em média 136,81mg/100g do mineral (NEPA, 2006).

O teor de fósforo do pão otimizado (Fo) ainda é superior ao encontrado para alimentos como leite integral (89,34mg/100g) e arroz integral (82,65mg/100g) (HANDS, 2007).

Segundo Yuyama *et al.* (2007), frutas, hortaliças e outros vegetais em geral são fontes pobres em zinco, sendo que as principais fontes são ostras, camarão, carnes, gérmen de trigo, grãos integrais, castanhas, cereais, legumes e tubérculos.

O pão francês possui em torno de 0,71mg/100g deste mineral, sendo que o pão integral possui 1,54g/100g, o de aveia 1,34g/100g, e o de soja 1,28g/100g (NEPA,2006).

Para o cobre, 100g do pão representa 37% da ingestão diária recomendada para adultos, e 81% em média para crianças entre 4 a 10 anos. O cobre está amplamente distribuído nos alimentos, e suas melhores fontes são: fígado (de 9,9 a 4,5 mg/100g), mexilhões, ostras (2mg/100g), cereais integrais, nozes (1,33mg/100g) e chocolate (2,18mg/100g) (HANDS, 2007). O pão francês possui em torno de 0,11mg/100g do mineral, e pão integral e de soja 0,14mg/100g (NEPA, 2006). Segundo o Council for Responsible Nutrition (HATHCOCK, 2007), o limite seguro de ingestão de cobre é de 10 mg, devido a possibilidade de intoxicação quando da ingestão de maiores quantidades.

O ferro, com 2,21mg/100g, apresentou-se no pão como fonte deste mineral, representando 15,79%, 36,83% e 24,56% do recomendado para adultos, para crianças de 4 a 6 anos, e de 7 a 10 anos, respectivamente. Pão francês apresenta baixo conteúdo, 0,88 mg/100g de ferro, sendo que o pão integral possui em torno de 2,90g/100g, assim como o de soja (NEPA, 2006). No Brasil a ingestão de ferro varia de 6 a 12 mg/dia e a biodisponibilidade ao redor de 5% em dietas mistas (HENRIQUES; COZZOLINO, 2007).

Uma porção, de 100g do pão com fibras, apresentou 591,62mg/100g de sódio, valor superior ao do pão integral, 488,57g/100g, mas próximo ao de pão de soja, 564,86g/100g, sendo que pão francês apresenta um teor de 571,42g/100g (NEPA, 2006). No entanto, valores superiores são encontrados para produtos como biscoito *cream cracker*, 854mg/100g e cereal matinal de milho, 655mg/100g (HANDS, 2007). A ingestão adequada para o sódio foi estabelecida em 1500mg/dia para adultos jovens (3,8g de cloreto de sódio) (TRAMONTE, 2007)

Em relação ao potássio, o pão apresentou 230,18mg/100g deste mineral. Este valor é superior ao determinado para a média do teor presente no pão integral e de aveia, 161,34g/100g e inferior ao do pão de soja, 252,20g/100g. As melhores fontes alimentares de potássio são os alimentos não processados, como frutas (banana, frutas secas, laranja), vegetais (espinafre, brócolis, tomate) e carnes frescas (TRAMONTE, 2007). A banana possui 545,45 mg/100g, o feijão, 354g/100g, e a abóbora, 204,88g/100g (HANDS, 2007). A ingestão adequada para potássio, determinada pelo Institute of Medicine (IOM, 2007) é de 4700mg/dia para adultos.

11 CONCLUSÃO

A absorção de água das farinhas mistas foi influenciada pela adição da folha de abóbora (FAP) uma vez que as formulações diferiram estatisticamente do controle. Entre as formulações a farinha de semente de linhaça (FSL) aumentou a absorção de água das farinhas mistas em função da granulometria menor que a do farelo de trigo (FRT).

O parâmetro tempo de desenvolvimento da mistura mostrou que inclusão da FAP, à farinha mista, em concentração de 1,5% não afetou a característica de mistura da massa. No entanto, concentrações superiores, de 2,2% e 3,5%, concomitantemente a diminuição da concentração de FSL e FRT, levaram a queda do tempo de desenvolvimento em relação ao controle. Pelo método de superfície de resposta verificou-se que tempo de desenvolvimento mais longo foi atribuído a formulações com maior concentração de FRT.

O tempo de estabilidade da massa diminuiu pela adição de FAP e diminuição da concentração de FSL mais FRT, uma vez que as formulações diferiram estatisticamente do controle. No entanto, as variações de concentração de cada farinha dentro da faixa de 15% de substituição à farinha de trigo, não gerou diferença significativa entre as formulações.

O valor de índice de tolerância à mistura das formulações aumentou conforme o aumento de FAP, no entanto, houve diferença estatística em relação ao controle somente para a formulação (F2) com maior teor da mesma (3,5%). A superfície de resposta mostrou que o farelo de trigo teve interferência positiva neste parâmetro.

Os parâmetros de alveografia não geraram diferenças estatísticas entre as formulações e controle, sugerindo que a FAP pode ser introduzida na farinha mista, com diminuição da concentração de FSL mais FRT, sem alteração significativa de elasticidade, tenacidade e energia de deformação da massa.

Os pães apresentaram qualidade microbiológica adequada, conforme legislação vigente.

No teste sensorial de análise descritiva quantitativa a formulação (F1) com menor teor de FAP (1,5%) e de FSL (6,0%), e maior de FRT (7,50%) entre as demais, apresentou as maiores pontuações para os atributos analisados. O pão resultante foi considerado de forma simétrica, com característica de crosta macia, textura suave, com cor do miolo castanho ligeiramente esverdeado e sabor e aroma

agradáveis. A formulação com maior teor de FAP (F2) recebeu as menores notas, no entanto, para sabor e aroma obteve classificação de aceitável ou indiferente na escala. Pelo método de superfície de resposta foi verificado que maior concentração de farelo de trigo, seguida da de FSL, contribuiu para gerar notas maiores para as formulações.

A formulação F1 apresentou o maior índice de aceitação, 90%, e foi ordenada como preferida em relação ao sabor.

Para volume específico as formulações e o controle não apresentaram diferença estatística mostrando que a adição da FAP e a variação das porcentagens da FSL e FRT não afetaram a capacidade de retenção do gás pela massa.

Para a cor do miolo, a cor inicial de cada farinha (FAP, FSL e FRT) influenciou diretamente a cor final dos pães. Conforme o aumento de concentração de FAP nas formulações houve diminuição da luminosidade (L^*) e do parâmetro a^* , que corresponde negativamente a cor verde. Ainda a cromaticidade ou pigmentação (C^*) dos pães também aumentaram assim como a tonalidade de cor (h). Formulação com maior teor de FSL (F3) apresentou maior luminosidade e a F1, com maior teor de FRT, valor maior para o parâmetro a^* , o qual representa o vermelho positivamente.

A formulação otimizada (Fo) contendo 2,04% de FAP, 6,00% de FSL e 6,96% de FRT, não apresentou diferença estatística em relação a formulação F1 (1,5% FAP, 6,0% FSL, 7,50% FRT) nos testes sensoriais, o qual foi para ambas, índice de aceitação de 84,78% e intenção de compra entre “Compraria sempre” a “Compraria ocasionalmente”. Na análise de cor, a Fo apresentou maior grau de pigmentação e tonalidade de cor (h) do que a formulação F1.

A formulação otimizada, com umidade de 36,95g/100g, apresentou para uma porção de 100g, valor energético de 255Kcal, 2,46g de cinzas, 9,42g de proteínas, 2,62g de lipídios, 48,55g de carboidratos totais e rica em fibras com 6,26g. Ainda exibiu bom conteúdo de minerais, principalmente de fósforo, magnésio, ferro e zinco, podendo ser considerado fonte ou rico nestes minerais, dependendo da faixa etária do consumidor.

12 CONCLUSÃO GERAL

A folha de abóbora em pó, rica em fibra alimentar e minerais, possui características reológicas e sensoriais para aplicação no desenvolvimento de pães com fibras, em concentração de até 2,2%, sendo que concentração de 3,5%, diminui a qualidade do produto final. O farelo de trigo contribuiu para melhorar a qualidade reológica da massa e as características sensoriais dos pães. O pão desenvolvido com farinha mista contendo folha de abóbora em pó, farinha de semente de linhaça e farelo de trigo apresentou alto índice de aceitação, além de possuir uma composição rica em fibras alimentares e minerais.

13 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Analisar os componentes antinutricionais da folha de abóbora em pó e da formulação final do pão, realizar análise de textura e avaliar a vida de prateleira dos pães.

REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9. ed. St. Paul: Approved Methods Committee, v.1 e v.2, 1995.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13170**. Teste de ordenação em análise sensorial. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 1414**. Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1998.

ALMEIDA, E. L. **Efeito da adição de fibra alimentar sobre a qualidade de pão pré-assado congelado**. 328f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2006.

AOAC. Official methods of analysis of AOAC internacional. 17ed., v.2, 17th ed. Gaithersburg: AOAC, 2000.

BARROS NETO, B. de; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos**: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 3 ed., Campinas: Unicamp, 2007.

BENNION, E. B. **Fabricación de Pan**. Acribia: Zaragoza, 1970.

BHATTACHARJEE, M *et al*. Effects of selected composite wheat flours on bread baking quality. **Discovery and Innovation**, v. 18, n.2, p.98-103, 2006.

BRANDÃO, C.T., BRANDÃO, R.F. **Alimentação alternativa**. Brasília: Centro de Pastoral Popular, 1993.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Portaria nº 27, 01/1998. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 1998a. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 20/ 05/ 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos Adicionados de Nutrientes Essenciais. Portaria nº 31, 01/1998. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 1998b. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 23/ 11/2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão. Resolução RDC nº 90, 10/2000. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 2000. Revogada pela Resolução RDC nº 263, 09/2005. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 12/01/2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Resolução RDC nº12, 01/2001. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 2001a. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 01/ 07/2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade do Trigo. Instrução Normativa N° 7, 08/2001. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 2001b. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 13/11/ 08.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Resolução RDC nº 360, 12/2003. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 2003. Disponível em: www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm. Acessado em: 12/08/2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Aprova o Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Resolução RDC nº269, 09/2005. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 2005a. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/legis/index_ato.htm>. Acesso em: 22/ 10/2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Aprova o Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Instrução Normativa N° 8, 06/2005. **Diário Oficial da União**, seção 1. Brasília-DF, 2005b. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 14/08/ 08.

CALADO, V.; MONTGOMERY, D. C. **Planejamento de experimentos usando o Statistica**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2003.

CHANG, Y. K. Aplicação das fibras em panificação e seus benefícios a saúde. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS (SLACA), 7., 2007, Campinas. **Palestra Técnica**. Campinas: FEA, 2007, p. 39.

CHEN, Z.-Y., RATNAYAKE, W.M.N., CUNNANE, S.C. Oxidative stability of flaxseed lipids during baking. **Journal of the American Oil Chemists' Society** (JAOCS), Champaign, v.71, n.6, p.629-632, 1994.

CHO, S. S.; CLARK, C.; URIBE-SAUCEDO, S. Gastrointestinal and other physiological effects of wheat bran. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 49, nº 3, p. 140-143, may june 2004.

COSKUNER, Y.; KARABABA, E. Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **Journal of Food Engineering**, v.78, 3 ed., p.1067–1073, 2007.

COUTO, E.M. **Utilização da farinha de casca de pequi** (*Caryocar brasiliense* Camb.) na elaboração de pão de forma. 107f. Dissertação (Mestre em Ciência dos Alimentos)- Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras; 2007.

DHINGRA, S.; JOOD, S. Effect of flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of bread. **International Journal of Food Science and Technology**, v.39, p.213–222, 2004.

EL-DASH, A.; CAMPOS, J.E.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas**. Uso de Farinha Mista de Trigo e Sorgo na Produção de Pães. v.4. Brasília: Embrapa, 1994.

FAVARO, D.I.T et al. Determination of some nutrients and toxic elements in different brazilian regional diets by neutron activation analysis. In: Biodisponibilidade de nutrientes. Cozzolino, S. M. F (Ed). Manole: Barueri, 2 ed., 2007.

FERREIRA, S. M. R.; PINTO, S. Avaliação da qualidade do pão de fôrma em sistema de alimentação coletiva: uma proposta. **Higiene Alimentar**, v. 17, n.107, p. 34- 42, abr. 2003.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Bacteriological Analytical Manual**. 8 ed., 1995.

GERMANI, R. Qualidade de farinha de trigo e panificação. In: SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 9., 2003, Rio de Janeiro. **Apostila...** Rio de Janeiro, UF Rural RJ, 2003.

GÓMEZ, M. *et al.* Effect of dietary on dough rheology and bread quality. **European Food Research and Technology**, v. 216 , n. 1, p. 51-56, 2003.

GRANOTEC. Granotec do Brasil. Curitiba, 2008. Disponível em: < <http://www.granotec.com.br> >. Acesso em: 20 mai 2008.

GUPTA, S. *et al.* Analysis of nutrient and antinutrient content of underutilized green leafy vegetables. **Food Science and Technology**, v. 38, p.339–345, 2005.

GUTKOSKI, L. C.; JACOBSEN NETO,R. Procedimento para teste laboratorial de panificação – Pão Tipo Forma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.5, p.873-879, 2002.

HANDS, E.S. Nutrients in food. In: Biodisponibilidade de nutrientes. Cozzolino, S. M. F (Ed). Manole: Barueri, 2 ed., 2007.

HATHCOCK, J. N. Vitamin and mineral safety- a summary Review. In: Biodisponibilidade de nutrientes. Cozzolino, S. M. F (Ed). Manole: Barueri, 2 ed., 2007.

HENRIQUES, G. S; COZZOLINO, S. M. F. Ferro. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2007. Cap.25, p.508- 531.

HUNTERLAB. **Hunter Associates Laboratory**. Inc. Reston. 2006. Color Measurement of Cereal and Cereal Products. Disponível em: < <http://www.hunterlab.com/ColorEducation/ArticlesPapers>>. Acesso em: 02 jul. 2008.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 4 ed. Brasília, 2005.

IOM. Institute of Medicine. Dietary References Intakes for water, potassium, chloride and sulfate. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes.** Cozzolino, S. M. F. (Ed). Barueri: Manole, 2 ed., 2007.

JOHNSON, J.; VICKERS, Z. Sensory- Specific satiety for selected bread products. **Journal of Sensory Studies**, v.6., p.65-79, 1991.

KOCA, A. F.; ANIL, M. Short communication effect of flaxseed and wheat flour blends on dough rheology and bread quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, p. 1172-1175, 2007.

KONICA MINOLTA. **Konica Minolta Sensing.** Japan 1998. Precise color Communication: Color control from perception to instrumentation. Disponível em: < <http://www.konicaminolta.com>>. Acesso em: 21 jan. 2008.

KUROZAWA, C. **Abóbora.** Globo Rural. São Paulo, 2004. Disponível em: < <http://globo.ruraltv.globo.com/GRural/0,27062,LTP0-4373,00.html>>. Acesso em: 25 jul. 2008.

MACIEL *et al.* Avaliação de características determinantes da qualidade de pão francês. In: **JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA**, 1., Resumos expandidos, Bananeiras, 2006.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S. M. F. **Magnésio.** In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes.** 2.ed. Barueri: Manole, 2007. Cap.24, p.494-507.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques.** 2. ed., Florida: CRC, 1991.

NEPA. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), 2ed., v.2, Campinas: NEPA– UNICAMP. 2006. Disponível em:< <http://www.unicamp.br/nepa/taco/>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

OSAWA, C. C. et al. Avaliação do perfil sensorial de chá light sabor pêssego. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28(Supl.), p.102-108, dez. 2008.

OURA, E.; SOUMALAINEN, H. E; VISKARI, R. Breadmaking. In: **I Jornada Nacional da Agroindústria.** MACIEL *et al.* (Ed). Resumos expandidos, Bananeiras, 2006.

PENNA. E. W. Desarrollo de alimentos para regímenes especiales. In: JORNADAS IBEROAMERICANAS SOBRE EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS, 1999. Sana Cruz de la Sierra, 1999, p.26.

PIEKARSKI, F. V. B. W.; WASZCZYNSKYJ, N.; FREITAS, R. J. S. de Análises físico-químicas e reológicas na mistura de farinha de trigo com folha de abóbora em pó, para o uso em produtos de panificação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 21., 2008, Belo Horizonte. **Anais e Palestras**. Belo Horizonte: SBCTA, 2008. CD-ROM.

PIZZINATTO, A.; CAMPAGNOLLI, D. M. F. **Avaliação e controle de qualidade da farinha de trigo**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos- ITAL, 1993.

PIZZINATTO, A. **Qualidade da farinha de trigo: conceito, fatores determinantes e parâmetros de avaliação e controle**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos- ITAL, 1999.

POMERANZ, Y. **Modern Cereal Science and Technology**. Pullman: VCH Publishers Inc., 1987.

POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. 3 ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, v. 1, 514p. e v. 2, 562p. 1988.

PROPAN. **Programa de Apoio a Panificação. Perfil da Panificação**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.propan.com.br/perfilpanificacao.asp>>. Acessado em: 01 ago 2008.

QUEIROZ, M.I.; TREPTOW, R.O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos**. Rio Grande: Ed. da FURG, 2006.

RAO, P. H.; RAO, H. M. Effect of incorporating wheat bran on the rheological characteristics and bread making quality of flour. **Journal of Food Science and Technology**, v. 28, n. 2, p. 92-97, 1991.

RODRÍGUEZ, M. B. S.; MEGÍAS, S. M.; BAENA, B. M. Alimentos Funcionales y Nutrición óptima. *Revista da Espanha de Salud Pública*. v. 77, n. 3, p. 317-331, 2003.

ROSELL, C. M. ; SANTOS , E; COLLAR, C. Mixing properties of fibre-enriched wheat bread doughs:A response surface methodology study. **European Food Research and Technology**, v. 223, n.3, p. 333–340, july, 2006.

SANTOS, C. **Estatística Descritiva** - Manual de Auto-aprendizagem, Lisboa: Edições Sílabo, 2007.

SOARES JÚNIOR, M. S. *et al.* Otimização da formulação de pães de forma preparados com diferentes proporções de farinha de trigo, fécula de mandioca e okara. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 221-248, jan./jun. 2006

SOUCI, S. W., FACHMAN, W., & KRAUT, H. **Food composition and nutrition tables**, 6ª ed., Stuttgart: Medpharm, 2000.

TEDRUS, G. de A. S. *et al.* Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.1, p.20-25, jan/abr, 2001.

TEIXEIRA, M. A. V. *et al.* Estudo do efeito da utilização de farinhas de aveia e soja e de semente de linhaça na aceitação do pão de forma. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 7., 2007, Campinas. **Resumos e palestras**. Campinas: FEA, 2007. CD-ROM.

TRAMONTE, V. L. C. G. Sódio, cloro e potássio. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2007. p.437-455.

UBOLDI EIROA, M. N. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microorganismo e métodos de determinação em alimentos. **Boletim ITAL**, Campinas, v.18, n.3, p.353-383, jul./set. 1981.

VACLAVIK, V. A.; CHRISTIAN, E. W. Chapter 1: **Evaluation of Food Quality**. Essentials of Food Science, Food Science Text Series. New York: Springer, 2007.

ZHANG, D.;MOORE, W. R. Effect of Wheat Bran Particle Size on Dough Rheological Properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.74, p. 490-496, 1997.

YUYAMA, L. K. *et al.* Zinco. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Manole: Barueri, 2007. p.549- 574.

WANG, J. ;ROSELL, C. M. ;BARBER, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, v.79, ed.2, p. 221-226, nov., 2002.

APÊNDICE 1- FICHA DOS TESTES DE ANÁLISE SENSORIAL

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos- UFPR
 Descrição: **Análise Sensorial de pães contendo fibras**

Data: ___/___/___

Nome: _____ Telefone: _____
 Sexo: () F () M Idade: _____ E-mail: _____
 Você consome pão rico em fibras ? () sim () não Com que frequência na semana? _____

ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA

Instruções: Você está recebendo SEIS amostras de pães contendo fibras. Deguste cuidadosamente cada uma delas e atribua notas para cada característica avaliada, de acordo com os descritores e respectivas pontuações descritas no Quadro 1. Coloque os códigos das amostras nos espaços em destaque.

Descrição	Código das amostras					
Forma e Simetria do Pão						
Característica da crosta						
Cor externa do pão						
Tamanho das células do miolo						
Textura do miolo						
Cor do miolo						
Sabor						
Aroma						

Comentários: _____

TESTE DE ORDENAÇÃO

Instruções: Avalie as amostras e coloque (os códigos) em ordem DEcrescente de preferência em relação ao SABOR

_____	_____	_____	_____	_____	_____
Mais preferida					Menos preferida

Comentários: _____

ÍNDICE DE ACEITAÇÃO

Instruções: Avalie a amostra de acordo com o quanto você gostou ou desgostou, de acordo com a escala abaixo. Coloque o código no espaço em destaque.

NOTAS	Código das amostras					
(5) Gostei muito						
(4) Gostei regularmente						
(3) Não gostei nem desgostei						
(2) Desgostei regularmente						
(1) Desgostei muito						

Comentários: _____

APÊNDICE 2- DESCRITORES DA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA

QUADRO 1- Descritores da Análise Descritiva Quantitativa e respectivas pontuações

Escores	5	4	3	2	1
Forma e Simetria do Pão	Forma Simétrica. Uniforme arredondada.	Forma Simétrica . Arredondada mas com inclinação para um lado	Leve falta de arredondamento superior.	Forma superior achatada regular. Falta de arredondamento superior	Caída para dentro - irregular.
Característica da crosta	Muito macia.	Macia.	Levemente dura.	Dura e borrachenta.	Muito dura.
Cor externa do pão	Castanho médio levemente esverdeado.	Castanho escuro levemente esverdeado.	Castanho escuro fortemente esverdeado.	Verde.	Extremamente verde.
Tamanho das células do miolo	Pequenas células uniformes. Sem buracos. Uniformemente distribuídas.	Pequenas células ligeiramente desuniformes. Presença de pequenos buracos.	Tamanhos desuniformes.	Irregular e levemente compactas.	Compactas.
Textura do miolo	Extremamente macia e suave à mordida.	Macia e suave.	Alterada; seca, áspera.	Claramente alterada. Pegajosa, úmida.	Molhada e grudenta.
Cor do miolo	Castanho ligeiramente esverdeado.	Castanho esverdeado.	Verde.	Muito verde.	Extremamente verde e escura.
Sabor	Suave e agradável destacando somente os ingredientes característicos de pães ricos em fibras.	Agradável com leve destaque de outro ingrediente.	Destaque nítido de outro ingrediente - aceitável ou indiferente.	Destaque forte da mistura de outros ingredientes - tolerável	Forte sabor estranho - péssimo.
Aroma	Suave e agradável, não denuncia nenhum ingrediente estranho.	Agradável, permitindo leve aroma de estranho ao básico.	Destaque nítido sem ser desagradável - aceitável ou indiferente.	Destaque forte de outro ingrediente- tolerável.	Aroma forte e desagradável de outros ingredientes intolerável.

APÊNDICE 3- FICHA DOS TESTES DE ANÁLISE SENSORIAL

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos - UFPR

Descrição: **Análise Sensorial de pães ricos em fibras**

Data: ___/___/___

Sexo: () F () M Idade: _____

Você consome pão rico em fibras ? () sim () não

Com que frequência na semana?

ÍNDICE DE ACEITAÇÃO

Instruções: Avalie a amostra de acordo com o quanto você gostou ou desgostou, de acordo com a escala abaixo. Coloque o código no espaço e destaque.

NOTAS	Código das amostras	
(5) Gostei muito		
(4) Gostei regularmente		
(3) Não gostei nem desgostei		
(2) Desgostei regularmente		
(1) Desgostei muito		

Comentários: _____

PESQUISA DE INTENÇÃO DE COMPRA

Instruções: Avalie as amostras quanto à intenção de compra do produto, de acordo com a escala abaixo. Coloque os códigos das amostras nos espaços em destaque.

NOTAS	Código das amostras	
(5) Compraria sempre		
(4) Compraria freqüentemente		
(3) Compraria ocasionalmente		
(2) Compraria raramente		
(1) Compraria nunca		

Comentários: _____

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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