

ELDA REGINA LEITE GALVÃO DE ÁVILA

**UTILIZAÇÃO DE AMÊNDAS DE FRUTOS DO CERRADO NA PRODUÇÃO DE PÃES SEM
GLÚTEN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Braga Neto

CAMPO GRANDE
2012

FOLHA DE APROVAÇÃO

ELDA REGINA LEITE GALVÃO DE ÁVILA

UTILIZAÇÃO DE PLANTAS DO CERRADO NA FABRICAÇÃO DE PÃES SEM GLÚTEN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Resultado_____

Campo Grande (MS), _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Antônio Braga Neto
Orientador – Presidente da Banca
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Karine de Cássia Freitas
Membro Titular
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Priscila Aiko Hiane
Membro Titular
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Maria Isabel Lima Ramos
Suplente
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

DEDICATÓRIA

Às minhas filhas Louise e Marjorie, fontes de inspiração e força. Meu esposo Luciano, companheiro de todas as horas. Minha mãe Josefa, meu porto seguro. Irmãs Elis, Eliane, Elisa e Elise.

AGRADECIMENTOS

-Ao Prof. Dr. José Antônio Braga Neto pela orientação, ensinamentos, paciência, atenção e incentivos constantes.

-Aos funcionários Osmar Ferreira de Andrade e Maurício Fernandes do Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pelo exemplo de dedicação e cumprimento de suas funções de forma exemplar.

-Aos amigos, Ana Cisneiro, Márcia Cuttier, Damião Matos, Silvana Leal, Carlos Pais, Roberta Siqueira e Valéria Amado pelo auxílio na coleta dos frutos usados neste estudo.

-Às mestrandas Melissa Valério e Andréia João pela amizade e companheirismo durante todos os anos de estudo.

-Às nutricionistas Rosângela Ferreira e Rita de Cássia pelas contribuições dadas ao trabalho na pré-defesa.

-Ao amigo Gabriel Feres pela orientação e tabulações de dados.

-À aluna Ariany D'Oliveira pelo auxílio nos teste de análise sensorial.

-A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

-À Deus por me carregar nos braços nos momentos mais difíceis.

-Os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo a fabricação de pães sem glúten, que poderão ser consumidos por pacientes celíacos usando farinhas desengorduradas de amêndoas de baru (*Dipteryx alata* Vog), bocaiúva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd) e pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb). A doença celíaca é uma patologia auto-imune que se caracteriza por atrofia parcial ou total das microvilosidades intestinais responsáveis pela absorção de nutrientes, que inicia e se mantém mediante a utilização do glúten na dieta de indivíduos que são geneticamente susceptíveis. O glúten é o principal componente protéico do trigo, aveia, cevada e centeio. Assim sendo, pacientes portadores desta patologia não podem consumir inúmeros produtos principalmente os de panificação. Por esta razão formulou-se pães cujas farinhas desengorduradas das amêndoas substituíram o trigo. Sete amostras de pães resultantes de um delineamento instrumental Simplex-centróide foram submetidas à análise química, sensorial de aroma, cor, textura, sabor, aceitabilidade geral e física do volume específico. Após a otimização considerando as variáveis mais importantes para os provadores (aroma, sabor, textura, cor, aceitabilidade geral e volume específico), a formulação ótima de mistura sugerida foi 52% de farinha de Baru, 23% farinha de Bocaiúva e 24% farinha de Pequi.

Palavras-chave: pão sem glúten, celíaco, proteína, baru, bocaiúva e pequi..

ABSTRACT

This study aimed to make bread without gluten, which may be consumed by celiac patients using defatted almond flour baru (*Dipteryx alata* Vog), bocaiúva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd) and pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb). Celiac disease is an autoimmune disease characterized by partial or total atrophy of intestinal microvilli responsible for absorbing nutrients, which initiates and maintains through the use of gluten in the diet that are genetically susceptible individuals. Gluten is the main protein component of wheat, oats, barley and rye. Therefore, patients with this disease can not consume many products especially baking. For this reason it was formulated breads whose defatted flours from wheat kernels replaced. Seven samples of breads resulting from an instrumental Simplex-centroid design were subjected to chemical analysis, sensory aroma, color, texture, flavor, and overall acceptability of the physical volume specified. After optimization considering the most important variables for the tasters (aroma, flavor, texture, color, and overall acceptability specific volume), the optimal formulation was suggested mixing 52% flour Baru, 23% flour and 24% flour Bocaiúva of Pequi.

Key words: bread without gluten, celiac, protein, baru, bocaiúva and pequi

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formulações básicas de pães sem glúten.....	49
Tabela 2 – Delineamento experimental simplex-centróide.....	53
Tabela 3 – Composição química das farinhas desengorduradas das amêndoas (g/100g de amostra).....	54
Tabela 4 – Composição química dos pães sem glúten com a adição de farinhas desengorduradas de baru, bocaiúva e pequi.....	56
Tabela 5 – Volume específico da formulação de pães sem glúten.....	59
Tabela 6 – Análise de variância e estimativa dos coeficientes para o volume dos pães sem glúten adicionados de farinhas desengorduradas de baru, bocaiúva e pequi.....	60
Tabela 7 – Estimativa dos coeficientes e análise de variância para os atributos avaliados dos pães sem glúten.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Farinhas desengorduradas de Baru, Bocaiúva e Pequi.....	46
Figura 2 – Planejamento experimental simplex-centróide.....	52
Figura 3 – Pães sem glúten.....	55
Figura 4 – Superfície de resposta ajustada para o volume específico.....	61
Figura 5 – Superfície de resposta ajustada para a variável aroma.....	63
Figura 6 – Superfície de resposta ajustada para a variável cor.....	64
Figura 7 – Superfície de resposta ajustada para a variável textura.....	65
Figura 8 – Superfície de resposta ajustada para a variável sabor.....	67
Figura 9 – Superfície de resposta ajustada para a variável aceitabilidade geral..	68
Figura 10 – Superfície de resposta ajustada para a optmalidade.....	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Doença celíaca ou espru não tropical	14
2.1.1 Histórico da doença celíaca	14
2.1.2 Etiopatologia da doença celíaca	16
2.1.3 Manifestações clínicas	17
2.1.4 Doenças associadas	18
2.1.5 Diagnóstico	19
2.1.6 Tratamento	20
2.2 Pão	22
2.2.1 História do pão	22
2.2.2 Glúten na panificação	24
2.2.3 Os principais ingredientes utilizados na fabricação dos pães	26
2.2.3.1 Trigo	26
2.2.3.2 Amido	27
2.2.3.3 Amido modificado	28
2.2.3.4 Amido pré-gelatinizado	28
2.2.3.5 Fibras	28
2.2.3.6 Sal	29
2.2.3.7 Gorduras	29
2.2.3.8 Fermento	30
2.2.3.9 Água	31
2.2.3.10 Ovos	31
2.2.3.11 Leite	32
2.2.3.12 Açúcar	32
2.2.4 Substituição parcial do trigo	32
2.2.5 Farinhas sem glúten para a indústria de panificação	33
2.2.6 Farinhas amiláceas	34
2.2.7 Farinhas proteínáceas	34
3.2.8 Qualidade do pão	35
2.2.8.1 Características externas	35
2.2.8.1.1 Volume do pão	35
2.2.8.1.2 Cor da crosta	36
2.2.8.1.3 Quebra	36
2.2.8.1.4 Simetria	36
2.2.8.2 Características internas	36
2.2.8.2.1 Característica da crosta	37

2.2.8.2.2 Cor do miolo.....	37
2.2.8.2.3 Estrutura da célula do miolo.....	37
2.2.8.2.4 Textura ou maciez.....	37
2.2.9 Aroma do pão.....	38
2.2.9.1 Sabor do pão.....	38
2.2.10 Métodos e sistemas de produção de pães.....	38
2.2.11 Tipos de pães.....	39
2.3 Cerrado brasileiro.....	40
2.3.1 Cerrado.....	40
2.3.2 Frutos do cerrado utilizados na pesquisa.....	41
2.3.2.1 Dypteryx alata Vog.....	41
2.3.2.2 Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd.....	42
2.3.2.3 Caryocar brasiliensis.....	42
3 OBJETIVOS.....	44
3.1 Objetivo geral.....	44
3.2 Objetivos específicos.....	44
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
4.1 Material.....	45
4.2 Equipamentos e outros materiais.....	45
4.3 Métodos.....	45
4.3.1 Obtenção das farinhas.....	45
4.3.2 Determinação da umidade.....	46
4.3.3 Determinação de cinzas ou resíduo mineral fixo.....	47
4.3.4 Determinação de carboidratos.....	47
4.3.5 Determinação de nitrogênio (proteínas).....	47
4.3.6 Determinação de lipídeo.....	47
4.4 Estratégia para o desenvolvimento do produto.....	48
4.4.1 Obtenção da mistura base e protótipos.....	48
4.4.2 Preparo dos pães.....	49
4.4.3 Avaliação da qualidade do pão.....	50
4.4.3.1 Análise sensorial.....	50
4.4.3.2 Volume.....	50
4.4.3.3 Cor do miolo.....	50
4.4.3.4 Aroma.....	51
4.4.3.5 Sabor.....	51
4.4.3.6 Textura.....	51
4.4.3.7 Aceitabilidade geral.....	51
4.5 Metodologia estatística.....	51
4.5.1 Planejamento experimental.....	51
4.5.2 Estimativa dos coeficientes.....	53

4.5.3 Análise de variância.....	53
4.5.4 Otimização.....	54
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5.1 Composição centesimal das farinhas desengorduradas das amêndoas.....	54
5.2 Composições químicas dos pães.....	55
5.3 Volume específico.....	58
5.4 Avaliação sensorial do pão.....	61
5.4.1 Aroma.....	62
5.4.2 Cor.....	63
5.4.3 Textura.....	65
5.4.4 Sabor.....	66
5.4.5 Aceitabilidade geral.....	67
5.4.6 Atributos mais atraentes.....	68
5.5 Otimização.....	68
6 CONCLUSÕES.....	70
7 SUGESTÕES DE CONTINUIDADE PARA ESSA LINHA DE PESQUISA.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS.....	84
ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	84
ANEXO B – TESTE DE ACEITABILIDADE DO “PÃO SEM GLÚTEN”.....	86

1. INTRODUÇÃO

Doença celíaca (DC) é uma enteropatia imunomediada desencadeada em indivíduos geneticamente susceptíveis pela ingestão de glúten (SOLLID *et al.* 2001) .

Glúten, é o principal componente proteico de trigo, cujas proteínas tóxicas, são encontradas também no centeio e cevada. Representa o principal fator ambiental desencadeante da DC (MOLBERG *et al.*,2005).

O elevado teor de prolina torna as proteínas do glúten resistentes à digestão proteolítica, levando ao acúmulo de fragmentos peptídicos relativamente grandes e glutamina no intestino delgado. A digestão incompleta do glúten por enzimas intraluminais provoca alterações na permeabilidade intestinal e a ativação dos mecanismos de imunidade inata desencadeando uma resposta imune anormal, em indivíduos susceptíveis (MOLBERG *et al.*,2005 ; MAIURI *et al.* , 2003).

De acordo com Dubé *et al.* (2005) e Rodrigo (2006) embora anteriormente considerada rara, DC está sendo diagnosticada com frequência crescente em todo o mundo, as taxas de prevalência são de 0,33% para 1,5% na Europa. Em estudos realizados por Fasano e Catassi (2001); Rewwers (2005) e Rostom,Murray, Kagnoff (2006) as taxas de prevalência encontradas variaram de 0,7% para 1,3% nos Estados Unidos.

Estudos realizados em várias regiões do Brasil com doadores de sangue apontaram para taxas de prevalência variando de 1:273 em Ribeirão Preto a 1:681 em Brasília .Essas prevalências sustentam a hipótese de que a DC não é rara no Brasil (GANDOLFI *et al.*, 2000; MELO *et al.*,2006).

A investigação diagnóstica da doença celíaca compreende a avaliação da função digestiva absorviva, avaliação sorológica e estudo histopatológico do intestino delgado. Dentre os marcadores imunológicos da doença estão: anticorpo antigliadina, antireticulina, antiendomísio, e mais recentemente, antitransglutaminase. A biópsia intestinal ainda é considerada o padrão-ouro do diagnóstico (SDEPANIAN, MORAIS E FAGUNDES NETO 2001; AGA 2006).

O tratamento para a DC visa excluir a o glúten da dieta por toda a vida, retirando os cereais e seus derivados: trigo, cevada, centeio, malte e aveia (MOTA *et al.*, 1994).

A escassez de alimentos alternativos já prontos no mercado brasileiro faz com que haja necessidade de preparações caseiras, o que demanda muito tempo e muitas vezes habilidade para o preparo uma vez o trigo é o único cereal que contém as proteínas em qualidade e quantidade necessárias e suficientes para formar o glúten em boa quantidade e com características necessárias para o fabrico de massas usuais (KOTZE, 2006; ANJUN *et al.* , 2007):

Em 2002 a Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA) realizou pesquisa com o público celíaco, evidenciando que entre os produtos sem glúten que os celíacos gostariam de ter acesso com maior facilidade está o pão.

Apesar de o trigo possuir boas propriedades tecnológicas para a produção de pão, suas proteínas são consideradas de baixa qualidade nutricional devido à deficiência de aminoácidos essenciais como a lisina (KOTZE, 2006)

Na década de 60, a utilização de farinhas mistas tinha como objetivo a substituição parcial da farinha de trigo para redução das importações desse cereal. Depois, 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 (AUJUN, 2007).

As farinhas mais comumente utilizadas para substituir a farinha de trigo são a de milho e arroz, além de outras menos utilizadas como a de sorgo. Estas substituições tem se mostrado positivas, em relação a produtos em que não é necessário o crescimento das massas (FERREIRA *et al.*, 2009)

A substituição do trigo também pode ser feita por farinhas obtidas a partir de plantas do cerrado da região Centro-Oeste, uma vez que este bioma dispõe de importantes ofertas de alimentos que são utilizados na culinária regional como, por exemplo, frutos e amêndoas de baru, pequi e bocaiúva, cujos dados científicos a cerca de suas características tecnológicas ainda não estão disponíveis e conseqüentemente são pouco aproveitados (LAJOLO, 1995; ALMEIDA, 1998; FRANCO, 1999).

Não há nas Américas tecnologia para a fabricação de massas alimentícias de outras matérias primas, que não a farinha de trigo e recentemente tem sido enfocada pela pesquisa a fabricação de produtos de panificação de matérias primas alternativas sem glúten que poderão ocupar um mercado altamente problemático por ser carente e disperso, o dos celíacos além de outras doenças que levam à exclusão do glúten da dieta como, por exemplo, a dermatite herpetiforme (CEREDA & VILPOUX, 2003).

Assim sendo, o presente estudo pretendeu utilizar farinhas desengorduradas de amêndoas de plantas do cerrado para a produção de pão sem glúten com o intuito de inovar a tecnologia utilizada para melhorar os produtos já existentes no mercado promovendo um incentivo às pesquisas que utilizam matérias-primas regionais, como Pequi, Bocaiúva, o Cumbaru, ricas em proteínas, que podem primeiramente: representar uma possibilidade de obtenção de um ou vários produtos que atenda às exigências sensoriais do público celíaco; além de promover o incentivo a agricultura familiar, com ênfase à cultura regional através do aproveitamento de matéria-prima obtida a partir de frutos do cerrado muitas vezes descartados e contribuir para ampliar as opções de alimentos para uma população com alimentação restrita e que constantemente se encontra em insegurança alimentar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Doença celíaca ou espru não tropical

2.1.1 Histórico da doença celíaca

Várias doenças podem provocar a diminuição da mucosa e a não absorção ocasional de nutrientes no intestino delgado embora o alimento tenha sido digerido. Essas doenças costumam ser classificadas sob o termo geral de “espru” (GUYTON, HALL, 2011).

A Doença Celíaca é uma enteropatia mediada por linfócitos T, induzida pelo glúten em indivíduos geneticamente susceptíveis, que apresentam intolerância permanente ao glúten. Esta intolerância ao glúten é caracterizada por atrofia total ou parcial das microvilosidades do intestino, que por consequência provoca má absorção de nutrientes (SDEPANIAN, 2003).

De acordo com Catassi e Fasano (2010), a Doença Celíaca é uma desordem autoimune única em que os principais componentes genéticos (genes HLA de classe II DQ2 e ou DQ8) estão presentes em quase a totalidade dos pacientes, o auto-antígeno (transglutaminase de tecido) foi identificado e, mais importante, o gatilho ambiental (glúten) é conhecido.

Segundo Connon (2003), uma doença semelhante à Doença Celíaca foi descrita no século I d.C., por Arataeus de Capadócia. No século XIX, o Dr. Samuel Gee forneceu uma excelente descrição clínica e recomendou tratamento dietético de uma doença diarreica que ele chamou de “afecção celíaca”. Contudo, a determinação da causa e da terapia dietética da doença celíaca só ocorreu após as observações de W. R. Dicke, um pediatra holandês, que observou melhora seguida de deterioração de seus pacientes celíacos quando o pão foi inicialmente retirado e depois reintroduzido em suas dietas durante e após a Segunda Guerra Mundial. Com o desenvolvimento de instrumentos de biópsia intestinal peroral por Shiner e Crosby e Kugler um maior progresso na compreensão da doença.

Durante a Segunda Guerra Mundial os efeitos deletérios de certos tipos de cereais foram associados à Doença Celíaca. Foi observado que no período de racionamento de trigo, a incidência de “espru celíaco” diminuiu muito. Posteriormente, quando os aviões suecos trouxeram pão para a Holanda, as crianças com Doença Celíaca voltaram rapidamente a apresentar sintomas, confirmando a importância do trigo na gênese da doença (RIBEIRO, GONÇALVES, 2004).

A partir dos anos 50, com a introdução da cápsula de biópsia peroral, foram descritas as mudanças que se reproduzem na mucosa intestinal de pacientes celíacos (PÉREZ, 2003 apud ESCOUTO, 2004).

Os critérios para o diagnóstico da Doença Celíaca foram estabelecidos em 1969 pela Sociedade Europeia de Gastroenterologia Pediátrica e Nutrição. Então na década de 1980, foram identificados anticorpos no soro de pacientes, que passaram a compor marcadores da doença. Apesar de estes anticorpos serem identificados, não existe marcador sorológico ideal, sendo então a biópsia do intestino de sumária importância para o diagnóstico da Doença Celíaca (MORAIS *et al*, 2001).

A prevalência da Doença Celíaca é global, apresentando variações significativas é de 1:1200 na Inglaterra e de 1:300 na Irlanda e na Finlândia 1:3500. Estudos recentes feitos na Itália, realizado com quatro mil doadores de sangue através do marcador sorológico da Doença Celíaca, obteve-se uma prevalência de 1:400 no Norte da Itália para anticorpo antiendomísio IgA, comparada às de 1:1000 e 1:4000 quando avaliadas por achados clínicos na mesma região (SIPAH *et al.*, 2004 e CONNOR, 2003).

Em estudo realizado por Fasano *et al.* (2003) sobre a prevalência de Doença Celíaca em grupos de risco e não risco nos Estados Unidos sugeriu que a Doença Celíaca era um problema muito maior nos Estados Unidos do que já havia sido descrito em alguns estudos. Encontraram a prevalência da doença semelhante à relatada na Europa, variando de 4,54% entre parentes de primeiro grau de pacientes com Doença Celíaca e 0,75% nos indivíduos sem risco. A prevalência de Doença Celíaca foi tão alta em parentes de primeiro e segundo grau sem sintomas como em parentes com sintomas, ressaltando a importância da predisposição genética como fator de risco para a Doença Celíaca. Em não parentes, a presença de sintomas aumentou significativamente o risco de Doença Celíaca. De particular interesse é a elevada prevalência da Doença Celíaca encontrada entre os indivíduos afetados por numerosos distúrbios comuns, incluindo diabetes mellitus tipo 1, anemia, artrite, osteoporose, infertilidade e síndrome de Down, mesmo na ausência de sintomas gastrointestinais. Entre sujeitos que não corriam risco, a prevalência de Doença Celíaca em adultos foi significativamente maior (1:105) do que em crianças (1:320), sugerindo uma correlação entre a duração da exposição de glúten e do desenvolvimento de uma resposta imune ao glúten em indivíduos geneticamente susceptíveis. Quando consideradas como grupos gerais, as crianças tinham uma prevalência de Doença Celíaca ligeiramente maior do que os adultos.

Esses dados diferiram bastante dos dados citados por Ribeiro e Gonçalves (2004) que afirmam que nos Estados Unidos, a frequência da doença é de 1:3000.

Segundo Escuto (2004) a prevalência da enfermidade celíaca é muito variável e pode oscilar entre 1:500 e 1:10.000 habitantes segundo diferentes zonas geográficas. A enfermidade é rara na África subariana, na China e Japão e é frequente na Europa.

No Brasil a prevalência de Doença Celíaca é ainda desconhecida e acredita-se que das crianças atendidas em serviços de gastroenterologia para propedêutica de diarreia crônica cerca de 5 a 10% sejam celíacas (TEIXEIRA NETO, 2003).

Estudo realizado por Oliveira *et al.* 2007, com doadores voluntários de sangue na cidade de São Paulo, utilizando dosagem de anticorpos anti transglutaminase e posteriormente acompanhado de biópsia intestinal sugeriu que a prevalência mínima de Doença Celíaca nesse grupo era de 1:214 doadores potenciais. A prevalência de Doença Celíaca em São Paulo é elevada e comparável à observada em países europeus e que é possível que no Brasil a prevalência dessa doença tenha sido previamente subestimada.

De acordo com Connor (2003) a Doença Celíaca é mais comum em mulheres, principalmente diante da idade reprodutiva. A prevalência é maior em adultos do que crianças, sem manifestação e sintomas da infância. A prevalência máxima ocorre entre os 35 e 44 anos de idade.

Existem incidências diferentes em raças distintas, um predomínio em indivíduos de raça branca e no sexo feminino. (RIBEIRO & GONÇALVES, 2011 e TEIXEIRA NETO, 2003).

2.1.2 Etiopatologia da doença celíaca

O intestino delgado é o órgão primário de absorção, caracterizado por uma área enorme absorptiva. Isso se deve à sua extensão (de 3 a 4m), assim como a disposição da mucosa que o recobre em convoluções que são recobertas com projeções semelhantes a dedos, que por sua vez são recobertas por microvilosidades. A combinação de dobras, projeções de vilosidades e borda com microvilosidades resulta numa enorme superfície absorptiva de cerca de 250m². As vilosidades estão sobre uma estrutura chamada lâmina própria, constituída de tecido conjuntivo, no qual vasos sanguíneos e linfáticos recebem produtos da digestão (MAHAN, ESCOT STUMP 2002).

Nos primeiros centímetros do duodeno, principalmente entre o piloro e a papila de Vater, podemos encontrar um extenso conjunto de glândulas mucosas compostas, chamadas glândulas de Brunner. Localizadas por toda a superfície do intestino delgado, com exceção na área da glândula de Brunner, no duodeno estão pequenas criptas chamadas de criptas de Lieberkühn. As células epiteliais do fundo das criptas de Lieberkühn estão continuamente sofrendo mitoses, e as novas células migram pouco a pouco para cima e para fora das criptas em direção das pontas das vilosidades onde são finalmente eliminadas nas secreções intestinais. O rápido crescimento de células novas (geralmente cinco dias) permite a recuperação de qualquer escoriação que ocorra na mucosa (GUYTON, 1976).

As funções de digestão e absorção do intestino delgado são essenciais para a vida. Quando pequenos segmentos do jejuno e íleo são removidos, geralmente não causam sintomas severos porque ocorre uma hipertrofia compensatória e hiperplasia da mucosa remanescente, com volta gradual da função de absorção até atingir o normal. Porém, quando a parte ressecada do intestino delgado é maior que 50%, a absorção de nutrientes e das vitaminas fica tão comprometida que é muito difícil evitar a desnutrição e o grande enfraquecimento (GUYTON, 1977).

Nas formas mais leves de espru, somente as microvilosidades dos enterócitos são destruídas com a diminuição da superfície de absorção por até duas vezes. Nas formas mais graves, como na Doença Celíaca, as vilosidades ficam reduzidas ou desaparecem totalmente reduzindo ainda mais a área de absorção do intestino (GUYTON, HALL, 2011).

Processos patológicos como Doença Celíaca podem impedir severamente a absorção pelo intestino delgado, causando uma variedade de deficiências que, em conjunto determinarão a “síndrome de absorção deficiente”. Nesta, pode-se observar deficiência na absorção de aminoácidos, com desgaste orgânico, hiponatremia e edema. A absorção de carboidratos e gorduras também é deficiente, levando à uma não absorção de vitamina lipossolúveis (vitaminas A, D, E e K). O montante de proteínas e gorduras nas fezes as tornam volumosas, descoradas, com cheiro pútrido e gordurosas (esteatorréia) (GUYTON, 1977).

O intestino delgado absorve por dia 200 a 300g de monossacarídeos, 60 a 100g de aminoácidos e peptídeos e 50 a 100g de íons. No indivíduo saudável, a capacidade de absorção excede e muito as demandas normais de macronutrientes e de calorias. Cerca de 95% dos sais biliares secretados são absorvidos como ácidos biliares no íleo distal o que torna possível a digestão adequada de lipídeos. A insuficiência de sal biliar se torna clinicamente importante em pacientes que apresentam doenças que afetam o intestino como, por exemplo, Doença Celíaca (MAHAN, ESCOTT STUMP, 2002).

O glúten é o componente protéico do trigo, aveia, cevada, malte e centeio. Neste encontra-se a gliadina que é um agente tóxico para o intestino de pacientes celíacos. A gliadina do trigo contém prolamina, que é uma fração solúvel em etanol. As prolaminas diferem de acordo com o tipo de cereal sendo gliadina para o trigo, secalina para o centeio, hordeína para a cevada e avenina para a aveia. Em relação a avenina da aveia, existem dúvidas quanto a sua toxicidade, mas para o tratamento ela deve ser excluída da dieta do paciente com a Doença Celíaca (SDEPANIAN, MORAIS, FAGUNDES NETO, 2001)

Além da utilização do glúten na dieta, são necessários a presença de fatores genéticos, imunológicos e outros fatores ambientais para que ocorra a expressão da Doença Celíaca (SDEPANIAN, 2003).

2.1.3 Manifestações clínicas

Desde sua descrição feita em 1888 por Samuel Gee, novas formas de apresentação da Doença Celíaca estão sendo descritas (SDEPANIAN, 2003).

Para Cervetto *apud* Penna, Wehba e Fagundes Neto (1983), os primeiros sintomas geralmente passam despercebidos; não conseguindo assim precisar seu começo, sendo a doença de início confundida com um processo agudo. Após as duas semanas seguintes aparecem alguns sinais mais evidentes: abdome uniformemente globoso, o qual não se modifica no decorrer do dia, modificações no comportamento da criança, estacionamento no ganho de peso e altura e evacuações cada vez mais abundantes.

A Doença Celíaca pode se manifestar de três formas: clássica, não clássica e assintomática.

Segundo Pérez (2003) a Doença Celíaca Clássica com sintomatologia digestiva representa uma pequena parte do amplo espectro em que se encontra uma pessoa geneticamente predisposta.

A forma clássica que inicia nos primeiros anos de vida caracteriza-se por diarreia crônica, vômitos, falta de apetite, déficit de crescimento, distensão abdominal com protusão da cicatriz umbilical, diminuição do tecido celular subcutâneo e atrofia da musculatura glútea e pregueamento da pele dessa região. Após semanas ou meses da introdução do glúten na dieta, as fezes tornam-se fétidas, cinzentas, brilhantes, gordurosas e volumosas, com ou sem restos de alimentos e o abdome distende. As freqüentes evacuações variam, mas podem ser excessivas, chegando a 10 evacuações por dia (SDEPANIAN, MORAIS, FAGUNDES NETO, 2001; MAHAN, ESCOTT STUMP, 2002)

Em adultos segundo Kemppainen e Cols, 1998 *apud* Mahan e Escott Stump 2002, os sintomas mais comuns são perda de peso apesar do apetite aumentado, fraqueza, fadiga, podendo apresentar também sintomas extra-intestinais como anemia, doença óssea osteopênica e outras formas de doença auto-imune. Sdepanian (2001) ressalta que em adultos também pode se observar no início da doença um quadro de diarreia crônica ou intermitente associado com falta de apetite e perda abrupta de peso.

O *déficit* de crescimento, desnutrição, redução da massa muscular glútea e palidez por anemia ferropriva associada à má absorção de ferro, comportamento com períodos de tristeza e indiferença intercalados com momento de irritabilidade são características marcantes da Doença Celíaca. Na forma oligo ou monossintomática, somente a diarreia e a distensão abdominal são elementos mais constantes. Podem ocorrer manifestações isoladas de baixa estatura, anemia crônica, queda de cabelos, distúrbio de comportamento, constipação intestinal e ou diarreia crônica inespecífica. (SDEPANIAN, MORAIS, FAGUNDES NETO 2001).

Em crianças menores de cinco anos, predominam os sintomas intestinais, nas crianças mais velhas, adolescentes e adultos sinais extras digestivos podem ser as únicas manifestações clínicas da doença (TEIXEIRA NETO, 2003).

Já na forma não clássica, as manifestações digestivas estão ausentes ou quando presentes não são de primeira importância. Esta forma se apresenta mais tardia na criança. Os pacientes podem apresentar baixa estatura, anemia por deficiência de ferro refratária à ferroterapia oral, artralgias ou artrites, hipoplasia do esmalte dentário, osteoporose e esterilidade, ou seja, manifestações isoladas (SDEPANIAN, 2003)

Segundo Sdepanian (2001), na idade pré-escolar pode-se observar um paradoxo na manifestação da Doença Celíaca onde, a principal queixa é a constipação crônica associada a uma distensão abdominal. Já na fase adulta, pode-se observar infertilidade, abortos repetitivos, síndrome depressiva, osteoporose e polineuropatias, como manifestações isoladas da doença.

A doença assintomática, comprovada entre familiares de primeiro grau de pacientes celíacos, esta sendo reconhecida com maior frequência nas ultimas duas décadas, por auxílio de marcadores sorológicos específicos, anticorpos anti gliadina e antiendomísio (SDEPANIAN, 2003).

Em estudo realizado por Sdepanian (2003) para avaliar a frequência das formas clássicas e não clássicas da doença celíaca, foi observado que nos últimos cinco anos houve aumento da forma não clássica da doença, assim como, aumento da forma de apresentação tardia, muito embora a forma clássica ainda seja a forma de manifestação mais frequente da Doença Celíaca.

2.1.4 Doenças associadas

Segundo Shils (2003), as características clínicas de Doença Celíaca podem algumas vezes ser obscurecidas por manifestações mais dramáticas de doenças associadas, retardando assim o diagnóstico. Muitas dessas doenças possuem uma base auto-imune. Elas incluem dermatite herpetiforme, linfoma intestinal, doenças da tireóide, deficiência seletiva de IgA, atrofia cerebelar,

doença intestinal inflamatória, colangite esclerosante e diabetes. Aproximadamente 2% a 4% dos pacientes com diabetes mellitus insulino-dependente apresentam doença celíaca (SDEPANIAN, 2003).

Segundo Pérez (2003) a doença celíaca pode ser de forma mono ou oligossintomática, habitualmente com sintomas gastrintestinais como: osteoporose, anemia por deficiência de ferro e ácido fólico, abortos de repetição, epilepsia e linfoma intestinal.

Na Europa, a prevalência da doença celíaca em diabéticos do tipo I, tanto em crianças como em adultos, estende-se de 1% a 7,8% (SIPAHI *et al.*, 2004).

De acordo com Moraes, Sdepanian e Fagundes Neto (2001), a dermatite herpetiforme caracteriza-se pela ocorrência de lesões crônicas pruriginosas e papulovesiculosas que lembram lesões do herpes zoster, de onde provém seu nome.

A Doença Celíaca também está relacionada com a deficiência seletiva de imunoglobulina A, Síndrome de Down e com doenças auto-imune da tireóide, trombocitopenia auto-imune, nefropatia por IgA, Síndrome de Sjogren, doença de Addison, Síndrome de Turner e outras (MORAIS, SDEPANIAN & FAGUNDES NETO, 2001).

2.1.5 Diagnóstico

Segundo Sdepanian (2003), a investigação diagnóstica da doença celíaca compreende a avaliação da função digestiva absorptiva, avaliação sorológica e estudo histopatológico do intestino delgado. Para avaliar a função digestiva absorptiva consiste na prova de absorção de D-xilose e na dosagem de gordura nas fezes. Os testes sorológicos têm como objetivo selecionar os pacientes que serão submetidos a biópsia do intestino delgado. Dentre os marcadores imunológicos da doença estão: anticorpo antigliadina, antireticulina, antiendomísio, e mais recentemente, antitransglutaminase.

Para o diagnóstico preciso da doença deve ser feita a biópsia do intestino delgado, revelando atrofia vilositária ou redução a pequenos esboços que não se destacam da superfície da mucosa, hiperplasia críptica e aumento no número de linfócitos intra-epiteliais (SDEPANIAN, 2001).

O diagnóstico de Doença Celíaca e a introdução de dieta sem glúten para toda vida não devem ser firmados sem achados histológicos compatíveis, independentemente do resultado dos testes sorológicos. Entretanto, também não é aconselhável firmar diagnóstico apenas a partir do diagnóstico histológico, pois a doença não compromete de modo uniforme o intestino e as alterações não são exclusivamente observadas na Doença Celíaca. Apesar desses problemas, a biópsia intestinal ainda é considerada o padrão-ouro do diagnóstico (AGA, 2006).

A Sociedade Européia de Gastroenterologia Pediátrica e Nutrição preconizou o critério diagnóstico da Doença Celíaca da seguinte maneira: se a primeira biópsia intestinal é compatível, realiza-se exclusão completa de glúten por dois anos. Na sequência realiza-se uma segunda biópsia, que deverá mostrar uma mucosa normal; se esta estiver anormal, pode-se pensar em transgressão da dieta ou outra doença. Feita a segunda biópsia e a mesma for normal, libera-se a dieta com glúten

e realiza-se uma terceira biópsia após uma semana, se o paciente apresentar sintomatologia, ou após três meses nos casos assintomáticos. Se for encontrada anormalidade nesta última biópsia o diagnóstico da doença está confirmado. Em caso de normalidade, mantém-se a dieta com glúten por mais dois anos quando se realiza nova biópsia. Se a biópsia continuar normal, estaremos diante de possível intolerância transitória ao glúten; caso apresente anormalidade, o diagnóstico de Doença Celíaca está confirmado, devendo o paciente seguir rigorosamente uma dieta isenta de glúten por toda vida (PENNA & MOTA, 1994).

Esses critérios foram criticados por necessitar de um número excessivo de biópsias jejunais e reexposição ao glúten, com riscos. Abriram-se perspectivas para maior facilidade no diagnóstico e na avaliação de transgressão à dieta com a dosagem de anticorpos antigliadínicos. Além disso, há na literatura aparecimento de alterações histológicas, em alguns casos, após períodos de até sete anos de uso de glúten, o que pode dificultar a exclusão da Doença Celíaca. Em 1990, a mesma Sociedade Européia reformulou seus critérios diagnósticos para países desenvolvidos, estipulando que em crianças maiores de dois anos de idade, apenas uma biópsia jejunal característica é suficiente para o diagnóstico. É ainda recomendado, que seja feita a associação ao procedimento dosagem sérica de anticorpos antigliadina. O valor de determinação desses anticorpos, no entanto é duvidoso nos países pobres, onde as alterações nutricionais da mucosa do intestino poderiam levar a resultados falso-positivos (PENNA & MOTA, 1994).

Segundo Sipahi (2004), no exame físico em geral, encontramos as consequências da má absorção de nutrientes e vitaminas. O paciente apresenta palidez cutânea, a pele tem uma textura fina e o cabelo é quebradiço. Podemos observar baqueteamento digital, mucosas pálidas e uma glossite atrófica. As aftas orais são comuns e queilite angular é um sinal de deficiência de ferro. Os pacientes podem desenvolver edema de membros inferiores pela hipoalbuminemia.

Em 17 de setembro de 2009, o Ministro da Saúde assinou o Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêutica da Doença Celíaca (Portaria MS/SAS Nº 307, de 17 de setembro de 2009). Esse fato com certeza mudará a estatística da Doença Celíaca no Brasil que até o momento é subestimada, contribuindo significativamente para um diagnóstico precoce e conseqüente tratamento evitando assim seqüelas comumente observadas em diagnósticos tardios.

2.1.6 Tratamento

O tratamento da Doença Celíaca deve ser iniciado se houver suspeita clínica e se a biópsia intestinal for compatível com a doença (TEIXEIRA NETO, 2003).

O tratamento visa excluir o glúten da dieta por toda a vida, retirando os cereais e seus derivados: trigo, cevada, centeio, malte e aveia (MOTA *et al.*, 1994). A terapia isenta de glúten é sem dúvida a terapia mais efetiva (BERMEJO & ALLUÉ, 2003 *apud* ESCOUTO, 2004).

Segundo Sdepanian (2001), a dieta do indivíduo com a Doença Celíaca deverá atender às necessidades nutricionais de acordo com idade. São considerados alimentos permitidos: grãos (feijão, lentilha, soja, ervilha, grão de bico), arroz, gorduras, legumes, hortaliças, frutas, ovos, carnes

(de vaca, frango, porco, peixe) e leite. O glúten poderá ser substituído pelo milho (farinha de milho, amido de milho, fubá), arroz (farinha de arroz), batata (fécula de batata) e mandioca (farinha de mandioca e polvilho).

A leitura dos rótulos dos alimentos manufaturados é imprescindível. Alimentos preparados, conservados, embutidos e pré-cozidos que apresentam o glúten como aditivo devem ser eliminados da dieta. No caso de alimentos manufaturados é obrigatória a leitura nos rótulos dos alimentos, sendo que todos aqueles que contenham aveia, trigo, cevada, centeio, malte e amido modificado ou com os aditivos E1404 (amido oxidado), E1410 (Fosfato de Monostarch), E1412 (fosfato de diamido), E1413 (fosfato de diamido fosfatado), E1414 (difosfato de diamido fosfatado), E1420 (amido acetilado), E1422 (adipato de diamido acetilado), E1440 (hidroxipropilamido), E1442 (fosfato de hidroxipropildiamido), devem ser evitados (MIRANDA *et al.*, 1998 *apud* ESCOUTO, 2004).

É importante a utilização somente de produtos com composição conhecida e que se evite alimentos enlatados e alguns industrializados que geralmente contenham trigo em sua composição (TEIXEIRA NETO, 2003 & MOTA *et al.*, 1994). Em lactentes, o tratamento é mais difícil devido ao hábito de se utilizar as farinhas de cereais nas preparações lácteas e de oferecer pães e biscoitos na época de introdução de alimentos sólidos. Em crianças maiores os cuidados devem estar voltados para a realização e participação de festas infantis, garantindo que a criança tenha a seu dispor somente preparações permitidas, contribuindo para sua sociabilização e maior adesão à dieta. Já com adolescentes, o cuidado maior deve ser relativo às bebidas, cuja composição deve ser verificada, sendo proibidas cervejas e whisk. Nessa fase é comum observar-se uma não adesão à dieta, o que pode não trazer manifestações clínicas imediatas, mas, podem levar à lesão intestinal (TEIXEIRA NETO, 2003 & MOTA *et al.*, 1994).

É necessário ressaltar a importância da participação de toda a família no tratamento. A reunião de pais de pacientes celíacos também pode funcionar como um reforço positivo troca de receitas e ajuda na elaboração de dietas alternativas. A doença celíaca pode determinar diminuição na atividade da lactase e em consequência intolerância à lactose. O restabelecimento da atividade enzimática é feito com a recuperação morfológica e funcional do epitélio, sendo assim, leite e derivados devem ser excluídos da dieta por um período de até 30 dias (MOTA *et al.*, 1994).

A dieta produz efeito rápido havendo desaparecimento dos sintomas gastrintestinais dentro de dias ou semanas, observando-se aumento da velocidade de crescimento depois de pouco tempo da dieta (RIBEIRO & GONÇALVES, 2004).

A dieta isenta de glúten faz desaparecer alguns dos sintomas da doença como a diarreia. O intestino recupera a atividade de absorção. Isso não significa que ocorra restabelecimento completo, mas uma cura clínica, pois a reincorporação do glúten na dieta reativa a síndrome, já que as alterações próprias da doença persistem pelo menos durante alguns anos (SALGADO, 2003 *apud* ESCOUTO, 2004).

De acordo com a ACELBRA a transgressão à dieta ainda é um acontecimento freqüente na vida do celíaco. Muitas vezes tal acontecimento se faz de forma involuntária através de alimentos contaminados por má manipulação dos mesmos, mau acondicionamento ou até mesmo pela falta de produtos disponíveis no mercado.

Ylimak *et al.* (1998) realizaram uma pesquisa com celíacos e funcionários do serviço de alimentação do hospital em Edmonton (Canadá) e comunidades do entorno, para entender melhor as necessidades dos indivíduos que seguem uma dieta livre de glúten. Em particular, o uso de pães sem glúten de levedura foi examinada. Cento e vinte e dois (61%) membros da Associação Edmonton Celíaca e quinze (75%) do Serviço Hospitalar Dietético responderam aos questionários. A dieta isenta de glúten apresentou uma série de desafios para os indivíduos que seguem a dieta. Estes desafios incluíam fazer escolhas alimentares adequadas quando comer fora, a limitada variedade de produtos sem glúten disponíveis, e o tempo para o planejamento e preparação de refeições sem glúten. Pães sem glúten preparados comercialmente eram utilizados com maior frequência pelos dois grupos do que pães feitos a partir de receitas caseiras. Apenas duas marcas de pães preparados comercialmente estavam prontamente disponíveis e sendo comprado pela maioria dos consumidores. Os entrevistados relataram que as opções disponíveis sem glúten pães eram quebradiço, seco e teve sabor pobre. Torrar foi necessário para melhorar a textura e sabor. Farinha de arroz, farinha de batata e amido de milho foram usadas com mais frequência pelos entrevistados na culinária e panificação.

Segundo Cereda & Vilpoux (2003), não há nas Américas tecnologia para a fabricação de massas alimentícias de outras matérias primas, que não a farinha de trigo e que recentemente tem sido enfocada pela pesquisa a fabricação de produtos de panificação de matérias primas alternativas sem glúten e que poderão ocupar um mercado altamente problemático por ser carente e disperso, o dos celíacos além de outras doenças que levam à exclusão do glúten da dieta como, por exemplo, a dermatite herpetiforme.

A execução da dieta enfrenta ainda alguns obstáculos como a inexistência de vários produtos sem glúten e o alto custo dos produtos existentes no mercado que chegam a custar muitas vezes mais do que um produto convencional (ACELBRA, 2009).

2.2 Pão

2.2.1 História do pão

Quando comemos um pão raramente nos lembramos que é um produto essencial à nossa alimentação que acompanhou quase toda a evolução do ser humano. A história do homem, desde o período neolítico até aos nossos dias, tem inúmeras referências à sua estreita relação com o pão. A preparação do pão iniciou-se quando se iniciou o cultivo dos cereais, cerca de 7.000 a.C., na Ásia. Nesta altura era produzido pão ázimo (pão confeccionado sem a adição de fermento) (DUPAIGNE, 1999).

Os primeiros pães eram feitos de farinha misturada ao fruto de uma árvore chamada carvalho. Bem diferentes dos atuais, eram achatados, duros e secos. Também não podiam ser comidos logo depois de prontos porque eram muitos amargos, era preciso lavá-los várias vezes em água fervente (RAMOS, 2006).

A história do pão está ligada à utilização do forno, inovação trazida pelos egípcios. Enquanto outros povos coziavam os grãos em caldos ou tostavam-nos no fogo ou em pedras aquecidas, o povo do Egito descobriu que se o grão moído ficasse algum tempo num espaço quente formava uma espécie de levedura que aplicada novamente a essa farinha a fazia crescer, tornando-a fofa e bastante agradável ao paladar (JACOB, 2003).

Os gregos aprenderam a fabricar pão levedado com os Egípcios, mas, rapidamente, introduziram modificações na composição. Passaram a juntar gordura, leite ou queijo à receita original dos egípcios. O processo de fabrico, nessa altura, efetuava-se de forma similar aos dias de hoje. Foram os gregos que introduziram o pão na Europa (DUPAIGNE, 1999).

O pão romano era feito em casa tendo passado, posteriormente, a ser fabricado em padarias públicas. Os egípcios, gregos e romanos ofereciam animais, flores e massa de pão aos deuses e aos mortos. Com a queda do Império Romano e da organização por ele imposta ao mundo, as padarias européias desapareceram, e a maior parte da Europa voltou a fabricar o pão em casa. Por razões de comodidade voltou a ser produzido pão ázimo e achatado. Nessa época, apenas os castelos e conventos possuíam padarias. Os métodos de fabrico de pães eram muito rudimentares, mas apesar das limitações na produção, as corporações de padeiros já tinham alguma força.

A invenção de novos processos de moagem dos grãos de cereais para produção de farinha contribuiu muito para a indústria panificadora. Os grãos de trigo, inicialmente, eram triturados em moinhos de pedra manuais. Estes evoluíram para moinhos de pedra movidos por animais e depois para os movidos por água e, finalmente, pelos moinhos de vento. Apenas em 1784 apareceram os moinhos movidos a vapor. Em 1881 ocorre a invenção dos cilindros, que muito incrementou a produção de pães. Recentemente, juntamente com a adaptação de novas técnicas de panificação, desenvolveram-se processos de cozedura mais avançados e estudou-se a combinação de uma série de novos ingredientes, para tornar o produto final mais adequado às exigências gastronômicas e às necessidades de uma dieta mais de acordo com os padrões atuais (DUPAIGNE, 1999).

Alguns historiadores acreditam ser possível que o fermento, assim como o pão, tenha origem pré-histórica (RAMOS, 2006).

A revista Food ingredients Brazil (2009) relata que, a descoberta da fermentação ocorreu por mero acaso depois que um pedaço de pão pronto porém cru foi deixado acidentalmente exposto a céu aberto e sendo colonizado por bactérias, fermentando alcoolicamente e dando volume à massa.

Por definição, pão é o produto obtido pela cocção, em condições técnicas adequadas, de massa preparada com farinha de trigo, fermento biológico, água e sal, podendo conter outras substâncias alimentícias aprovadas, pode ser designado por “pão”, “pão comum”, ou pão de trigo quando se trata de um produto comum ou “pão” seguido da substância o tipo que o caracterize como, por exemplo: “pão de leite”, “pão de centeio”, “pão francês”. Sendo assim, o pão é classificado de acordo com o ingrediente que o caracterize (ANVISA, 2000).

O pão pertence ao grupo de cereais, derivados e tubérculos da pirâmide alimentar, alimento indispensável pela população brasileira, faz parte do consumo diário das pessoas, auxiliando no crescimento, desenvolvimento e manutenção da saúde e da vida (LAGO, 2012)..

Os carboidratos, como os outros nutrientes, são necessários para o corpo e não devem ser excluídos da dieta. Isso se justifica pelo fato do corpo precisar inicialmente dos carboidratos como fonte de energia e é por isso que os alimentos representantes deste grupo devem ser consumidos em maior quantidade com base na recomendação da pirâmide alimentar brasileira, um indivíduo adulto necessita de 2000kcal de energia por dia, podendo consumir até 6 porções diárias do grupo dos carboidratos cada uma com aproximadamente 150kcal. O pão fornece, de modo geral, 19% das necessidades energéticas diárias, contendo também elementos nutritivos não energéticos, como ácidos graxos, aminoácidos, elementos minerais e vitaminas (A, B₁, B₂, C, D, E e K) (LAGO, 2012).

2.2.2 Glúten na panificação

O glúten não é um componente que faz parte diretamente da formulação dos produtos de panificação, mas suas proteínas são predominantemente responsáveis pela posição única que o trigo ocupa entre os cereais. Estas proteínas formam uma matriz contínua nas células do grão maduro seco e formam uma rede contínua viscoelástica durante o desenvolvimento da massa do pão. Estas propriedades viscoelásticas salientam a utilização de trigo para preparar o pão de trigo e outros alimentos a base de farinha (ANJUN *et al*, 2007).

A composição média do glúten em base seca é: gliadina (43%), glutenina (39%); outras proteínas (4,4%); lipídeos (2,8%); açúcares (2,1%); amido (6,4%); celulose e material mineral traço (COTRIM, 2010).

Existem algumas hipóteses sobre a formação do glúten pelas proteínas do trigo que conferem características viscoelásticas essenciais na produção de massas alimentícias.

Em pesquisa realizada por Greenwood e Ewart (1975), o único componente das proteínas da farinha de trigo que possui propriedade viscoelástica significativa, que é inerente à molécula que é ativada pela hidratação e mistura durante a formação da massa é a glutenina. Sendo assim, nessa hipótese, a glutenina está presente no grão de trigo. Formada por dez grupos sulfidrílicos, dos quais seis deles formam ligações dissulfídicas intramoleculares e os quatro grupos restantes estão localizados na cadeia ligando-se aos dois grupos de outra cadeia. Surge aí uma longa molécula linear por concatenação, que apresenta cadeias de polipeptídeos unidas umas às outras por ligações intermoleculares. Essa hipótese aborda propriedades viscoelásticas do glúten, através de um emaranhado de cadeias formadas por uma rede tridimensional origina-se o glúten.

Outra hipótese a respeito da origem do glúten foi formulada e se baseou na formação de agregados miofibrilares de algumas gliadinas e outras proteínas do endosperma. Foram separadas as gliadinas do trigo de acordo com a mobilidade em quatro grupos α , β , γ e a gliadina. Observaram ainda que a α gliadina por possuir uma estrutura microfibrilar, pode se dissociar em subunidades quando em pH abaixo de 3 e se reagregar quando há um aumento do pH de 3 para 5. Essa agregação é reversível e envolve somente ligações secundárias sem nenhuma participação das ligações dissulfídicas. Em outro estudo foi verificado que a formação de miofibrilas é uma propriedade intrínseca das proteínas do trigo e da farinha de trigo. Esse fato se deve às frações de glutenina e ao

grande número de radicais glutamínicos que ocorrem na superfície das subunidades de proteínas, propiciando o aparecimento de cargas (BERNANDIN & KASARDA, 1973).

Essa teoria sugere que a hidratação da farinha de trigo promove a formação da massa graças à presença de forças de ligações secundárias, que promovem a agregação das subunidades de proteínas. À medida que a massa é misturada, as microfibrilas interagem formando macrofibrilas que formam uma rede tridimensional. As propriedades elásticas da massa são justificadas porque as redes de macrofibrilas pode se estender sob a força e recuperar a elasticidade cessada a força. (BERNANDIN & KASARDA, 1973).

Na massa do pão, as proteínas, mais especificamente a gliadina e glutenina do trigo são responsáveis pela formação da rede de glúten. A gliadina é coesiva e caracterizada por fornecer à massa uma alta extensibilidade e uma baixa elasticidade. Já a glutenina que também é coesiva possui uma baixa extensibilidade, mas uma elevada elasticidade. O glúten, portanto, exhibe propriedades de viscosidade que combinam os extremos de ambas as proteínas, ou seja, uma estrutura extensível e elástica (EL-DASH, 1990).

De acordo com Bobbio e Bobbio (2001), quando a farinha de trigo é misturada com a água juntamente com os outros ingredientes da massa e sofre ação mecânica, ocorre a hidratação das proteínas do trigo e as gliadinas e gluteninas formam um complexo protéico pela sua associação através de pontes de hidrogênio, ligação de Van der Waals e pontes S-S- a quem se denomina glúten.

Métodos modernos têm demonstrado que o glúten ainda pode ser dividido em um número maior de frações protéicas com propriedades progressivamente diferentes, e não somente duas frações; parece provável que o glúten seja um complexo de proteínas relacionadas quimicamente (AUGUSTO, 2002).

Quando é umedecido o glúten apresenta uma massa que ao ser assada se expande. As massas de glúten variam de tamanho, de acordo com o teor protéico da farinha sendo 80% do nitrogênio da farinha estão presentes como glúten (NUNES *et al.*, 2006).

À medida que a água começa interagir com as proteínas insolúveis da farinha de trigo (glutenina e gliadina) a rede de glúten começa a ser formada, sendo assim responsável em dar estrutura à massa, de reter outros constituintes, como o amido embebido nele, e de reter o gás da fermentação à medida que este é formado (NUNES *et al.*, 2006 ; AUGUSTO, 2002).

Na fabricação de massas com farinhas que contém glúten, quanto maior a capacidade de estiramento do glúten, melhor será a qualidade da massa produzida. A capacidade de oxidação também melhora a qualidade das massas (AUGUSTO, 2002).

Para as preparações que necessitam de crescimento, o glúten é uma proteína muito importante, pois forma finas membranas que retêm as bolhas de ar produzidas pelos agentes de crescimento. Em contato com o calor, o glúten coagula formando uma crosta que limita os orifícios produzidos pela expansão do gás no interior da massa e lhe confere característica crocante (ORNELLAS, 2001).

O sabor e qualidade de um pão não podem ser dissociados de sua composição.

2.2.3 Os principais ingredientes utilizados na fabricação dos pães

2.2.3.1 Trigo

O trigo é o cereal que pela natureza de sua proteína apresenta uma característica de formar massa, que o difere de todos os outros cereais e o coloca na posição de um cereal nobre (EL-DASH, CAMARGO & DIAZ, 1986).

O trigo é o único cereal que contém as proteínas em qualidade e quantidade necessárias e suficientes para formar o glúten em boa quantidade e com características necessárias para o fabrico de massas usuais de trigo (BOBBIO & BOBBIO, 2001).

De acordo com a Resolução - CNNPA nº 12, de 1978 existem quatro tipos de trigo no mercado, são eles:

- Semolina (Duríssima): é extraída da parte central do grão do trigo, apresenta uma coloração muito clara, possui grãos mais grossos, absorve grande quantidade de água e é usada na produção de macarrão. Compreende partículas que passam pela peneira nº 40 e sejam retidas pela peneira nº 60.

- Especial (Dura): é extraída da parte ao redor do centro do grão do trigo, apresenta uma coloração clara, possui grãos mais finos, absorve boa quantidade de água e é usada na produção de pães.

- Comum (Fraca): é extraída da parte mais externa do grão do trigo (próxima da casca), apresenta uma coloração mais escura (mais amarelada), possui grãos mais grossos, absorve menor quantidade de água, possui valor nutritivo maior que a especial e a semolina e é usada em confeitaria para confecção de bolos, tortas, etc.

- Integral (Fraca): é proveniente da moagem de todo o grão do trigo, apresenta uma coloração muito escura, possui grãos muito grossos, absorve pouca quantidade de água, nutricionalmente é a que possui maior valor, tem maior quantidade de fibras com uma extração máxima de 95% e com teor máximo de cinza de 1,750%; portanto é de mais fácil digestão. O tempo de estocagem é menor (de 2 a 4 semanas).

O tipo do grão de trigo utilizado para fazer a farinha determina sua elasticidade e extensibilidade e, portanto, sua aplicação para determinadas preparações. Assim a farinha de trigo duro é indicada para o preparo de pão enquanto a de trigo mole é melhor para bolos e biscoitos. A farinha extraída do trigo *durum* é utilizada para o preparo de massas devido ao seu alto conteúdo protéico (PHILIPPI, 2003).

Uma farinha de trigo com potencial de panificação é aquela que possui capacidade de produzir, uniformemente, um produto final atrativo com custo competitivo. Se a farinha não apresentar bons resultados no produto final, poderá ser suplementada com aditivos, que farão o seu tratamento, visando corrigir características funcionais. Os aditivos são substâncias que inibem, enaltecem, complementam, otimizam ou alteram componentes ou características da farinha de trigo (QUEJI, 2006).

Segundo Pizzinato (1999) farinhas que apresentam o índice de glúten, com valor maior de 90 são classificadas como muito boas; com índice entre 60 e 90 são classificadas como boas; entre 40 e 60 médias e abaixo de 40 como fracas. A farinha de trigo costuma apresentar índice de glúten entre 60 e 90, sendo, portanto considerada boa para a panificação.

A farinha de trigo apresenta 77,8% de carboidratos, 11,9% de proteínas, 5,8% de lipídeos e 1,9% de fibras (TACO, 2011).

A farinha de trigo contém várias frações de proteínas solúveis, compreendendo cerca de 20% das proteínas totais, são principalmente albuminas e enzimas do tipo globulina bem como algumas glicoproteínas menos importantes (DAMORADAN, 2010).

Segundo Philippi (2003), a escolha apropriada da farinha a ser utilizada é de primordial importância. Suas proteínas retêm o gás carbônico liberado pela fermentação, o que propicia o crescimento do pão deixando-o macio.

As proteínas dos cereais constituem um grupo importante, devido ao aporte nutricional e funcional que realizam em muitos alimentos. As proteínas do glúten são um dos principais componentes do endosperma do trigo; sua quantidade e qualidade influem diretamente nas características tecnológicas desse cereal (FINNEY *et al.*, 2008). Somente o trigo possui essas proteínas em quantidade suficiente (7 a 17%) para formação da rede de glúten, que o diferencia dos demais cereais (NABESHIMA, 2010).

2.2.3.2 Amido

As características químicas, físicas e os aspectos nutricionais do amido o destacam dos demais carboidratos. Ele é a reserva alimentar das plantas, fornecendo de 70 a 80% das calorias de consumo humano no mundo. O amido e os hidrolisados de amido constituem a maior parte dos carboidratos digestíveis da dieta humana. A quantidade de amido utilizada na preparação de produtos alimentícios, sem contar o que está presente em farinhas usadas na produção de pães e outros produtos de panificação, nos grãos usados em cereais matinais e os consumidos em frutos vegetais, excede muito o uso combinado de todos os hidrocolóides de alimentos (BE MILLER & HUBER, 2010).

O amido é um polissacarídeo neutro formado por duas frações: amilose e amilopectina. A primeira é formada por moléculas de unidades de glucose com ligações α -1,4 formando assim unidades de maltose e a segunda, por unidades de glucose ligadas em α -1,6 de modo que, além de unidades de maltose, temos em menor proporção isomaltose nos pontos de ramificação (BOBBIO & BOBBIO, 2001).

Os amidos comerciais são obtidos a partir de sementes de milho comum, milho ceroso, milho de alto teor de amilose, trigo, arroz, tubérculos e raízes, em especial batata e mandioca (BE MILLER & HUBER, 2010).

Distingue-se entre os carboidratos por ocorrer, na natureza, em partículas características denominadas grânulos. Os grânulos de amido são insolúveis; eles se hidratam muito pouco em água

fria. Desse modo, eles podem ser dispersos em água, formando uma suspensão de baixa viscosidade que pode ser facilmente misturada e bombeada, ainda que em concentrações superiores a 35%. A capacidade de aumento da viscosidade (espessante) do amido é obtida apenas quando a suspensão de grânulos é cozida (BE MILLER & HUBER, 2010).

Quando aquecido, o amido aumenta enormemente a quantidade de água absorvida. Com isso, o volume dos grânulos aumenta, passando a ocupar todo o espaço possível. Se o aquecimento for prolongado à temperatura acima de 100°C, a viscosidade pode diminuir pela destruição dos grânulos, ou seja, as estruturas naturais desaparecem e sobram somente as moléculas livres hidratadas (BOBBIO & BOBBIO, 2001).

2.2.3.3 Amido modificado

O amido modificado é aquele que foi química ou fisicamente modificado para alterar a viscosidade em massa quente, mudar sua capacidade de gelificar e outras propriedades de textura (ETTINGER, 2002).

De acordo com Be Miller e Huber (2010), o amido de todos os carboidratos pode sofrer reações em seus vários grupos hidroxila. Os amidos modificados podem ser utilizados em sopas enlatadas, pudins, molhos e misturas para massas. Além disso, os amidos oxidados produzem géis mais moles e menos viscosos quando comparados aos amidos de origem, sendo usados para melhor adesão das massas de empanadas de peixe, de carne e na panificação.

2.2.3.4 Amido pré-gelatinizado

O amido pré-gelatinizado, ou instantâneo é aquele que formou uma massa e foi seco, sem retrogradação excessiva e que pode ser parcialmente redissolvido em água fria. Esse amido poderia ser chamado de amido pré-cozido porque ao ser gelatinizado há a formação de massa e muitos grânulos foram destruídos (BE MILLER & HUBER, 2010).

O amido granular também pode ser classificado como amido pré-gelatinizado e podem ser utilizados na confecção de sobremesas e em misturas para massas de bolos que contenham sólidos como mirtilo que de outro modo iriam para o fundo antes que a massa adquirisse consistência pelo aquecimento, durante o cozimento (BE MILLER E HUBER , 2010; McGLOUGHLIN, 2011).

2.2.3.5 Fibras

As plantas possuem múltiplos tipos de fibras que são feitos de dois ou mais tipos diferentes de unidades de açúcar. As fibras são um grupo de substâncias quimicamente similares aos carboidratos. No entanto, não são metabolizadas para obtenção de energia e outros usos nutricionais

por animais não ruminantes. São encontradas apenas em alimentos derivados plantas e fornecem volume à dieta proporcionando saciedade sem contribuir com calorias (McGLOUGHING, 2010).

Nas plantas, esses heteropolímeros de carboidratos são feitos de dois ou mais tipos diferentes de açúcar. O polímero básico de celulose troca com outros carboidratos e outros resíduos não carboidratos dependendo do propósito para o qual a fibra será utilizada (ETTINGER, 2002).

As fibras podem ser classificadas como solúveis ou insolúveis. As gomas como a goma xantana são classificadas como fibras solúveis e são muito utilizadas como goma alimentícia. Por possuir características importantes como solubilidade tanto em água quente quanto em água fria; produção alta de viscosidade em solução, em baixas concentrações, estável em soluções ácidas, não apresentam mudanças perceptíveis na viscosidade da solução na faixa de temperatura de 0 a 100°C; e a excelente compatibilidade com sal, torna a goma xantana única entre as gomas alimentícias (McGLOUGHING, 2010).

2.2.3.6 Sal

É o ingrediente mais barato e deve ser usado em pequenas quantidades (1,8- 2,2%) em relação à farinha (EL-DASH, 1986).

Contribui para o gosto do pão e aumenta a estabilidade do glúten da farinha. Dentro dos limites ideais, pode melhorar a força da farinha. A velocidade de fermentação também pode ser controlada pelo sal. Uma alta concentração salina diminui a absorção de água da farinha. O aumento de aproximadamente 1% de sal diminui a absorção de água de 1% (EL-DASH, 1986).

O sal atua nos organismos e influencia os micro-organismos, por isso ele é importante para ajudar no controle da fermentação, permitindo assim um melhor desenvolvimento da massa durante a fermentação, e a produção de ácidos e outros que serão responsáveis pelo sabor e aroma do pão (ALMEIDA, 2011).

2.2.3.7 Gorduras

A gordura é um ingrediente extremamente importante. Além do seu efeito melhorador na massa e na qualidade do pão, também atua no valor nutricional do pão pelo fornecimento de mais energia ou calorias. A gordura age como um lubrificante molecular, ajudando a massa a ter mais extensibilidade. A gordura pode ser usada em concentrações altas de 6% a 7%, mas a concentração normal é de 3%. O uso de quantidade excessiva fornece uma massa extremamente extensível que se torna incapaz de resistir à pressão do gás produzido durante a fermentação (EL-DASH, 1986).

A gordura é usada para aumentar o volume do pão e melhorar a qualidade de conservação (GUERREIRO, 2006).

De acordo com a Food Ingredients Brasil (2009), as gorduras tem como funções permitir melhor desenvolvimento da rede de glúten, que significa maior crescimento da massa; facilitar e

reduzir o tempo de mistura das massas; melhorar o volume dos produtos; aumentar o valor energético; facilitar o manuseio da massa; melhorar a maciez e a textura dos produtos; conferir ao miolo uma estrutura mais fina e homogênea; formar ligações entre substâncias que não se misturam e possibilitar maior conservação do produto já que a gordura ajuda a retardar a recristalização do amido, aumentando a vida útil do alimento e mantendo sua maciez por mais tempo .

Em produtos de panificação, as gorduras contribuem para as propriedades de mastigação, conferindo-lhes maciez. O aumento do conteúdo de gordura além do efeito amaciador contribui para dar brilho e uma melhor aparência (AGUIAR, R. L., 1995 citado por PEREIRA *et al.*, 2004).

De acordo com Philippi (2003), a quantidade de gordura adicionada à massa deve ser bem controlada, porque, em excesso, dificulta a ação do fermento.

2.2.3.8 Fermento

O fermento é o ingrediente que provocará a fermentação que irá produzir o gás carbônico, responsável pelo aumento da massa (PHILIPPI, 2003).

A levedura desempenha um papel fundamental na produção de pão desde sua descoberta pelos egípcios há mais de 4.000 anos atrás. Apesar de sua descoberta ser antiga e o processo de panificação ter sofrido um progresso substancial, a fermentação da levedura tem permanecido basicamente a mesma. A fermentação da levedura é tão fundamental ao processo de panificação que ainda não há outro método para substituí-la. O elemento básico do processo de fermentação é um micro-organismo de célula única o fungo conhecido como *Sacharomyces cerevisae* (EL-DASH, CAMARGO e DIAZ, 1986).

A etapa decisiva da panificação é a fermentação, uma vez que esta definirá a aeração e a leveza da massa. Este processo depende fundamentalmente da ação de leveduras do gênero *Sacharomyces cerevisae*, que transforma os açúcares disponíveis na massa em gás carbônico, sendo este último o responsável pelo crescimento da massa (NUNES *et al.*, 2006).

A fermentação e o crescimento da massa podem ocorrer como resultado da ação de fermentos químicos fazendo a combinação de ácido (presente no alimento ou no próprio fermento) e bicarbonato que, em presença de água e sob a ação do calor, produzem gás carbônico. A ação desse tipo de fermento é rápida, daí a necessidade de adicioná-lo somente no final preparação. Fermentos biológicos em tabletes e saches favorecem a produção de gás carbônico pela ação de levedos. Neste caso há a necessidade de deixar a massa em repouso (descansar) devido à ação mais lenta do fermento. Pode ser usado em concentrações que variam de 1 a 5% ou mais (PHILIPPI, 2003).

Para um bom desenvolvimento da levedura o pH deve ser de aproximadamente 5.0. Para valores de pH maiores (ao redor de 6,0) no processo de fermentação é produzida uma quantidade excessiva de glicerina e ácido acético, além de álcool etílico e anidro carbônico (NUNES *et al.*, 2006).

De acordo com Nunes *et al.* (2006), além de fermentação alcoólica são produzidos em maiores ou menores medidas outras fermentações por parte de certos micro-organismos, formando ácido láctico, acético e butírico.

As bactérias lácticas provêm tanto da farinha quanto dos outros ingredientes que compõem a massa. A temperatura ótima para a fermentação láctica é de 35°C e, desenvolve-se mais lentamente que a fermentação alcoólica, pois requer um ambiente mais ácido (NUNES *et al.*, 2006).

A consequência da fermentação láctica da massa, o ácido láctico ou seus sais podem ser atacados por diferentes bactérias produzindo ácido butírico. A temperatura dessa reação é de aproximadamente 40°C, assim durante a fermentação normal da massa, as bactérias butíricas não causam nenhum transtorno (NUNES *et al.*, 2006).

2.2.3.9 Água

A água é utilizada para dissolver ingredientes solúveis, além de constituir o meio dispersante para os outros ingredientes solúveis, influenciando também no escaldamento do polvilho da formulação, além de favorecer o crescimento do pão durante o assamento (BLOSKMA, 1964 citado por PEREIRA *et al.*, 2004).

A água desempenha um papel importante na formação do glúten da massa, funcionando como meio para a transferência de metabólitos para o crescimento do fermento, contribuindo para a elasticidade, a consistência da massa e também para a textura e maciez do pão (EL-DASH *et al.*, 1986).

De acordo com PHILIPPI (2003), a água pode ser usada em concentrações que variam de 50% a 60%.

2.2.3.10 Ovos

O ovo tem como propriedades funcionais a coagulação, a capacidade espumante, a capacidade emulsificante e a contribuição nutricional, servindo também como agente corante, de sabor e aroma, além do fornecimento de proteínas e vitaminas (A, D e E) e minerais (LEME, 2000; LOURES, 1989 citado por PEREIRA *et al.*, 2004).

De acordo com Philippi, (2003) os ovos desempenham diversas funções na massa como ligante, pois em estado semifluído tem o poder de ligar as partículas da farinha ou outro ingrediente granular de uma massa. Atua ainda como coagulante onde a gema e a clara passam para o estado gel pela ação do calor. A função aromática está relacionada ao fato dele possuir um aroma perceptível mesmo após a mistura com outros ingredientes. A gema possui a capacidade de conferir cor à massa.

2.2.3.11 Leite

A gordura presente no leite confere melhor aparência ao produto final; as proteínas contribuem para a maciez e umidade (PEREIRA *et al.*, 2004).

O leite em pó tem poder emulsificante e auxilia na coloração da casca, na vida de prateleira do produto, no valor nutritivo e na qualidade do assamento do pão (CÉSAR *et al.*, 2006).

2.2.3.12 Açúcar

É responsável pelo aumento da velocidade da fermentação, aumento da maciez de uma coloração agradável da crosta, retenção de umidade no miolo e sabor. Quando utilizado em excesso, o resultado é um pão esfarelado. Pode ser usado em concentrações que variam de 2 a 10% (PHILLIPI, 2003).

2.2.4 Substituição parcial do trigo

Apesar de o trigo possuir boas propriedades tecnológicas para a produção de pão, suas proteínas são consideradas de baixa qualidade nutricional devido à deficiência de aminoácidos essenciais como a lisina (PIRES, 2006 citado por OLIVEIRA, PIROZI, BORGES, 2007).

Na década de 60, a utilização de farinhas mistas tinha como objetivo a substituição parcial da farinha de trigo para redução das importações desse cereal. Depois, 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).

Em 1964 a “Food and Agriculture Organization” das Nações Unidas, lançou um programa das farinhas compostas visando além da redução da importação de trigo, o incentivo ao uso de farinhas produzidas regionalmente no país. O objetivo era encontrar novos meios para o uso de outros materiais para a produção de pão, biscoitos e pastas (EL-DASH, 1986).

Em 1989, a portaria interministerial MAA/MS nº 224 considerando que a tecnologia disponível atualmente permite a adição à farinha de trigo de produtos similares à mesma, na elaboração de pães, biscoitos e massas alimentícias, sem prejuízo das características do produto final e considerando ainda, que esta adição poderia eventualmente melhorar nutricionalmente o produto final, resolveu permitir o uso de produtos derivados de cereais (milho, sorgo, arroz, triticale, centeio, cevada e aveia), leguminosas (soja, feijão e grão-de-bico), raízes (mandioca) e tubérculos (batata, cará, inhame), destinados ao consumo humano, em substituição parcial ou total à farinha de trigo, na elaboração de pães e biscoitos e, em substituição parcial, nas massas alimentícias.

As farinhas de arroz e soja têm sido utilizadas como substituintes parciais da farinha de trigo na produção dos produtos de panificação com o objetivo de prover-lhe melhorias nutricionais (MOHAMED, 2006 citado por PARAGINSK *et al.*, 2011).

Para Caballero-Córdoba, Wang e Sgarbieri (1994), a soja quando adicionada às massas de trigo pode contribuir para a melhoria da qualidade e quantidade de proteínas, por meio de complementação mútua de aminoácidos e do aumento do teor de proteínas totais.

As farinhas mais comumente utilizadas para substituir a farinha de trigo são a de milho e arroz, além de outras menos utilizadas como a de sorgo. Estas substituições têm se mostrado positivas, em relação a produtos em que não é necessário o crescimento das massas (FERREIRA *et al.*, 2009).

A substituição parcial da farinha de trigo por farinha de pinhão mostrou-se totalmente viável no que diz respeito à aceitabilidade do produto em estudo realizado por Bezerra *et al.*, 2006.

Em 2008, Batista *et al.* em revisão literária abordou a possibilidade e importância da utilização de farinha de inhame, demonstrando que o preparo de formulações para o consumo alimentar utilizando essa farinha pode ser uma nova ordem no mercado além de representar uma alternativa para pacientes celíacos.

Segundo Zuany, 2008 (citado por Batista, 2008) a farinha de inhame no preparo de farinhas mistas, evidenciaram a possibilidade de seu uso em substituição ao trigo, com maiores vantagens, por não possuir glúten.

Em 2008, Fernandes *et al.*, estudaram o efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata *Solanum Tuberosum* Lineu e concluiu que é possível aproveitar a farinha da casca da batata na panificação.

De acordo com Meneglassi e Leonel (2006) e Ormenese e Chang, (2006) citado por Costa *et al.*, (2011), estudos comprovam que massas alimentícias não convencionais de boa qualidade podem ser obtidas a partir da utilização de tecnologias que explorem as propriedades funcionais (tecnológicas) de componentes da matéria-prima como amido ou adicionar farinhas ricas em proteínas, que são capazes de formar estrutura semelhante à do glúten.

2.2.5 Farinhas sem glúten para a indústria de panificação

Em 1996 Acs *et al.*, *apud* Escouto (2004), verificaram que o pão com amido de milho podia ser usado com propósitos dietéticos quando o conteúdo de proteínas e fenilalanina eram baixos. Até então o amido de milho era a única possibilidade, satisfazendo um décimo da proteína do tradicional pão de trigo comum. O uso de amido de milho entre os aspectos de produção tecnológica, encontrou-se dificuldade no manuseio devido à falta de proteína e, mais especificamente à falta de proteína de boa qualidade.

Clerici & El-Dash (2006) realizaram um estudo com amido gelatinizado de arroz para substituir o glúten na produção de pães. Os resultados mostraram que apesar de o amido gelatinizado ter produzido pães com melhores características tecnológicas, com cor de crosta e miolo semelhantes ao pão de trigo, o volume e textura ainda não foram iguais.

A substituição do trigo também pode ser feita por farinhas obtidas a partir de plantas do cerrado da região Centro-Oeste, uma vez que este bioma dispõe de importantes ofertas de alimentos

que são utilizados na culinária regional como, por exemplo, frutos e amêndoas de baru, pequi e bocaiúva, cujos dados científicos a cerca de suas características tecnológicas ainda não estão disponíveis e conseqüentemente são pouco aproveitados (LAJOLO, 1995; ALMEIDA & SANO, 1998; FRANCO, 1999).

O baru já é vastamente utilizado na gastronomia da região de Goiás e do Distrito Federal, enriquecendo a merenda de escolares. Também vem sendo utilizado para elaboração de marzipãs, rocamboles e outras preparações culinárias. Pode ainda ser utilizado para substituir a farinha de trigo na preparação de cookies, muffins, brownies, bolos e na fabricação de pães (BORGES, 2004).

Segundo Santos (2007), a amêndoa do pequi possui alto NPU(utilização líquida da proteína) ou digestibilidade, com valores próximos aos de boas fontes protéicas de origem animal, além de apresentar todos os aminoácidos considerados essenciais. Já a amêndoa da bocaiúva é uma boa fonte de valina, metionina+cisteína, isoleucina, fenilalanina+tirosina e lisina.

A amêndoa da bocaiúva pode ser utilizada como fonte alternativa de proteína para atender populações sem acesso à proteína animal (HIANE; MACEDO; SILVA; BRAGA NETO, 2006.)

Várias farinhas podem ser misturadas com farinha de trigo para o uso nos produtos de panificação. Elas podem ser divididas em duas partes: farinhas amiláceas e farinhas proteínáceas (EL-DASH, 1986).

2.2.6 Farinhas amiláceas

As farinhas amiláceas apresentam menos problemas de tecnologia e são mais fáceis de manusear que as farinhas proteínáceas. Podem ser derivadas de raízes, tubérculos ou cereais como, por exemplo, cará, mandioca, milho, sorgo e arroz. Para confecção de pães com farinhas compostas e trigo existe um limite máximo de adição de farinhas de tubérculos que é cerca de 10%. Acima desse limite, a qualidade do pão começa a deteriorar-se rapidamente (EL-DASH *et al.*, 1986).

2.2.7 Farinhas proteínáceas

Segundo El-Dash *et al.* (1986), o uso de farinhas proteínáceas é importante em áreas onde o suprimento de proteínas animais é deficiente, porque elas aumentam a qualidade nutricional do pão. Podem ser usadas farinhas de soja e tremço.

Atualmente existem muitos produtos comerciais à base de soja, como bolos, chocolates, biscoitos, cápsulas enriquecidas com farinha de soja, que possuem na sua composição isoflavonas (PARK *et al.*, 2002).

A capacidade que as proteínas da soja possuem para melhorar certas propriedades num sistema alimentar, tais como a formação e a estabilidade de emulsão, depende de numerosos fatores. Conteúdo de proteína, solubilidade, dispersibilidade, pH do meio, temperatura e métodos de processamento, afetam as propriedades funcionais das proteínas da soja (WANG *et al.*, 2001)

2.2.8 Qualidade do pão

A qualidade do pão é usualmente avaliada leva em consideração as características externas e internas, aroma e gosto do pão (EL-DASH *et al.*, 1986).

2.2.8.1 Características externas

As características externas do pão usualmente avaliadas são: volume, cor da crosta, quebra simetria e característica da crosta (EL – DASH *et al.*, 1986).

2.2.8.1.1 Volume do pão

Segundo EL-DASH *et al.* (1986), o volume do pão é de grande importância na determinação da qualidade porque ele é afetado por vários fatores ligados à qualidade dos ingredientes usados na formulação da massa, especialmente a farinha, e dos tratamentos usados durante o processamento. Um volume excessivamente grande não seria um fator negativo nessa avaliação, mas usualmente esse pão tem uma textura fraca e uma granulabilidade grosseira, características que não são aceitáveis no pão de boa qualidade.

O baixo volume específico observados em pães sem trigo pode ser explicado pela ausência da rede de glúten que é formada a partir proteínas como gliadina e glutenina. A diferença entre a estrutura da gliadina e da glutenina está relacionada com as ligações dissulfídicas (S-S) que se formam entre os aminoácidos sulfurados (principalmente cistina e cisteína). Na gliadina, as ligações são intramoleculares, o que resulta no seu baixo peso molecular e na sua baixa elasticidade; na glutenina ocorrem também ligações intermoleculares, que justificam seu alto peso molecular e alta elasticidade. A alta quantidade de prolina interfere na estrutura das proteínas do glúten. Como este aminoácido tem um grupamento R volumoso (anel), as ligações com os outros aminoácidos ficam pouco flexíveis, determinando uma mudança de direção que impede a cadeia de adotar uma conformação espacial de alfa-hélice (posição de maior estabilidade). Talvez isso seja uma causa importante na determinação das características particulares do glúten. As cadeias protéicas do glúten não contêm quase aminoácidos com cargas negativas ou positivas, o que faz com que as forças de repulsão ou atração dentro da molécula sejam baixas. Sendo assim, as cadeias estão livres para interagir prontamente entre si, o que parece ser importante para a formação da massa (EMBRAPA, 2012).

O volume do pão foi determinado pelo deslocamento das sementes (painço), uma hora após a saída do pão do forno (EL-DASH *et al.* 1986).

2.2.8.1.2 Cor da crosta

Essa característica é afetada pelo conteúdo de açúcar, conteúdo de alfa e beta-amilase e também pelas condições de processamento como o tempo de fermentação e o tempo na temperatura de cozimento. A cor do pão é função da reação não enzimática entre os açúcares redutores e os grupos amino primários durante o cozimento. A crosta deve ter a cor dourada homogênea e brilhante; uma cor muito escura resulta de uma temperatura de forno muito elevada ou excesso de cozimento, enquanto que a coloração muito clara é o resultado de massas super fermentadas ou forno frio, ou ainda do tempo de cozimento muito curto (EL-DASH *et al.*, 1986).

2.2.8.1.3 Quebra

Durante o processo de cozimento no forno, os gases e o vapor de água desenvolvidos dentro da massa causam um crescimento repentino “over spring” o que resulta na abertura das partes laterais superiores da massa chamada de quebra que é desejável porque ela contribui para a boa aparência do pão (EL-DASH *et al.*, 1986; PYLER, 1988).

Quando se apresenta de maneira uniforme significa que a massa passou por um processo adequado de fermentação e por um forneamento em condições corretas (PYLER, 1988).

2.2.8.1.4 Simetria

Manuseio e processamento inadequados indicam uma massa não é simétrica. Se a massa for muito dura (baixo conteúdo de água) com mistura e fermentação inadequadas, atividade diastática insuficiente ou manuseio grosseiro provavelmente terá as laterais encolhidas e as extremidades pequenas (EL-DASH *et al.*, 1986).

De acordo com PYLER (1988), a parte superior da crosta do pão deve ser arredondada, livre de asperezas e com as extremidades bem definidas.

2.2.8.2 Características internas

As características internas da massa normalmente avaliadas são: características da crosta, cor do miolo, estrutura da célula do miolo e textura ou maciez.

2.2.8.2.1 Características da crosta

Uma crosta boa não pode ser fina nem borrachenta. A presença da crosta grossa é atribuída ao açúcar ou enzimas amilases insuficientes, baixa umidade durante a fermentação e baixa temperatura de forno. A falta de gordura causa crosta dura, borrachenta (EL-DASH *et al.*, 1986).

2.2.8.2.2 Cor do miolo

Os ingredientes utilizados na formulação influenciam significativamente a cor do miolo. A percepção da cor do miolo é influenciada pela granulometria e uniformidade, que deve ser branca “levemente creme”, sem estrias e pontos escuros. A avaliação da cor do miolo deve ser realizada em superfícies recentemente cortadas, pois, o miolo tende a escurecer após exposição prolongada (PYLER, 1988 In ESCOUTO, 2004).

A cor do miolo é ainda afetada pela mistura, pelo tempo de descanso da massa e de fermentação uma vez que esses fatores afetam a granulabilidade. O exame da cor do miolo deve ser feito num mesmo ponto porque a granulabilidade é raras vezes uniforme na massa, sendo geralmente mais fina e uniforme nas extremidades que no meio da massa (EL-DASH *et al.*, 1986).

2.2.8.2.3 Estrutura da célula do miolo

De acordo com El-Dash *et al.*, (1986), fatores como fermentação e qualidade da farinha afetam significativamente a estrutura da célula do miolo. Isto inclui o tamanho, forma e natureza da parede da célula do miolo.

O miolo pode ter células abertas (células grandes) ou fechadas (células pequenas) ou uma combinação delas. As células podem ser redondas ou alongadas, sendo a última preferível. As paredes grossas são características das células de granulabilidade fina, enquanto que células de parede fina são encontradas em granulabilidade grosseira e abertas. As células abertas de parede fina indicam um glúten fraco ou não desenvolvido, enquanto que os buracos podem ser devidos à fermentação e moldagem inadequadas ou o fermento de baixa qualidade ou contaminado. Uma boa estrutura da célula do miolo deve ser bem homogênea com células levemente alongadas (forma oval) com paredes finas e sem buracos. (EL-DASH *et al.*, 1986).

2.2.8.2.4 Textura ou maciez

Usualmente define-se textura dos alimentos em função de seu estado físico. Utiliza-se a denominação “viscosidade” ou “corpo” para os alimentos líquidos homogêneos, de “consistência” ou

“firmeza” para os alimentos semissólidos ou líquidos heterogêneos e de textura para os alimentos sólidos (DUTCOSKY, 2011).

Essa característica segundo El-Dash *et al.* (1986) é totalmente determinada através do sentido do tato pressionando os dedos levemente contra a superfície recém cortada do miolo.

As sensações despertadas pelo manuseio do alimento complementam a informação que chega pelo olho e podem às vezes causar surpresa, influenciando de maneira importante a escolha do produto pelo consumidor (DUTCOSKY, 2011).

O miolo ideal de pão deve ser suave, macio e elástico. Sendo considerada indesejável uma textura desigual, grossa, gomosa, maçuda.

2.2.9 Aroma do pão

De acordo com Escouto (2004), o aroma é o atributo de qualidade percebido pelo olfato, por ser o maior componente do sabor, torna-se de vital importância na determinação da preferência do consumidor.

O aroma sugere contato direto e evoca o prazer de comer. As características de um alimento dependem mais do aroma do que do gosto, e ambos, juntos, constituem o sabor (DUTCOSKY, 2011).

O pão deve ter um aroma delicado e típico dos produtos de panificação, isento de odores estranhos tais como ranço, azedo, mofo ou outros (EL-DASH *et al.*, 1986).

2.2.9.1 Sabor do pão

Sabor é uma sensação mista, porém unitária que envolve os sentidos do olfato e o gosto, e ainda um conjunto de elementos que influem na percepção do sabor, tais como: sensações de temperatura, pressão, adstringência, pungência, etc. (DUTCOSKY, 2011).

O pão tem usualmente um gosto doce e ácido, devendo ser isento de sabores remanescentes ou estranhos. A falta de sal pode tornar o pão muito insípido enquanto que o excesso de fermentação tende a dar um sabor ácido (EL-DASH *et al.*, 1986).

2.2.10 Métodos e sistemas de produção de pães

De acordo com Nunes *et al.* (2006), existem dois métodos principais de panificação: o *Bulk Fermentation Process*, que é mais comum em panificadoras de menor porte e o *Chorleywood Bread Process*, que é usado em grandes plantas.

O primeiro método, *Bulk Fermentation Process* (BFP), segue o método tradicional de panificação. Os ingredientes são misturados para formar uma massa que é deixada para fermentar por um período que pode variar de uma hora até uma noite inteira. Durante a fermentação a massa

passa a ser elástica. O tempo requerido para que a massa atinja este estado depende da quantidade de fermento e da temperatura. Uma receita típica de BFP seria composta por 100g de farinha, 1,5g de fermento, sal 1g, água 50ml e gordura hidrogenada 2g.

O método *Chorleywood Bread Process* (CBP), também conhecido como método contínuo, foi desenvolvido em 1961 pela *Flour Milling and Baking Research Association* e foi introduzido no mercado em 1965. É atualmente usado na fabricação da maioria dos pães, incluindo muitos pães orgânicos à venda no Reino Unido. Este método usa trigo de baixa proteína (baixo teor de glúten), combinada com melhoradores químicos, medidores automatizados de ingredientes em substituição à pesagem manual de trabalho mecânico intenso sobre a massa usando misturadores de alta velocidade. A massa de pão desenvolve em poucos minutos o crescimento em volume desejado, sem a necessidade de fermentação, o que reduz drasticamente o tempo de produção. O processo que normalmente levaria de 16 a 24 horas caiu para 2 ou 3 horas. O desenvolvimento de um método de panificação com tempo reduzido se fez necessário para controlar o trabalho noturno. Esse método não pode ser reproduzido na cozinha normal porque requer equipamento adequado (misturador de alta velocidade). Uma receita típica usando o Método CBP seria composta por 100g de farinha de trigo, 2g de fermento, 2g de sal, 60,5 ml de água, 1g de melhorador CBP e 2g de gordura hidrogenada.

2.2.11 Tipos de pães

A existência de muitas variedades de pães deve-se aos diferentes tipos de farinhas que são empregados, aos tipos de massa, aos recheios, aos formatos e aos ingredientes acrescentados (PHILLIPPI, 2003).

A RDC nº 90 (2000) classifica os pães de acordo com os ingredientes e ou processo de fabricação e ou formato:

- Pão ázimo: produto não fermentado, preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo e água, apresentando-se sob a forma de lâminas finas.
- Pão francês: produto fermentado, preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo, sal (cloreto de sódio) e água, que se caracteriza por apresentar casca crocante de cor uniforme castanho-dourada e miolo de cor branco-creme de textura e granulação fina não uniforme.
- Pão de forma: produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia.
- Pão integral: produto preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo e farinha de trigo integral e ou fibra de trigo e ou farelo de trigo.
- Panetone: é o produto fermentado, preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo, açúcar, gordura(s), ovos, leite e sal (cloreto de sódio).

Phillippi (2003) destaca ainda outros tipos de pães como:

- Pão preto: é feito somente com farinha integral ou misturada com outras farinhas, como a de centeio ou soja. É um tipo de pão que apresenta um maior teor de fibras.

- Pão sovado: preparado à base de banha ou gordura, além de outros ingredientes básicos. Também é conhecido como pão de banha por ser acrescido de recheio como torresmo ou lingüiça.

Pães rotulados "sem glúten" não podem conter trigo, centeio, cevada, aveia, espelta, kamut, ou variedades mestiços, e seu nível de glúten não pode exceder 20 partes por milhão (ppm). A norma sobre glúten do Codex Alimentarius foi revista em 2008 para um nível menor de 20ppm (ACELBRA, 2009).

2.3 Cerrado Brasileiro

2.3.1 Cerrado

O Bioma Cerrado apresenta uma área aproximada de 2.036.448 Km², ocupa a totalidade do Distrito Federal, mais da metade dos estados de Goiás (97%), Maranhão (65%), Mato Grosso do Sul (61%), Minas Gerais (57%), Tocantins (91%), além de porções de outros seis estados representando o segundo maior bioma continental brasileiro com 23,92% da área total do país (IBGE, 2004).

Localizado na porção central do País, mantém áreas de transição com todos os demais biomas brasileiros, exceto com o Bioma Pampa, no Sul do Brasil. Por comportar parte das cabeceiras de algumas das principais bacias hidrográficas brasileiras, constitui-se de grande importância para o fornecimento de recursos hídricos para diversas regiões do País. Para o Bioma Cerrado, existe estimativa apontando para uma diversidade de, no mínimo, 320 mil espécies. Alguns dados indicam a ocorrência de 11.046 espécies de plantas, 212 de mamíferos, 837 de aves, 1.200 de peixes, 184 de répteis e 113 de anfíbios. Com relação aos insetos, estima-se cerca de 90 mil espécies. Estudos apontam que a área atual do Bioma Cerrado coberta por vegetação nativa em suas diversas fitofisionomias seja de cerca de 50% (EMBRAPA, 2008).

Até meados do século XX, essa região era considerada secundária para a produção agrícola. A partir dos anos 60, com a transferência da Capital Federal do Rio de Janeiro para Brasília, localizada no coração dos cerrados, com a construção de estradas e com a adoção da política de interiorização e de integração nacional, essa região foi inserida no contexto da produção de alimentos e de energia. Hoje, graças ao desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que viabilizaram a sua utilização em bases econômicas, a região dos cerrados é um dos mais importantes pólos de produção de alimentos do país, contribuindo com mais de 25% da produção nacional de grãos alimentícios, além de abrigar mais de 40% do rebanho bovino do país (ÁVIDOS & FERREIRA, 2003).

O Cerrado apresenta uma rica biodiversidade com grande número de espécies vegetais entre as quais muitas apresentam grandes possibilidades de exploração, cujo maior potencial é sua utilidade na alimentação, sendo considerado um dos maiores *hotspots* do mundo (MITERMEIER *et al.*, 1999 In: VERA *et al.*, 2009 e SANO, RIBEIRO & BRITO, 2004).

As fruteiras nativas ocupam lugar de destaque no ecossistema do cerrado e seus frutos já possuem grande aceitação popular. Esses frutos apresentam sabores *sui generis* e elevados teores de açúcares, proteínas, vitaminas e sais minerais e podem ser consumidos *in natura* ou na forma de

sucos, licores, sorvetes, geléias etc. Hoje, existem mais de 58 espécies de frutas nativas dos cerrados conhecidas e utilizadas pela população (ÁVIDOS & FERREIRA, 2003).

Atualmente, é possível encontrar grande quantidade de frutas nativas do cerrado sendo comercializadas em feiras da região e nas margens das rodovias a preços competitivos e alcançando grande aceitação popular (ÁVIDOS & FERREIRA, 2003).

O interesse por essas frutas tem atingido diversos segmentos da sociedade, entre os quais se destacam agricultores, industriais, donas-de-casa, comerciantes, instituições de pesquisa e assistência técnica, cooperativas, universidades, órgãos de saúde e de alimentação, entre outros (ÁVIDOS & FERREIRA, 2003).

2.3.2 Frutos do cerrado utilizados na pesquisa

2.3.2.1 *Dipteryx alata* Vog.

Árvore pertencente à família *Leguminosae*, pode atingir até 15 metros de altura, ocorre nos Estados do Amazonas, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo (POTT & POTT, 1994). Podendo ser encontrada, também, no Paraguai (SANO, et al., 2004).

Leguminosae é a terceira maior família dentre as Angiospermas, contando com 727 gêneros e aproximadamente 19.325 espécies. A importância econômica dos representantes desta família é indiscutível, pois muitos gêneros e espécies são utilizados na alimentação humana, como forrageiras, na recuperação de solos empobrecidos, na arborização urbana, bem como nas indústrias madeireira e química (LEWIS *et al.*, 2005).

Também conhecido popularmente como baru, barujo, castanha-de-ferro, coco-feijão, cumaruda-folha-grande, cumarurana, cumaru-verdadeiro, cumaru-roxo, cumbaru, cumbaru, emburena-brava, feijão-coco, meriparagé e pau-cumaru (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

O gosto da amêndoa do baru é parecido com o do amendoim, possui um alto valor nutricional, superando os 26% de teor de proteínas, encontrado no coco-da-baía. A amêndoa do baru pode ser comida crua ou torrada e, nesse último caso, substitui com equivalência a castanha-de-caju, servindo como ingrediente em receitas de pé-de-moleque, rapadura e paçoquinha (ÁVIDOS & FERREIRA, 2003).

As amêndoas são utilizadas também para enriquecer pães, bolos, sorvetes e acompanhar aperitivos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

Segundo Ávidos e Ferreira (2003), a planta de baru apresenta propriedades medicinais, a casca serve para curar dor de barriga, a semente serve como fortificante e desta ainda pode se extrair um óleo aromático, contra dor e reumatismo.

De acordo com Vianna e Favaro (2008) apud In: Cruz, (2010), os frutos do baru são considerados boa fonte de proteínas, óleo, carboidratos e fibra alimentar. O elevado teor protéico da

amêndoa de baru tem despertado o interesse para algumas possíveis aplicações como ingrediente na forma de concentrado ou isolado nos setores de alimentação e farmacêutico.

2.3.2.2 *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd

Conhecida popularmente por bocaiúva, bacaú, bacaiuveira, bacaúva, coco-sabão, coco-baboso, baboso, coco-de-catarro, coco-de-espinha, coco xodó, coco imbocaia, macaiba, macaibeira, macaiá, macajá, macajuba, macaúba, macaúva, macauveira, macujá, macujazeiro, marcová e mucajá a *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd é uma palmeira pertencente à família *Palmae*, cuja altura pode variar de 5 a 20 metros e possui um período de floração de setembro a janeiro. O fruto leva de 13 a 14 semanas para amadurecer (ARISTONE & LEME, 2006).

Formas de suas variantes são encontradas ao longo das Américas Tropical e Subtropical indo desde o sul do México e Antilhas até o sul do Brasil, passando pelo Paraguai e Bolívia e chegando até a Argentina, porém ausente no Equador e Peru, formando uma vasta distribuição geográfica. No Brasil, sua distribuição estende-se pelos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e por todo Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Também pode ser encontrada no Paraná, mas, em menor proporção (ARISTONE & LEME, 2006).

Segundo Ávidos e Ferreira (2003), a polpa dos frutos pode ser consumida *in natura*, ou na forma de doces e geléias. A amêndoa pode ser consumida *in natura* ou na forma de paçocas e apresenta teor de proteínas elevado representado na podendo ser utilizada como fonte alternativa destas (HIANE *et al.*, 1992).

2.3.2.3 *Caryocar brasiliense* Camb.

Pertencente à família *Caryocaraceae*, o *Caryocar brasiliense* Camb. é uma árvore ereta que pode apresentar porte variando de 5 a 15 metros de altura (POTT, POTT, 1994).

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), conhecido popularmente como piqui, pequiá, amêndoa de espinho, grão de cavalo ou amêndoa do Brasil, é cultivado em todo o cerrado brasileiro, que inclui os Estados do Pará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, São Paulo, Minas Gerais e Paraná, como também nos Estados nordestinos, Piauí, Ceará e Maranhão. Sua frutificação ocorre principalmente entre os meses de janeiro a março, podendo ser encontrados frutos fora dessas épocas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002 e RIBEIRO, 2000).

O pequi floresce durante os meses de agosto a novembro, com os frutos iniciando a maturação em meados de novembro, podendo ser encontrados até início de fevereiro (ALMEIDA *et al.*, 1998 apud BELO, 2009).

O fruto de pequi é consumido pelas populações que habitam as regiões onde são produzidos. A polpa do pequi é utilizada na elaboração de diferentes pratos. Já a amêndoa é utilizada como

ingrediente de farofas, doces e paçocas, além de ser consumida salgada como petisco (RIBEIRO, 2000).

Segundo Ramos (2010) a polpa e a amêndoa de pequi são ricas em termos nutricionais, contudo, a amêndoa destaca-se em minerais e em proteína bruta, constituindo uma excelente fonte de nutrientes para uso na alimentação humana.

Em 2009, Fernandes em estudo de dieta utilizando castanha de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) associado aos níveis séricos de estrógenos em camundongos não descartou a hipótese de que a castanha de pequi possa ter efeito sobre os níveis hormonais em camundongos e que a castanha do pequi pode desencadear alterações nos níveis séricos de estradiol.

Por se tratar de um fruto de fácil produção e com características desejáveis em relação ao sabor e valor nutritivo, o pequi pode representar uma fonte potencial na alimentação e sobrevivência de uma parcela da população brasileira (RIBEIRO, 2000).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

- Formular um pão sem glúten com farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi.

3.2 Objetivos específicos

- Obter farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi.
- Determinar a composição química das farinhas desengorduradas de baru, bocaiúva e pequi.
- Determinar a composição química de pães sem glúten elaborados com farinhas desengorduradas de baru, bocaiúva e pequi.
- Determinar o volume específico das formulações desenvolvidas.
- Avaliar a qualidade sensorial afetiva do produto desenvolvido.
- Identificar os atributos sensoriais mais atraentes no produto desenvolvido.
- Realizar a otimização da formulação desenvolvida.
- Ampliar as opções de alimentos que sejam nutritivos e similares aos produtos convencionais existentes no mercado para o público intolerante a glúten (celíacos).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Para a elaboração das farinhas desengorduradas foram utilizados frutos maduros de baru (*Dypteryx alata* Vog), bocaiúva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb).

Os materiais utilizados para o preparo das misturas que constituíram a massa para pão foram leite em pó integral Nestlé®, manteiga Aviação®, sal iodado Cisne®, fermento biológico seco Fleischmann®, açúcar cristal Estrela®, polvilho doce Yoki®, ovo, água e farinha de arroz Urbano®, glucose, melhorador para pães, carboximetilcelulose, ácido ascórbico, ácido acético, goma xantana, emulsificantes e farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi.

4.2 Equipamentos e outros materiais

Os equipamentos utilizados foram balança analítica marca Marte, estufa marca Biomatic, forno industrial marca Venâncio.

Foram usadas formas metálicas de alumínio, tamanho 23x9x5cm, além de vidrarias e utensílios comuns de laboratório.

4.3 Métodos

4.3.1 Obtenção das farinhas

Primeiramente foram coletados e/ou adquiridos no comércio nas imediações da cidade de Campo Grande (MS), frutos maduros de baru (*Dypteryx alata* Vog), bocaiúva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb).

Os frutos obtidos foram lavados em água corrente, secos e posteriormente selecionados.

A seleção das amêndoas foi realizada de acordo com o grau de maturação, características físicas externas, o amadurecimento da polpa, a ausência de podridão e a ausência de insetos. Entre os lotes selecionados, as amêndoas foram retiradas manualmente através de abertura dos frutos em corte seccional com faca ou morsa e martelos. As amêndoas que não apresentavam sinais de deterioração foram selecionadas, tiveram sua película externa retirada e foram armazenadas sob congelamento. As cascas e polpa dos frutos foram desprezadas. Este procedimento descrito foi adotado para os três frutos.

As amêndoas congeladas dos frutos de baru, bocaiúva e pequi foram moídas em moinho multiuso (Tecnal, TE-631). As pastas obtidas foram desengorduradas com éter etílico sob refluxo em extrator de Soxhlet por 4 horas. Após a primeira extração, a farinha obtida foi secada em estufa

ventilada a 40°C e o material classificado em tamis de 40 mesh. O material não tamisado foi reprocessado sob as mesmas condições. As farinhas das três amêndoas foram armazenadas em saco plástico em temperatura ambiente até análise e utilização posterior.

A Figura 1 mostra as farinhas desengorduradas das amêndoas de baru, bocaiúva e pequi.



Figura 1 – Farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi.

A composição química das farinhas foi verificada e dentre os macro nutrientes, foram avaliados o resíduo mineral fixo, carboidratos totais (farinha) e as frações mono, di e polissacarídeos (pães), proteínas, lipídeos, bem como o teor de umidade, de acordo com os procedimentos analíticos da AOAC (2000). Todas as farinhas e pães foram analisados segundo o mesmo procedimento e as análises foram realizadas em triplicata.

4.3.2 Determinação da umidade

A determinação da umidade foi feita através do método infravermelho. Este método é mais efetivo e envolve penetração do calor dentro da amostra, o que encurta o tempo de secagem em até 1/3 do total. O método consiste em uma lâmpada de radiação infravermelha com 250 a 500watts, cujo filamento desenvolve uma temperatura entre 2.0 a 2.500°K (700°C). A distância entre a lâmpada e a amostra é crítica e deve ser cerca de 10cm para não haver decomposição da amostra. A espessura da amostra deve ficar entre 10 e 15m. O tempo de secagem varia com a amostra. O peso da amostra deve variar entre 2,5 a 10g dependendo do conteúdo da água. Equipamentos por secagem infravermelha possuem uma balança que dá a leitura direta do conteúdo de umidade por diferença de peso (VICENZI, 2012).

4.3.3 Determinação de cinzas ou resíduo mineral fixo

A determinação das cinzas ou resíduo mineral fixo foi realizada através do método gravimétrico de acordo com procedimento analítico da AOAC (2000).

Foram pesados 5g da amostra em cadinho de porcelana, previamente aquecido em mufla e tarado. A amostra pesada foi carbonizada totalmente em bico de Bunsen e levada à mufla (550°C) até destruição de toda a matéria orgânica. A incineração foi completada quando a cinza mostrou cor uniforme e sem presença de pontos de carvão. O cadinho com cinzas foi resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado.

4.3.4 Determinação de carboidratos

A determinação de carboidratos foi realizada de acordo com procedimento analítico da AOAC (2000). Os carboidratos foram avaliados através do método de Fehling, utilizando soluções de Fehling, de acordo com metodologia descrita nas normas analíticas da AOAC (2000). Os açúcares foram avaliados quantitativamente e os resultados apresentados em carboidratos totais nas farinhas e porcentagem de amido, sacarose e glicose nos pães.

4.3.5 Determinação de nitrogênio (proteínas)

A determinação de proteínas foi feita pelo método de Micro-Kjeldahl, usando-se o fator 6,25 para a conversão do nitrogênio em proteínas de acordo com procedimento analítico da AOAC (2000).

Utilizou-se amostra de 50-100mg, a qual foi digerida juntamente com a mistura catalítica e H_2SO_4 concentrado. A destilação foi realizada em destilador marca TECNAL TE 036/1 e o nitrogênio total do destilado quantificado por titulação com ácido clorídrico 0,02M.

4.3.6 Determinação de lipídeo

A determinação de lipídeos foi feita pelo método de extração de solventes a quente (éter de petróleo), em aparelho de Soxhlet segundo as normas da AOAC (2000).

Cerca de 7g do material foram transferidos quantitativamente para o cartucho e realizou-se a extração em aparelho de Soxhlet com éter de petróleo por 6 horas. O resíduo obtido após a evaporação do solvente foi colocado em estufa a 105°C e em seguida, resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado, repetindo-se este procedimento até o peso constante.

4.4 Estratégia para o desenvolvimento do produto

Como estratégia para desenvolvimento do produto, as farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi foram combinadas nas proporções estabelecidas pelo delineamento experimental para misturas e em seguida, adicionadas à mistura base contendo os demais componentes.

A proporção entre as farinhas protéicas que foram empregadas na confecção do pão foi definida após a execução da análise dos dados provenientes do delineamento experimental proposto para mistura.

Posteriormente, foram realizados alguns ensaios com protótipos, para definição da concentração de proteína no produto final, tomando como base aquela prevista para os produtos feitos a base do trigo (9%) em proteína.

Em seguida, foram obtidas as medidas quantitativas e qualitativas do produto confeccionado, que foram analisados estatisticamente empregando a metodologia de superfície de resposta para misturas, com obtenção de modelos matemáticos para prever os resultados dentro da região experimental em relação a cada variável ou atributo quantificado.

Após o desenvolvimento dos modelos preditivos individuais, foi necessário proceder à otimização para se verificar a proporção entre os ingredientes, que melhor satisfizesse o conjunto de respostas estudadas.

Para isto foi empregado o método de DERRINGER & SUICH (1980) que definiu a formulação ideal, com base nos dados sensoriais e volume específico, na região experimental estudada.

O experimento foi realizado nos Laboratórios e na cozinha experimental da Unidade de Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

4.4.1 Obtenção da mistura base e protótipos

Os materiais utilizados para a confecção da mistura base 1 (MB1) foram leite em pó integral Nestlé®, manteiga Aviação®, sal iodado Cisne®, fermento biológico seco Fleischmann®, açúcar cristal Estrela®, polvilho doce Yoki®, ovo (*in natura*), água e farinha de arroz Urbano®. Outros ingredientes como glucose, melhorador para pães, carboximetilcelulose, ácido ascórbico, ácido acético, goma xantana, emulsificante e farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi em quantidade que fornecesse a concentração de proteína na massa semelhante a aquela presente no pão tradicional (9%), com base na proteína que tem no trigo foram adicionados à MB1 compondo assim uma mistura base 2 (MB2) conforme mostrado na Tabela 1. Isso foi feito a fim de proporcionar melhores características sensoriais, de acordo com as propriedades funcionais de cada ingrediente, ou seja, um pão com sabor e aparência global característicos.

Tabela 1 – Formulações básicas de pães sem glúten.

Ingredientes	MB1	%	MB2	%
Polvilho doce (g)	157,31	22,24	100	15,84
Leite em pó (g)	144,59	20,45	-	-
Farinha de arroz (g)	156,87	22,06	200	31,67
Açúcar (g)	11,24	1,60	2,75	0,44
Fermento (g)	10,0	1,41	10,0	1,58
Sal (g)	0,56	0,08	7,0	1,11
Ovo (g)	122,0	17,25	92,0	14,57
Óleo (g)	19,02	2,69	-	-
Água (mL)	300,0	-	170	-
Polvilho doce (g)	51,8	7,32	54,0	8,55
Manteiga (g)	33,75	4,77	28,0	4,43
Glucose (g)	-	-	2,75	0,43
CMC (g)	-	-	3,54	0,56
Goma xantana (g)	-	-	3,54	0,56
Ácido acético (mL)	-	-	0,22	-
Ácido ascórbico (mg)	-	-	26,54	-
Emulsificante (g)	-	-	10,0	1,58
FDB (g)	-	-	39,11g	6,19
FDBo (g)	-	-	47,0g	7,44
FDP (g)	-	-	31,75g	5,03

*MB1=Massa básica; MB2 =Massa básica modificada e com as farinhas; CMC=Carboximetilcelulose, FDB=Farinha desengordurada de amêndoa de baru; FDBo=Farinha desengordurada de amêndoa de bociáúva e FDP=Farinha desengordurada amêndoa de pequi.

4.4.2 Preparo dos pães

Inicialmente os ingredientes foram pesados e misturados na seguinte sequência: polvilho doce, farinha de arroz, açúcar, glucose, fermento, sal, ovo e manteiga, ácido ascórbico, ácido acético, goma xantana, emulsificante, melhorador e farinhas desengordurada de amêndoas. Em seguida e separadamente, 170mL de água foram misturados a 54g de polvilho doce e levado ao fogo até formação de uma goma transparente. A goma ainda quente foi adicionada à mistura e a massa foi sovada até ficar homogênea e lisa.

A seguir, foi posta em forma previamente untada com óleo, coberta com filme plástico para evitar ressecamento, levada para descansar em estufa a 40°C por 40 minutos. Após o descanso foi assado em forno a aproximadamente 186°C por 40 minutos.

Depois de assado, o pão foi resfriado por aproximadamente duas horas, pesado e medido para obtenção do volume específico.

4.4.3 Avaliação da qualidade do pão

4.4.3.1 Análise sensorial

Os testes de aceitação global (aroma, cor, textura, sabor e aceitabilidade geral) foram conduzidos com a participação de vinte e sete consumidores não treinados, estudantes e funcionários da UFMS, além de membros não celíacos da Associação dos Celíacos do Brasil, seção Mato Grosso do Sul – ACELBRA MS conforme o interesse e disponibilidade em participar das análises.

Os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMS sistema Plataforma Brasil sob CAAE: 01684512.9.00000021.

Os pães foram submetidos à análise sensorial através de um teste de escala hedônica de nove pontos (1 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei extremamente). Cada provador recebeu uma bandeja contendo uma fatia de pão de cada ensaio. As amostras foram codificadas com três dígitos de forma aleatória. Duas análises sensoriais foram realizadas a fim de obter a melhor formulação possível a partir dos testes. A primeira análise sensorial foi realizada com a sete amostras de pão resultantes da utilização de farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi combinadas a princípio isoladamente, e em seguida duas a duas e por último a mistura das três farinhas.

Os atributos sensoriais foram avaliados 24 horas após o forneamento dos pães.

4.4.3.2 Volume

O volume do pão foi determinado pelo deslocamento das sementes (painço), duas horas após a saída do pão do forno de acordo com o método proposto por El-Dash *et al.*, (1986).

O volume específico foi calculado dividindo-se o volume do pão (cm³) pelo seu peso (g). O valor do volume na contagem dos pontos da qualidade foi obtido multiplicando-se o volume específico por 3,33, o que pode resultar no máximo de 20 pontos para um pão de volume específico 6,0 (considerado ótimo) (EL-DASH *et al.*, 1986).

4.4.3.3 Cor do miolo

A cor do miolo foi avaliada sensorialmente em superfícies recém cortadas, sendo os fatores indesejáveis estabelecidos como cor cinza, opaca, desigual e tonalidade escura.

4.4.3.4 Aroma

O aroma foi avaliado sensorialmente através do sentido do olfato, mantendo o pão próximo à narina para que a sua identificação fosse correta.

4.4.3.5 Sabor

O sabor foi avaliado sensorialmente, considerando-se como fatores indesejáveis o gosto ácido ou estranho.

4.4.3.6 Textura

A textura foi avaliada sensorialmente com base nos fatores considerados indesejados como falta da uniformidade, áspera, compacta e seca.

4.4.3.7 Aceitabilidade geral

A aceitabilidade geral foi avaliada levando em consideração todos os fatores anteriormente avaliados.

4.5 Metodologia estatística

4.5.1 Planejamento experimental

Foi empregado o delineamento para misturas conforme Cornell (1981). Para misturas ternárias pode-se escrever:

$$X_1 + X_2 + X_3 = 1 \text{ ou } 100\%, \text{ com } X_i > 0, \text{ sendo } i = 1, 2, 3. \text{ (Equação 01)}$$

Dessa forma, as proporções (em peso ou volume) dos componentes ou ingredientes presentes na mistura são mais importantes do que suas quantidades absolutas, para uma resposta que se pretende quantificar. O efeito da restrição sobre X_i possibilita a representação geométrica da região das misturas possíveis por um triângulo equilátero ou simplex bidimensional. O delineamento proposto é um arranjo reticulado, com espaçamento uniforme, cobrindo todo o espaço do simplex. (CORNELL, 1981)

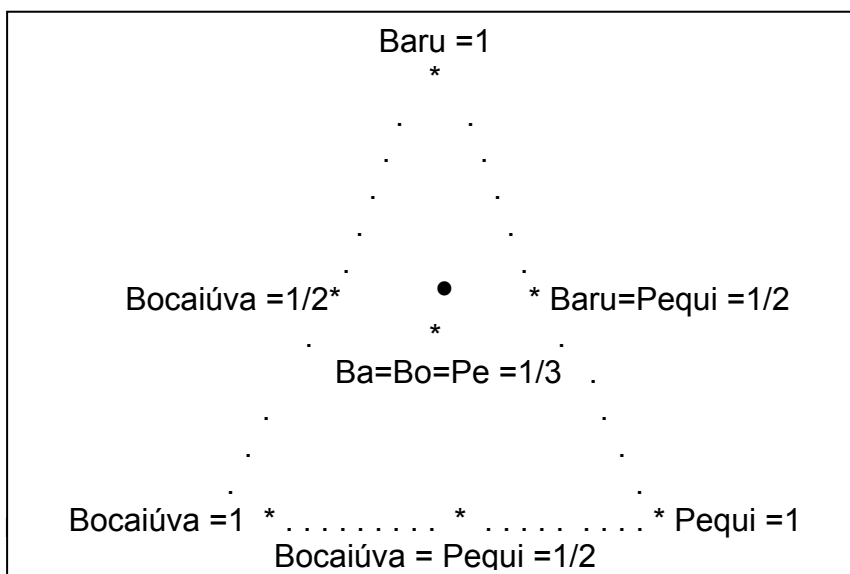
Para ajustamento da regressão sobre o espaço fatorial do simplex, de modo a possibilitar modelagem matemática da resposta, assume-se que a resposta pode ser aproximada por uma polinomial de baixa ordem em X_i . Isso deve ser entendido como um polinômio do segundo grau

(quadrática) ou, no máximo, uma forma especial de polinômio do terceiro grau (cúbica), como por exemplo, o modelo proposto por Scheffé (CORNELL, 1981):

$$\eta(X_1, X_2, X_3) = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3$$

(Equação 02)

Desta forma, a estratégia empregada, na formulação dos experimentos, foi medir a resposta associada a cada ingrediente isoladamente, depois a cada par presente em iguais proporções e, finalmente, a mistura ternária na mesma proporção para cada ingrediente. Tal planejamento experimental é conhecido como simplex-centróide, conforme a Figura 2 (CORNELL, 1981).



A proporção entre as farinhas protéicas que foram empregadas na confecção do pão foi definida após a execução da análise dos dados provenientes do delineamento experimental proposto para mistura.

O delineamento experimental simplex-centróide com $2^q - 1$ (q = número de componentes) combinação com as devidas quantidades de farinhas que foram utilizadas apresenta-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Delineamento experimental simplex-centróide.

Ensaio	Quantidades dos ingredientes (g)		
	Farinha Desengordurada de Amêndoa de Baru (X_1)	Farinha Desengordurada de Amêndoa de Bocaiúva (X_2)	Farinha Desengordurada de Amêndoa de Pequi (X_3)
Y_1	117,48	0	0
Y_2	0	141,0	0
Y_3	0	0	95,27
Y_{12}	58,74	70,5	0
Y_{13}	58,74	0	47,63
Y_{23}	0	70,5	47,63
Y_{123}	39,11	47,0	31,75

Para o primeiro sistema ternário apresentado, as variáveis X_1 , X_2 e X_3 correspondem às farinhas desengorduradas de amêndoa de baru, farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva e farinha desengordurada de amêndoa de pequi, respectivamente. Todos os ensaios foram realizados ao acaso, com duas repetições genuínas no ponto central, totalizando assim nove experimentos para cada propriedade estudada.

4.5.2 Estimativa dos coeficientes

Os coeficientes foram estimados com base nas equações a seguir, para ajustamento da equação canônica de Scheffé:

$$\beta_1 = Y_1 \quad (\text{Equação 03})$$

$$\beta_2 = Y_2 \quad (\text{Equação 04})$$

$$\beta_3 = Y_3 \quad (\text{Equação 05})$$

$$\beta_{12} = 4Y_{12} - 2(Y_1 + Y_2) \quad (\text{Equação 06})$$

$$\beta_{13} = 4Y_{13} - 2(Y_1 + Y_3) \quad (\text{Equação 07})$$

$$\beta_{23} = 4Y_{23} - 2(Y_2 + Y_3) \quad (\text{Equação 08})$$

$$\beta_{123} = 27Y_{123} - 12(Y_{12} + Y_{13} + Y_{23}) + 3(Y_1 + Y_2 + Y_3) \quad (\text{Equação 09})$$

4.5.3 Análise de variância

A análise de variância para examinar a significância do modelo ajustado seguiu os procedimentos tradicionais conforme CORNELL (1981). A partir do quadrado médio dos resíduos

podem-se estimar os erros padrão dos coeficientes calculados. Complementarmente, o coeficiente de determinação ajustado (R) e o coeficiente de variação do experimento puderam ser calculados (CORNELL, 1981).

4.5.4 Otimização

O método de otimização empregado foi o de Derringer & Suich (1980) que propôs a formulação ideal, com bases nos dados encontrados para o volume específico, aroma e sabor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição centesimal das farinhas desengorduradas das amêndoas

As farinhas desengorduradas das três amêndoas foram analisadas quanto aos seus constituintes químicos e os resultados estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição centesimal das farinhas desengorduradas das amêndoas (g/100g de amostra)*.

Parâmetros	Bocaiúva	Baru	Pequi
Umidade (%)	6,79 ± 0,04	5,34±0,12	8,43 ± 0,04
Cinzas (%)	5,14± 0,01	5,00±0,17	9,18 ± 0,01
Lipídios (%)	0,82 ± 0,01	0,24±0,04	7,48 ± 0,8
Proteínas (%)	36,85 ± 0,28	44,28±0,82	54,54 ± 0,36
Açúcares (%)	71,66± 1,45	85,00±1,43	89,51 ± 0,74

Média ± desvio padrão em triplicata.

As composições centesimais das farinhas desengorduradas de amêndoas de bocaiúva, baru e pequi evidenciaram altos teores de proteínas (36,85%, 44,28% e 54,54%), respectivamente. Tais valores, no entanto diferiram em valores absolutos dos encontrados por outros pesquisadores.

Vera *et al.*, (2009) encontraram 26,25% de proteína em base seca de amêndoa de Baru, já Junqueira e Favaro (2006) encontraram valor de proteína superior em farinha desengordurada de Baru (49,01%).

Tal fato pode ser explicado pela variabilidade genética apresentada por plantas cujas amêndoas foram coletadas em locais e períodos diferentes ou mesmo as diferenças climáticas e de solo (CANUTO *et al.*,2008).

Em 2006, Hiane *et al.* avaliaram a qualidade protéica da amêndoa de bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd e encontraram 41,34% de proteína, valor superior ao encontrado nesse estudo que foi de 36,85%. Quando comparadas com outras oleaginosas, as amêndoas da bocaiúva

indicaram um percentual de proteínas maior do que a castanha-do-pará (23,29%) encontrado por Melo *et al.* (1998), amêndoas (21,41%), amendoim (24,03%), avelã (14,77%), castanha-do-pará (14,11%), macadâmia (8,40%), noz (13,81%), pecã (7,50%), e pistache (19,80%) citados por Freitas e Naves (2010).

Em relação à farinha desengordurada de amêndoa de pequi, o percentual encontrado de proteína foi de 54,54% sendo o maior percentual de todas as três farinhas estudadas. Valores também altos de proteínas em amêndoas de pequi integral foram relatados por Lima *et al.* (2007) e Ferreira *et al.* (1988) (25,27% e 24,60% respectivamente). Glória e Regitano-D'Arce (2000) encontraram 47,65% de proteína em torta de castanha-do-pará.

Os pães obtidos a partir das diferentes formulações com as farinhas desengorduradas de Baru, Bocaiúva e Pequi podem ser observados na Figura 3.



Figura 3 – Pães sem glúten, elaboradas farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi . 1=Farinha desengordurada de amêndoa de baru; 2= Farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva; 3= Farinha desengordurada de amêndoa de pequi; 4= Farinha desengordurada de amêndoa de baru com farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva; 5=Farinha desengordurada de amêndoa de baru com farinha desengordurada de amêndoa de pequi; 6=Farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva com farinha desengordurada de amêndoa de pequi, 7 e 8 = Farinha desengordurada de amêndoa de baru com farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva e farinha desengordurada de amêndoa de pequi.

5.2 Composições químicas dos pães

Foi realizada a composição química dos pães e os resultados podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4 – Composição química dos pães sem glúten com a adição de farinhas desengorduradas de baru, bocaiúva e pequi, expressa em % (g/100g amostra integral*).

Índice	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Umidade	32,60	37	32,90	32,90	33,20	33,20	32,30
Cinzas	2,28 ± 0,03	2,19 ± 0,02	2,64 ± 0,01	2,33± 0,02	1,81 ± 0,09	1,78 ± 0,03	1,77± 0,01
Lipídios	3,34 ± 0,01	3,56 ± 0,04	4,52 ± 0,06	2,44 ± 0,13	4,86 ± 0,03	4,61 ± 0,15	4,37 ± 0,10
Proteínas	10,78 ± 0,21	10,11 ± 0,42	12,54 ± 0,08	10,58 ± 0,16	11,37 ± 0,19	11,91 ± 0,24	13,41± 1,10
Amido	35,30 ± 0,61	34,41 ± 1,18	34,51 ± 2,47	34,90 ± 1,04	35,24 ± 1,15	36,40 ± 1,63	33,37 ± 2,99
Sacarose	0,86 ± 0,13	ND	ND	1,33 ± 0,5	1,43 ± 0,06	1,04 ± 0,27	0,73 ± 0,64
Glicose	1,37 ± 0,06	0,70 ± 0,0	1,07 ± 0,06	0,83 ± 0,06	0,87 ± 0,06	1,07 ± 0,06	1,17 ± 0,06

ND= não detectado pelo método utilizado. *Média e desvio padrão de triplicata. F1= pão com farinha desengordurada de amêndoa de baru; F2= Pão com farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva; F3= Pão com farinha desengordurada de amêndoa de pequi; F4= Pão com farinha desengordurada de amêndoa de baru com farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva; F5= Pão com farinha desengordurada de amêndoa de baru com farinha desengordurada de amêndoa de pequi; F6= Pão com farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva com farinha desengordurada de amêndoa de pequi, F7 e 8 = Pão com farinha desengordurada de amêndoa de baru com farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva e farinha desengordurada de amêndoa de pequi.

A composição química das formulações desenvolvidas apresentou umidade que variou de 32,30% (formulação 7) até 37,0% (formulação 2).

Esses valores encontrados são maiores do que os apresentados por pães franceses (28,5%) segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO 2011) e iguais aos encontrados por Schamne *et al.* (2010) em produtos panificados livres de glúten onde pães contendo farinha de arroz, amido de milho e amido de mandioca apresentaram 33,02% de umidade.

A quantidade de água está relacionada com a estabilidade, qualidade e composição do alimento. A quantidade de água encontrada nas formulações poderia afetar itens como a estocagem desse alimento uma vez que alimentos estocados com alta umidade podem se deteriorar mais rapidamente do que os que possuem baixa umidade comprometendo assim o seu tempo de vida de prateleira. Além disso, a embalagem pode ser afetada, pois alguns tipos de deterioração podem ocorrer em virtude da maior umidade presente no alimento (VICENZI, 2012).

Os valores encontrados para cinzas variaram de $1,77\% \pm 0,01$ (formulação 7) até $2,64\% \pm 0,01$ (formulação 3). A formulação 5 apresentou valor de cinzas semelhante ao encontrado em pão francês (1,80%). Esse valor foi maior do que o encontrado em pães sem glúten contendo farinha de arroz, amido de milho e amido de mandioca (1,12%) por Schamne *et al.* (2010). Esses valores são considerados normais e estão próximos do conteúdo mineral total médio de pães segundo a TACO (2011).

Os lipídios encontrados variaram de $2,44\% \pm 0,13$ (formulação 4) a $4,86\% \pm 0,03$ (formulação 5). Valores muito próximos ao encontrado para pão francês que é de 3,1% (TACO, 2011) foram obtidos nas formulações 1 e 2, com valores de $3,34\% \pm 0,01$ e $3,56\% \pm 0,04$ respectivamente contribuindo na ação de leveza pelo aprisionamento de ar na massa e com o paladar segundo Vicenzi (2012).

A determinação quantitativa de lipídeos em alimentos é há muito, um parâmetro básico para avaliações nutricionais e de processamento. Na indústria de extração de óleos vegetais, um rígido controle do teor de lipídeos na matéria-prima e nos subprodutos deve ser mantido tanto com fins econômicos como tecnológicos (VICENZI, 2011).

Foram encontrados teores de proteínas que variaram entre $10,11\% \pm 0,42$ (formulação 2) a $13,41\% \pm 1,10$ (formulação 7). Os resultados indicam que quanto maior foi o percentual de proteína na farinha utilizada para confecção dos pães, maiores foram os teores de proteína apresentados por eles. Tais valores são superiores ao valor encontrado em pão francês que é de 8,0% (TACO, 2011) e aos encontrados por Bezerra *et al.* (2006) para pães elaborados com farinha de trigo e diferentes percentuais de farinha de pinhão que variaram de 10,61% para 0% de alteração a 10,17% para 25% de farinha de pinhão. A quantidade de proteína pode ser atribuída às farinhas desengorduradas de Baru, Bocaíuva e Pequi que apresentam teores de proteínas, respectivamente de $49,01 \pm 1,37$ de acordo com Guimarães *et al.* (2008), $41,37\% \pm 0,52$ segundo Hiane *et al.* (2006) e 25,27% na amêndoa de pequi segundo Lima *et al.* (2007).

De acordo com a Pesquisa de Orçamento Familiar (POF 2002-2003) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o pão de sal constitui uma das principais fontes calóricas da dieta do brasileiro por ser um produto de grande aceitação por todas as faixas etárias e bastante

acessíveis à população. Ele ocupa o 6º lugar entre os alimentos mais adquiridos nos domicílios brasileiros, com um consumo per capita de 12,73 kg/ano. As proteínas presentes nas farinhas desengorduradas de amêndoas são importantes porque melhoram a qualidade nutricional dos pães suprimindo as necessidades do consumidor uma vez que apesar das boas propriedades tecnológicas, as proteínas do trigo são consideradas de baixo valor biológico (OLIVEIRA, PIROZI, BORGES, 2007).

Os valores de carboidratos encontrados nas formulações variaram de 35,11% $\pm$ 1,12 (formulação 2) a 38,52% $\pm$ 1,96 (formulação 6). Esses valores são bem inferiores aos encontrados para pão francês, cuja quantidade de 58,6% (TACO, 2011) e de 66,09% a 69,87% encontrados por Bezerra *et al.* (2006) para pães elaborados com substituição parcial de farinha de pinhão. Valor superior também foi citado por Oliveira, Pirozi e Borges (2007) em pão elaborado com farinha de trigo mista e linhaça que apresentou 49,72% de carboidratos.

Segundo Capriles (2009), pães sem glúten são elaborados com farinhas e amidos refinados apresentando elevada quantidade de carboidratos disponíveis e causam uma resposta glicêmica elevada. Sendo assim, pães elaborados com farinhas protéicas podem contribuir para uma maior variação e adequação da dieta dos celíacos.

5.3 Volume específico

O volume específico é uma importante propriedade física dos pães, uma vez que exerce forte influência na preferência do consumidor (CAPRILES, 2011).

Os volumes específicos dos pães sem glúten aos quais foram adicionadas as farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi inicialmente isoladas, depois combinadas duas a duas e por último combinadas as três conforme delineamento experimental proposto, foram avaliados e os resultados na Tabela 5.

Tabela 5 – Volume específico das formulações de pães sem glúten.

Formulações		FBA (%)	FBO (%)	FPE (%)	Volume Específico (cm ³ /g)
F	1	100	0	0	1,67
	2	0	100	0	1,31
	3	0	0	100	1,60
	4	50	50	0	1,49
	5	50	0	50	1,45
	6	0	50	50	1,35
	7	33,3	33,3	33,3	1,72

*FBA= Farinha de Baru; FBO= Farinha de Bocaiúva; FPE= Farinha de Pequi

1=Farinha desengordurada de amêndoa de baru; 2= Farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva; 3= Farinha desengordurada de amêndoa de pequi; 4= Farinha desengordurada de amêndoa de baru com farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva; 5=Farinha desengordurada de amêndoa de baru com farinha desengordurada de amêndoa de pequi; 6=Farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva com farinha desengordurada de amêndoa de pequi; 7 e 8 = Farinha desengordurada de amêndoa de baru com farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva e farinha desengordurada de amêndoa de pequi.

Com base na Tabela 5, pode-se verificar que a farinha desengordurada de amêndoa baru é a variável que mais influencia o volume específico, seguida pela farinha desengordurada de amêndoa de sde pequi. Porém, quando combinados dois a dois, a farinha de engordurada de amêndoa de baru produz melhor resultado quando combinada com a farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva. No entanto, pode-se observar que quando as três farinhas são combinadas o volume específico é (1,72 cm³/g⁻¹), maior do que as outras formulações, sugerindo assim uma complementação entre as respectivas farinhas.

Os valores encontrados para o volume específico dos pães no presente estudo foram menores do que os obtidos por Clerici e El-Dash (2006) em estudo utilizando farinha extrusada de arroz como substituto do glúten na produção de pão de arroz, que se apresentara com volume de 1,71 a 2,3mL/g. Apresentaram também volumes específicos menores do que em pães elaborados com 100% de amido de milho com 2,65cm³/g⁻¹ e pães elaborados com 50% de amido de milho e 50% de amido de mandioca, com volume específico de 2,45cm³/g⁻¹ citados por Schamne *et al.* (2010).

Na pesquisa realizada por Schamne *et al.* (2010) visando a obtenção e caracterização de produtos panificados livres de glúten utilizando farinha de arroz, amido de mandioca e amido de milho, o resultado encontrado para o volume específico de pães feitos com farinha de 100% de farinha de arroz (1,20cm³/g⁻¹), 50% de farinha de arroz mais 50% de amido de mandioca (1,4cm³/g⁻¹), 50% de farinha de arroz mais 50% de amido de milho (1,20cm³/g⁻¹) e 37,5% de farinha de arroz, 25%de amido de milho e 37,5% de amido de mandioca (1,60cm³/g⁻¹) foram menores do que os encontrados no presente estudo.

Contudo esses valores de volume específico se mostraram semelhantes aos pães elaborados por Stork *et al.* (2009b) com farinha de arroz que só alcançaram o volume específico de $1,74\text{mL/g}^{-1}$ depois do acréscimo de 1,5% de transglutaminase.

A enzima transglutaminase, uma γ -glutamil-transferase que catalisa a reação entre um grupo ϵ -amino dos resíduos de lisina e um grupo γ -carboxiamida nos resíduos de glutamina e uma variedade de aminas primárias, levando a uma ligação cruzada covalente das proteínas (STORK *et al.*, 2009a) o que converte proteínas solúveis em polímeros insolúveis de alto peso molecular (STORK *et al.*, 2009b). Essa conversão faz com que essas proteínas apresentem capacidade de retenção de ar durante a fermentação, papel semelhante ao desempenhado pelo glúten.

Menor valor comparado ao do presente estudo, foi obtido por Tedrus *et al.* (2001) em pão confeccionado com farinha de arroz e que teve 10% de vital glúten e enzima α -amilase fúngica acrescidos à massa cujo volume específico foi $1,42\text{cm}^3/\text{g}$.

Neste estudo, os dados experimentais mostraram que a presença das três farinhas influenciou o volume específico dos pães. Combinando as farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e de pequi na mistura da massa, verificou-se a significância da interação entre elas apresentadas na Tabela 6 e Equação 1 conforme modelo final.

Tabela 6 – Análise de variância e estimativa dos coeficientes para o volume dos pães sem glúten, adicionados de farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi.

Pseudocomponentes	x	y	z	x y	xz	yz	xyz	F	R
Coeficientes da equação	1,67	1,31	1,6	1.10^{-15}	0,74	0,42	9,96	55,78	98,11%

x= pão com farinha desengordurada de amêndoa de baru; y= pão com farinha desengordurada de amêndoa de baru; z= pão com farinha desengordurada de amêndoa de pequi; xy= pão com farinhas desengorduradas de amêndoas de baru e bocaiúva; xz= pão com farinhas desengorduradas de amêndoas de baru e pequi; yz= pão com farinhas desengorduradas de amêndoas de bocaiúva e pequi; xyz= pão com farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi.

Pode-se verificar que a “falta de ajuste” do modelo final não foi significativo e que o R foi alto (98,11%). Portanto, este modelo pode ser usado para prever o comportamento do volume em função das quantidades de cada uma das farinhas.

De acordo com a Figura 4, um aumento na quantidade de farinha de baru e um aumento nas quantidades de farinha desengordurada de amêndoa de bocaiúva e pequi produzem um efeito negativo no volume dos pães, enquanto que uma maior porcentagem de farinha desengordurada de amêndoa de baru, uma menor porcentagem de farinha bocaiúva e farinha de pequi produzem o melhor volume.

Equação 1:

$\text{Volume específico} = Y = 1,67x + 1,31y + 1,6z + 1,0.10^{-15}xy - 0,74yz - 0,42zx + 9,96xyz$
--

Este modelo inclui os efeitos linear, quadrático e cúbico correspondentes às interações entre as farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi.

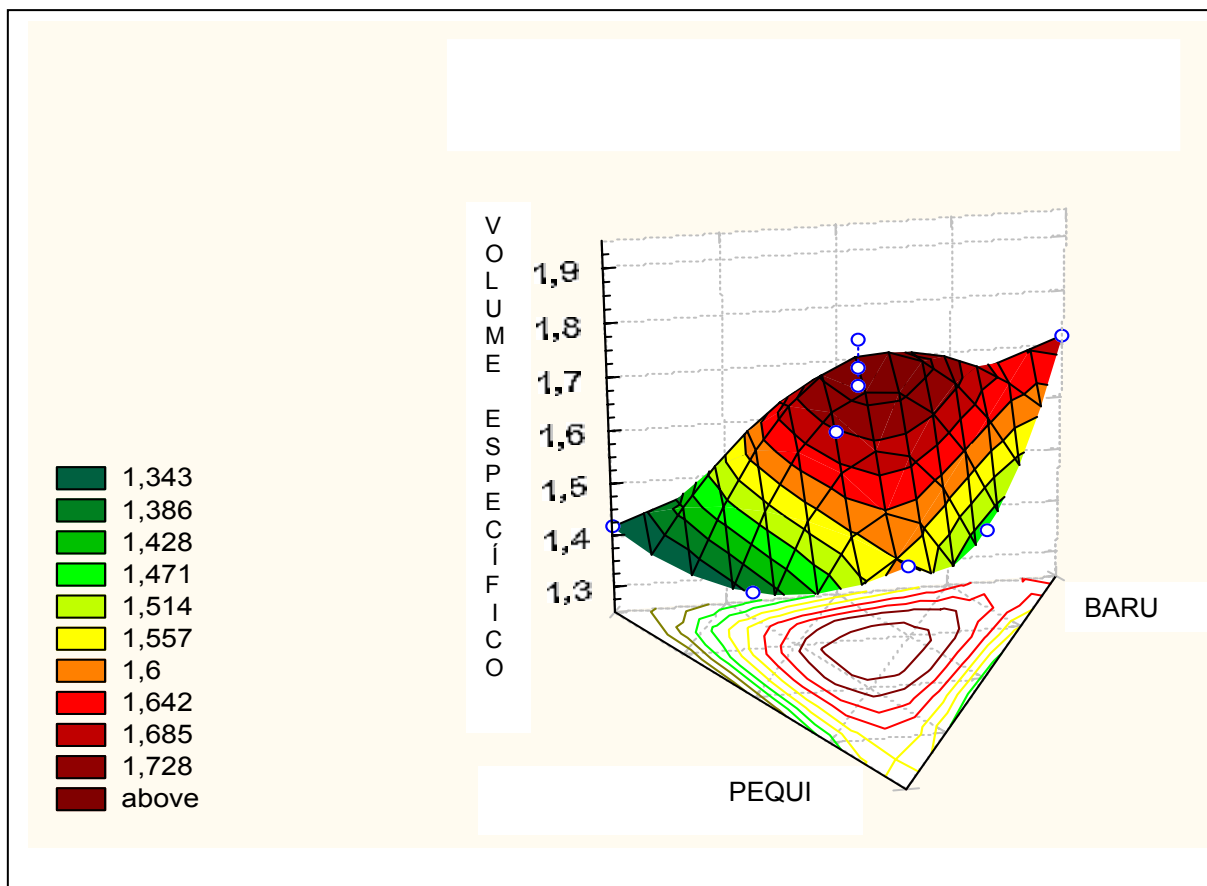


Figura 4 – Superfície de resposta ajustada para volume específico. $R\text{-sqr} = 0,9811$ Modelo Cúbico especial.

5.4 Avaliação sensorial do pão

A avaliação da qualidade dos pães foi realizada sensorialmente analisando-se as características externas como aroma, cor, textura e interna como sabor além de aceitabilidade geral, segundo critério de notas pré-estabelecido e aceito por Dutcoski (2011).

O modelo cúbico indicou que a combinação das três farinhas desengorduradas de baru, bocaiúva e de pequi apresentou significância da interação entre elas e influenciou de forma significativa a aceitabilidade do aroma, da cor, e da aceitabilidade geral dos pães.

Já para a aceitabilidade da textura e do sabor dos pães, o modelo quadrático demonstrou que houve a influência significativa da interação entre as farinhas desengorduradas de baru e bocaiúva.

A combinação das farinhas desengorduradas de baru, bocaiúva e de pequi, mostrou a significância da interação entre elas conforme modelos finais. Pode-se verificar que a “falta de ajuste” do modelo final não foi significativo para nenhum dos atributos avaliados. Os resultados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Estimativa dos coeficientes e análise de variância para os atributos avaliados dos pães sem glúten.

Atributos	COEFICIENTES DA EQUAÇÃO							F	R (%)
	X	Y	Z	XY	XZ	YZ	XYZ		
Aroma	6,889	6,11	6,11	0,22	0,667	0,44	10	1,82	85,31
Cor	6,889	5,33	6,44	0,889	5,778	1,778	2,667	2,46	99,74
Textura	5,907	5,907	6,2047	0,3704	0,7407	3,70	-	1,369	62,50
Sabor	5,33	5,35	5,778	3,5556	2,6667	0,4445	-	3,5778	79,29
Ac. Geral	6,33	5,22	5,667	3,556	4,7.10 ⁻¹⁵	1,33	13,6667	3,07	88,71

x= Farinha desengordurada de baru; y= Farinha desengordurada de bocaiúva; z= Farinha desengordurada de pequi; xy= Interação binária de baru e bocaiúva; xz = Interação binária de baru e pequi; yz= Interação binária de bocaiúva e pequi; xyz= Interação ternária de baru, bocaiúva e pequi; F= Teste F; R= coeficiente de correlação; P<0,005.

Buscando encontrar a melhor formulação para pão sem glúten, com uma mistura de farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi, o modelo linear de Scheffé foi usado. Os valores de coeficientes de correlação foram altos para todos os atributos com exceção da textura (62,50%). Por ter sido um atributo avaliado de forma afetiva e por ser muito subjetivo, uma vez que esse atributo não foi avaliado por instrumentos, esse valor pode ser considerado alto. Assim sendo, esse modelo pode ser usado para fins preditivos.

5.4.1 Aroma

O aroma é o atributo de qualidade percebido através do olfato (ESCOUTO, 2000).

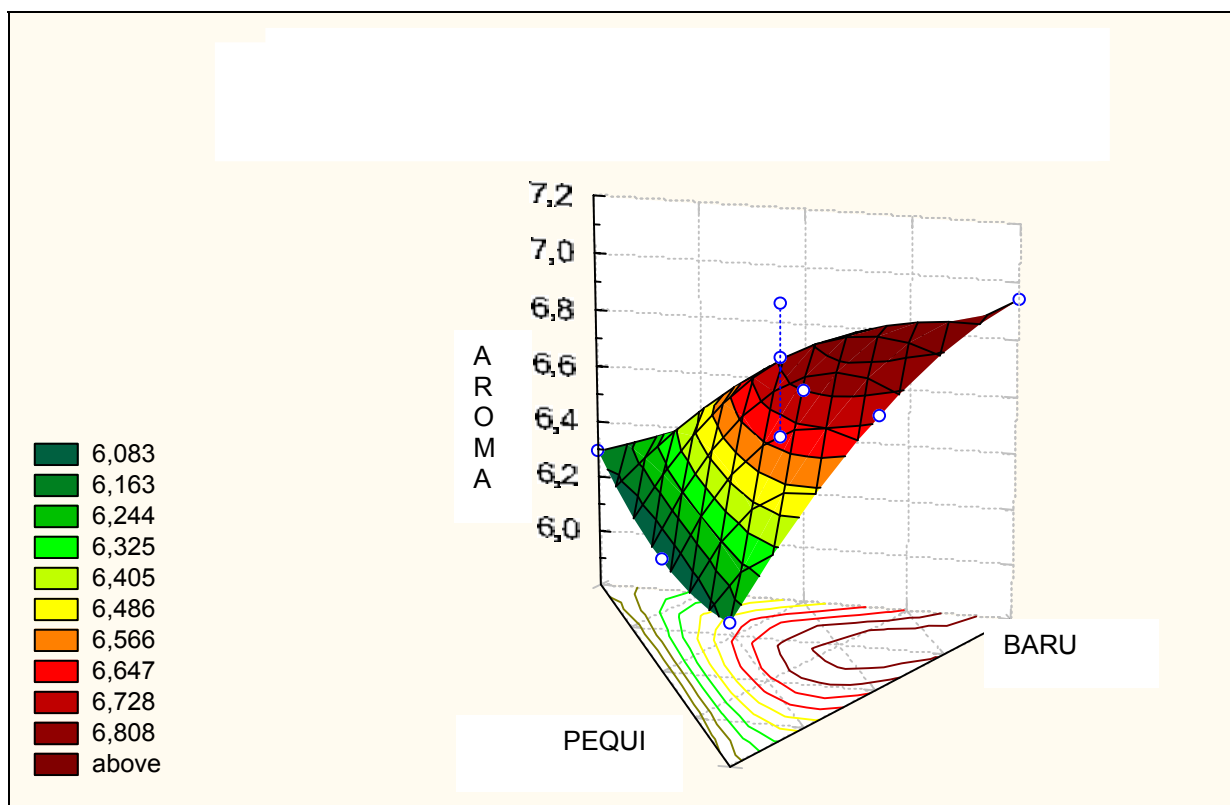
De acordo com a Figura 5, pode-se observar que apesar de a interação entre as farinhas desengorduradas de baru e bocaiúva influenciar na aceitabilidade do aroma do produto, esta aceitabilidade foi maior quanto maior foi a quantidade de farinha de baru utilizada na produção dos pães.

O aroma também foi um atributo bem aceito (80%) por provadores em estudo realizado por Cesar *et al.*(2006) em estudo cujo objetivo foi desenvolver uma fórmula de pão que pudesse ser consumido por pacientes celíacos.

Substituição parcial da farinha de trigo por farinha de pinhão foi realizada por Bezerra *et al.*(2006) e o melhor resultado para o aroma foi obtido em pães cuja formulação apresentou 25% de farinha de pinhão.

Os estudos apresentados sugerem uma contribuição positiva que a substituição de farinhas isentas de glúten exercem sobre a aceitabilidade de pães que não são de trigo, pois apresentam aroma das amêndoas ou frutos dos quais são originários, o que muitas vezes agrada o consumidor.

Por ser o maior componente do sabor, o aroma torna-se de vital importância na determinação da preferência do consumidor (ESCOUTO, 2000).



5.4.2 Cor

A cor e a aparência são atributos fundamentais, se não os mais importantes, para a qualidade dos alimentos. Isso se deve à capacidade humana de perceber com facilidade, esses fatores, os quais são os primeiros a serem avaliados pelos consumidores no momento da aquisição dos alimentos (SCHARTZ, ELBE, GIUST, 2010).

A Figura 6 mostra que a aceitabilidade da cor sofreu influência das farinhas desengorduradas de amêndoas de baru e de bocaiúva, portanto, existe uma interação entre essas duas farinhas. Apesar da interação, verificou-se que a aceitabilidade foi maior quanto maior foi a proporção de farinha desengordurada de baru utilizada na confecção dos pães.

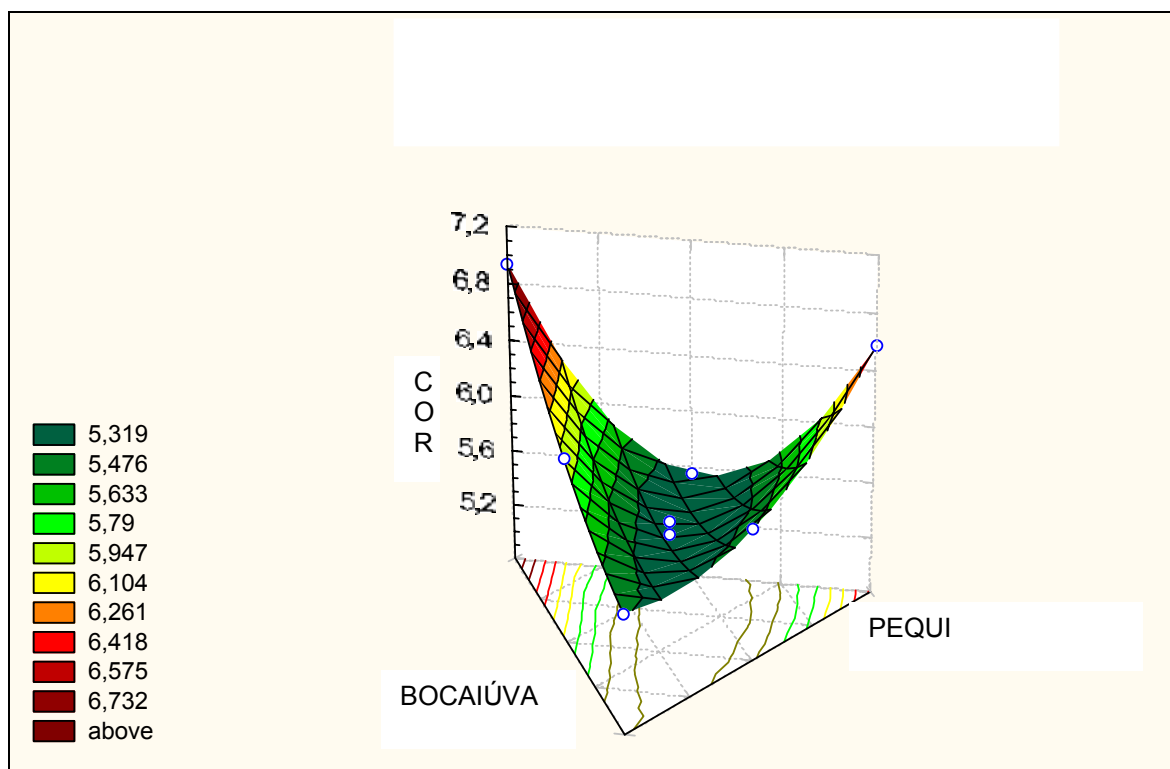


Figura 6 – Superfície de resposta ajustada para a variável cor. $R-sqr = 0,9974$ Modelo Cúbico Especial

No presente estudo, quando a quantidade de farinha desengordurada de bocaiúva foi maior, a cor apresentada pelo pão era mais escura, com aspecto de pão integral e foi onde se observou as médias mais baixas para este atributo, enquanto que à medida que a quantidade de farinha desengordurada de baru aumentou, o pão apresentou cor mais clara e teve uma melhor média.

Situação semelhante à encontrada neste estudo foi verificada em pesquisa realizada por ARAÚJO (2010) que elaborou pães com 0%, 25% e 50% farinha de inhame substituindo parcialmente a farinha de trigo. A cor foi um atributo que mais agradou aos provadores à medida que a quantidade de farinha de inhame aumentou (50%), demonstrando a influência desse elemento na preferência do consumidor.

O mesmo fato pode ser observado em estudo realizado por César *et al.*, (2006) que elaboraram um pão sem glúten tendo como resultado um pão de cor branca levemente homogênea que obteve 100% de aprovação por parte dos provadores.

De acordo com NABESHIMA *et al.*, (2005), os pães escuros têm sua aparência afetada e, conseqüentemente, podem ser rejeitados pelos consumidores.

5.4.3 Textura

A textura é um importante atributo físico dos alimentos, que além de dar satisfação ao consumidor, ajuda no exercício mastigatório (DUTCOSKY, 2011).

A Figura 7 mostra que a farinhas de baru e a de bocaiúva influenciaram mais a aceitabilidade da textura do que a farinha de pequi. Ficou evidente, porém que quanto maior a quantidade de baru melhor a aceitabilidade da textura, sugerindo assim que um aumento no percentual da farinha de baru possa gerar textura ainda mais agradável ao consumidor.

Resultado diferente em relação à textura foi obtido por Araújo (2010) em estudo com pães formulados com diferentes teores de farinha de inhame, onde à medida que a proporção da farinha de inhame aumentou (50%), a textura recebeu as menores notas.

Clerici e El-Dash em 2006, conseguiram nos pães textura que se aproximou à textura do pão de trigo utilizando farinha pré-gelatinizada de arroz a altas temperaturas ($>180^{\circ}\text{C}$) e baixa umidade ($<20\%$)

A dificuldade em se conseguir pães sem glúten com a mesma textura dos pães de trigo em pães sem glúten sugere a importância tecnológica dessa proteína que quando ausente desfavorece a formação de uma massa com consistência elástica, esponjosa e macia, tornando o produto com aspecto de consistência mais firme.

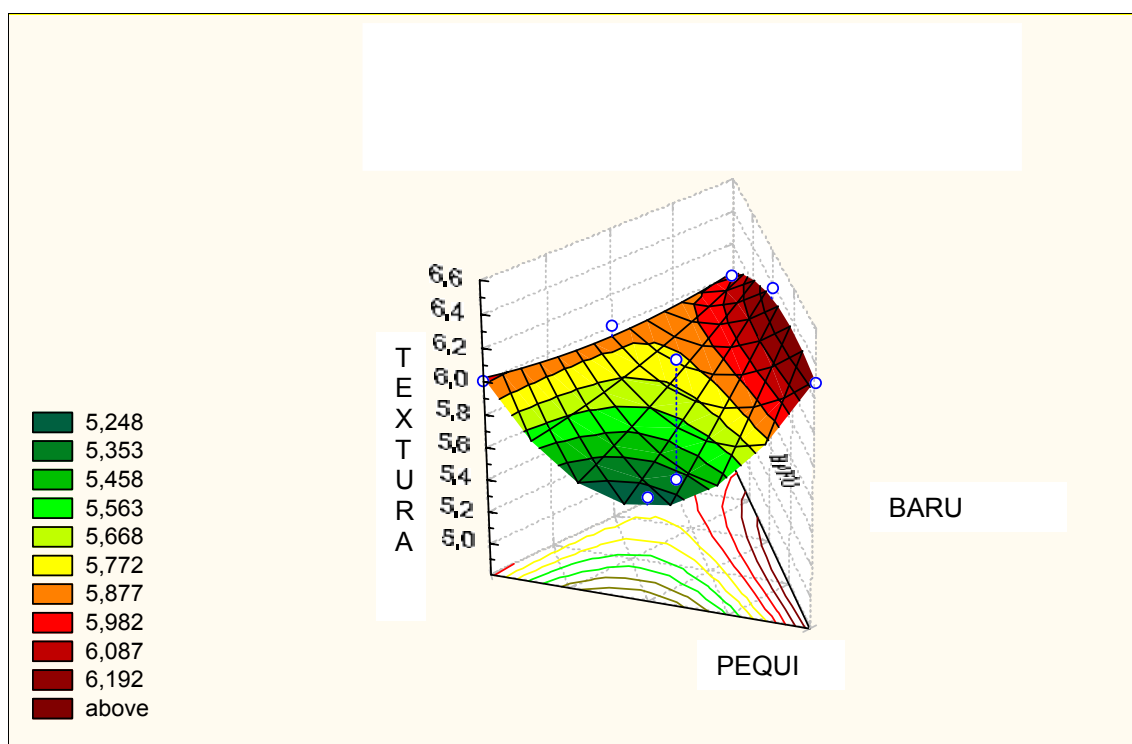


Figura 7 – Superfície de resposta ajustada para a variável textura. $R\text{-sqr} = 0,625$ Modelo Quadrático.

5.4.4 Sabor

A Figura 8 mostra que as farinhas de baru e a de bocaiúva influenciaram mais a aceitabilidade do sabor do que a farinha de pequi, sugerindo assim que um aumento no percentual da farinha de Baru possa gerar sabor mais agradável ao consumidor. Como o aroma da farinha de baru é mais suave do que o aroma das farinhas de bocaiúva e pequi existe a hipótese de que esse fator tenha influenciado na escolha dos provadores.

Segundo Dutcosky (2011), enquanto mastigamos um alimento seu aroma é liberado na boca passando às narinas pela nasofaringe até o epitélio olfatório. Este também pode ser chamado de olfato retronasal. O conjunto desse aroma referente às propriedades olfativas, somado às gustatórias e aos estímulos trigeminais e à temperatura, é chamado de sabor.

A utilização de farinhas sem glúten na substituição parcial da farinha de trigo, tem sido utilizada por diversos pesquisadores com resultados positivos como os obtidos por Bezerra *et al.*, (2006) quando elaborou pães com farinha de pinhão e observou uma maior aceitação do produto com relação ao sabor quando usou 25% da referida farinha. Substituindo também parcialmente a farinha de trigo por 25% farinha de casca e polpa de baru na fabricação de pão, Rocha & Santiago (2009) obtiveram bons resultados em relação ao sabor com média de $7,27 \pm 1,28$ em escala hedônica de 9 pontos.

O sabor também foi um atributo considerado satisfatório por César *et al.*, (2006) quando elaboraram pão sem glúten utilizando creme de arroz e polvilhos doce e azedo. O atributo sabor recebeu um valor de 12 pontos dentro de um número máximo de 15 pontos estabelecido pela ficha de avaliação.

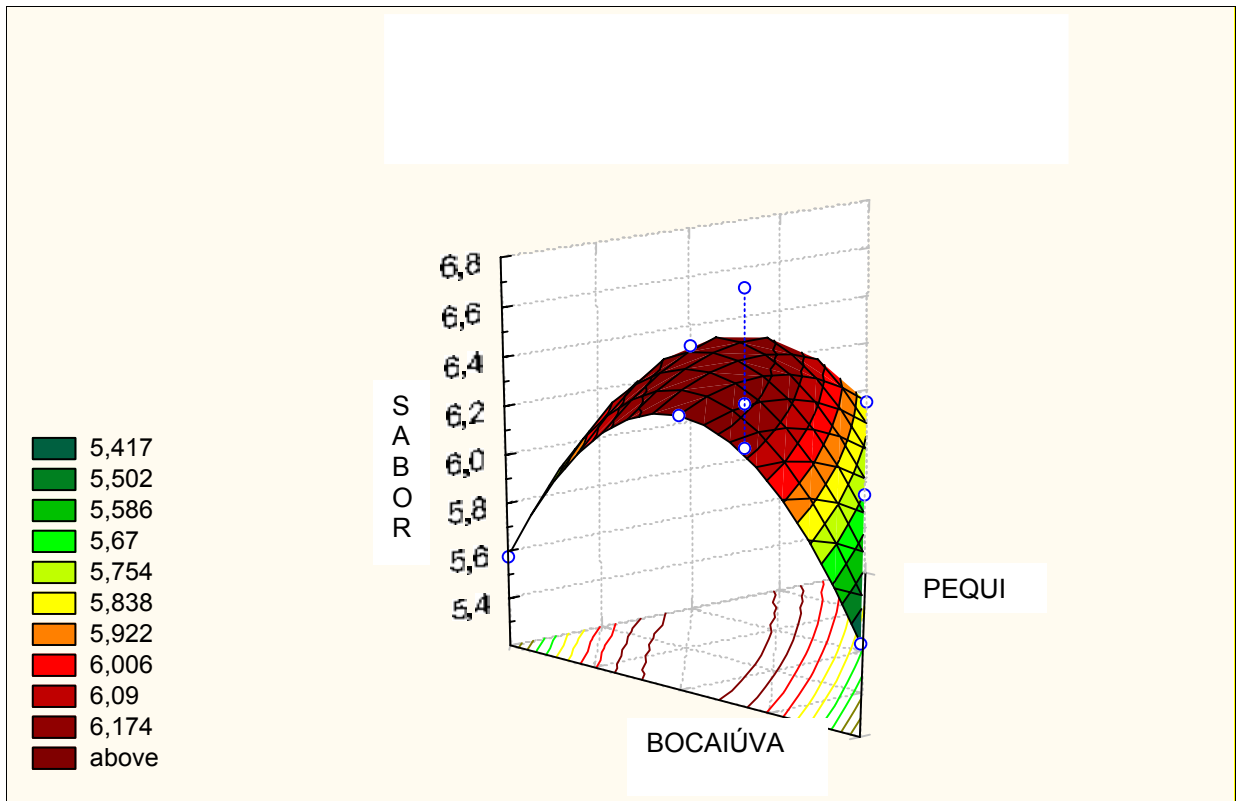


Figura 8 – Superfície de resposta ajustada para variável sabor. $R-sqr = 0,7929$ Modelo Quadrático.

5.4.5 Aceitabilidade geral

A Figura 9 mostra que as farinhas de baru e a de bocaiúva influenciaram mais a aceitabilidade geral do pão, mas que o melhor resultado foi obtido na região mais próxima da farinha de baru, sugerindo assim que um aumento no percentual da farinha de baru possa gerar um produto de melhor aceitabilidade.

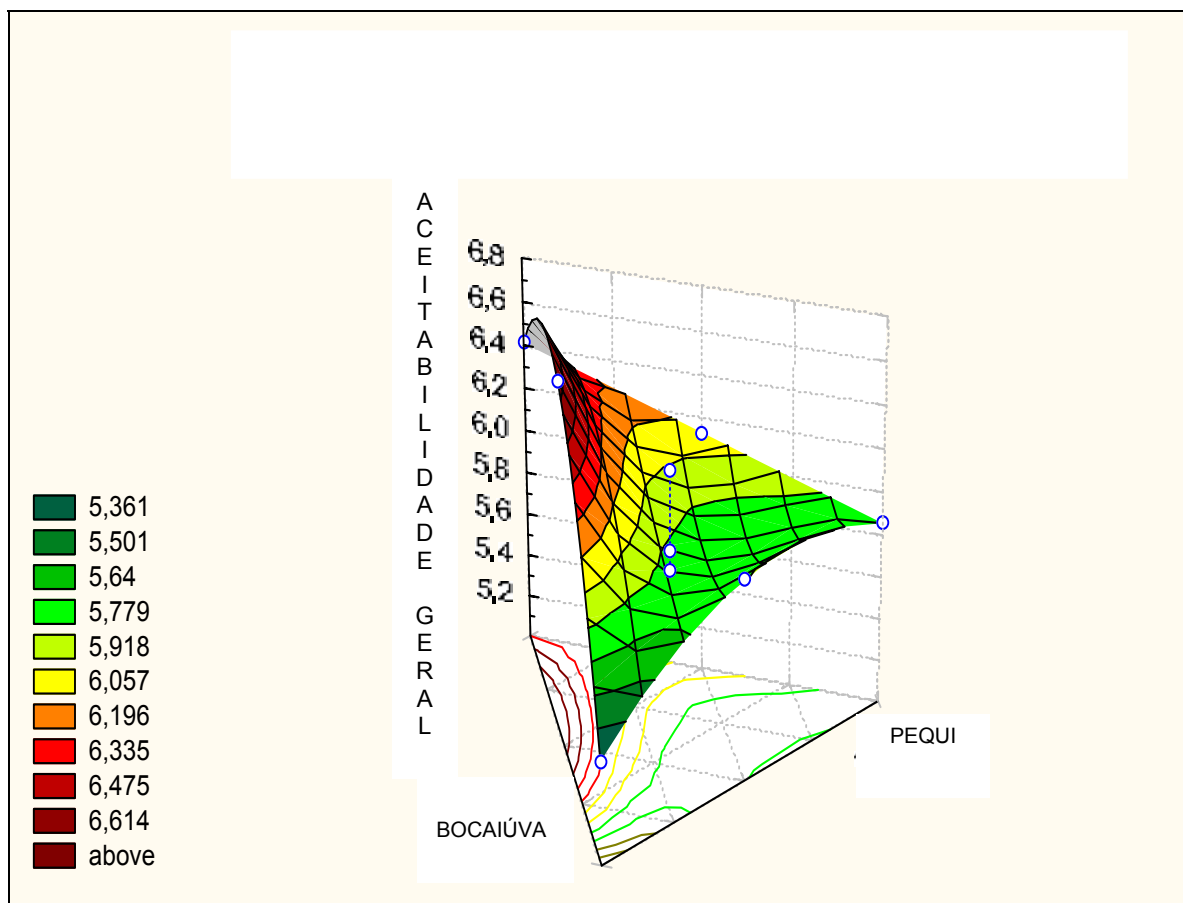


Figura 9 – Superfície de resposta ajustada para a variável aceitabilidade geral. $R-sqr = 0,8871$ Modelo Cubico Especial.

5.4.6 Atributos mais atraentes

Em relação ao atributo mais atraente dos pães, obteve-se como resultado: 34 % aroma, 26% sabor, 15% textura e 18,0% cor. Os atributos mais importantes como o aroma e o sabor, além do volume específico foram empregados para proceder a otimização.

5.5 Otimização

Após a otimização pelo método de Derringer & Suich (1980), observou-se que existe uma interação entre as três farinhas. Através da apresentação de um ponto ótimo, exposto na Figura 10 pode-se observar que para a região experimental estudada, a combinação de farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi que produz o melhor resultado encontra-se nas seguintes proporções: 62,19g ou 53%, 32,43g ou 23% e 22,86g ou 24%, respectivamente.

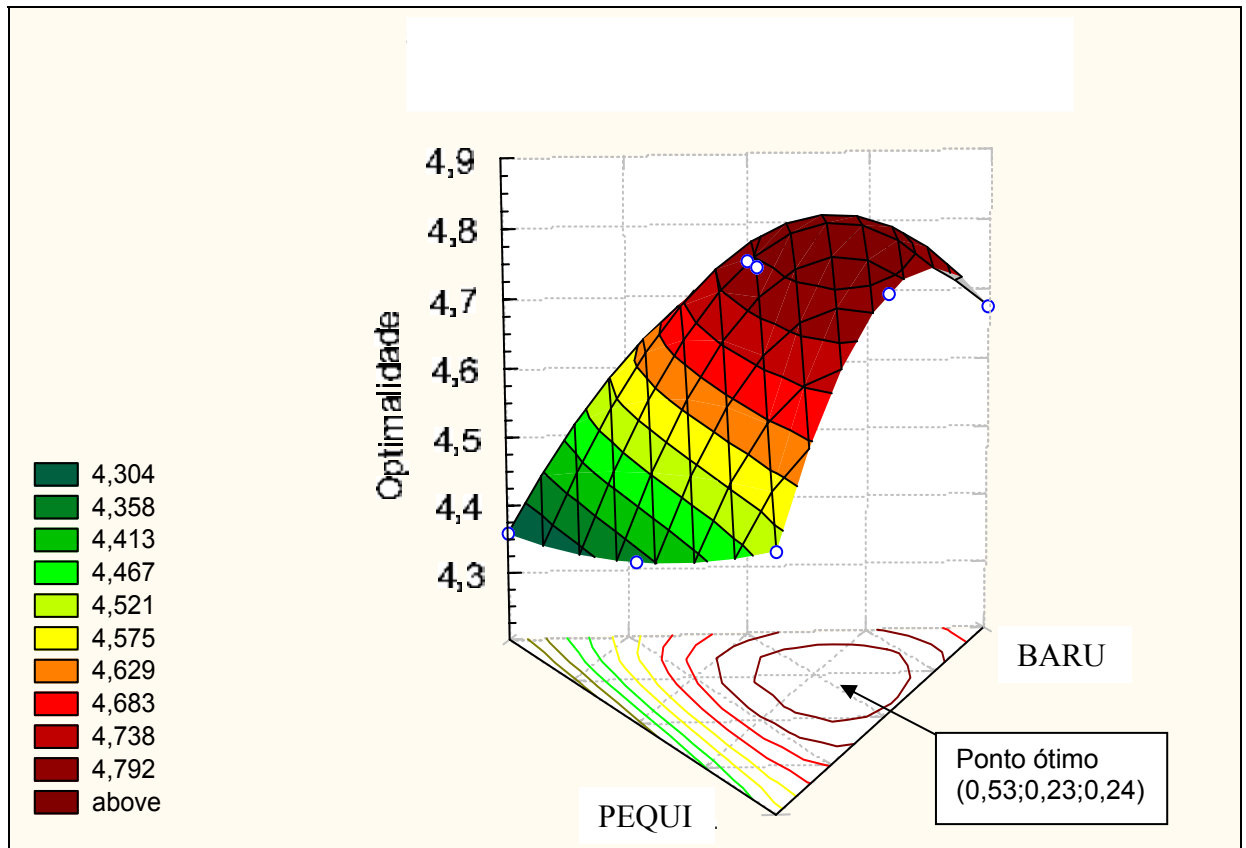


Figura 10 – Superfície de resposta ajustada para a optimalidade. Modelo Cúbico Especial.

6. CONCLUSÕES

Foi formulado um pão sem glúten utilizando farinhas desengorduradas de amêndoas de baru, bocaiúva e pequi.

Os resultados indicaram que a melhor formulação seria composta por polvilho doce 23,5%, farinha de arroz 31,67%, açúcar 0,44%, fermento 1,58%, sal 1,1%, ovo 14,57%, manteiga 4,43%, glucose 0,43%, carboximetilcelulose 0,56%, goma xantana 0,56% e emulsificante 1,58%.

O pão apresentou um percentual de proteína de 11,52% que é maior do que os pães convencionais.

A aceitação da textura é diretamente proporcional ao aumento do baru.

Uma proporção maior de farinha desengordurada de baru e pequi produziu um aumento da aceitabilidade da cor.

A farinha desengordurada de amêndoa de baru em maior proporção gerou uma maior aceitabilidade da textura, sabor e aceitabilidade geral do pão.

O aroma, o sabor e a cor foram os atributos mais atraentes nos pães sem glúten.

7. SUGESTÕES DE CONTINUIDADE PARA ESSA LINHA DE PESQUISA

- Estudo de novas fontes protéicas do cerrado.
- Estudo observando os aspectos quantitativos das farinhas formuladas.
- Estudo da associação das proteínas do ovo e do leite com as proteínas estudadas.
- Estudo de processos químicos de desnaturação protéica.
- Estudo da ação enzimática protéica.
- Trabalhar com isolados protéicos.
- Estudo de reagentes oxidantes que promovessem interação proteína-proteína (formação de rede).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aga. Institute Medical Position Statement on the Diagnosis and anagement of Celiac Disease. Gastroenterology. 2006;131(6):1977-80.

Almeida AC. In: Revista Panificação Brasileira. Publicado em 15 de dezembro de 2011. [acesso em 24 jul. 2012]. Disponível em www.panificacaobrasileira.com.br.

Almeida SP. Frutas nativas do cerrado: caracterização físicoquímica e fonte de nutrientes. In: Sano SM, Almeida SP. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina. DF: EMBRAPA-C PA. 1998; p.247-285.

Anjum F.M, Khan MR, Din A, Saeed M, Pasha I, Arshad AU. Wheat Gluten: High Molecular Weight Glutenin Subunits-Structaure, Genetics, and Relation to Dough Elasticity Journal of food science. v. 72, n. 3, 2007

Araújo AC. Elaboração de pão com farinha de inhame (*dioscorea sp.*) [Monografia] Caruaru. Faculdade do Vale do Ipojuca – Favip 2010.

Aristone F, Leme FM. Manual didático: como fazer farinha de bocaiúva: guia completo e livro de receitas. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Novembro de 2006. [acesso em 6 Jun 2012].

Associação Brasileira das Indústrias de Panificação e Confeitaria. Análise do mercado de pães, 2002. [acesso em 10 Jun 2011]. Disponível em <http://www.abip.org.br>.

Associação de Celíacos do Brasil. [acesso em 15 Nov 2009]. Disponível em <http://www.acelbra.org.br/>.

Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC. 14.ed., Washington; 1984.

Augusto ALP. Terapia nutricional. São Paulo: Atheneu, 2002.260P

Avidos MFD, Ferreira LT. Frutos do Cerrado: preservação gera muitos frutos. Reportagem da Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, p.36-41.

Batista V, Ramos CSS, Silva WF, Cardoso MR V, Carlos FG. Farinha de inhame (*Discorea sp.*): Uma alternativa para celíacos. I Jornada científica e VI FIPA do CEFET Bambuí/MG/2008.

Be Miller JN, Huber KC. In: Damodaran S, Parkin KL, Fennema Ordos. Química dos Alimentos de Fennema. 4ª ed. Porto Alegre: Artemed, 2010.

Belo RFC. Caracterização de genótipos de Pequizeiro (*caryocar brasiliense* camb.) pelo perfil cromatográfico de voláteis [Dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2009.

Bernard Dupaigne (1999) History of bread, Harry N. Abrams; Jerome Assire (1996) The book of bread, Flammarion.

Bernardin JE, Kasarda DD. The microstructure of wheat protein fibrils. *Cereal Chem*;v.50,p.736,1973.

Bezerra JRMV, Gonzáles SL, Kopf C, Rigo M, Bastos RG. Elaboração de pães com farinha de pinhão. *Revista de Ciências Exatas e Naturais*. 2006; 8(1).

Bobbio PA, Bobbio FO. Química do processamento de alimentos. 3ª ed. São Paulo: Varela; 2001.p. 95-9.

Borges EJ. Baru a castanha do cerrado. Monografia e especialista em gastronomia e segurança alimentar. Universidade de Brasília. Centro de excelência em turismo, Brasília DF; out 2004.

Borges JTS, Ascheri JLR, Ascheri DR, Nascimento RE, Freitas AS. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Wild) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. *Boletim CEPPA*, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, jul./dez. 2003.

Brasil. Portaria RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. Aprova regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do pão. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. [acesso em 3 Mar 2012]. Disponível em [http: www.anvisa.gov. br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm](http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm).

Caballero-Córdoba GM, Wang SH, Sgarbieri VC. Características nutricionais e sensoriais de sopa cremosa semi-instantânea à base de farinhas de trigo e soja desengordurada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 1994; 29:1137-43.

Canuto DSO, Silva AM, Moraes MA, Silva CLSP, Moraes MLT, Sá ME. Variabilidade genética de populações naturais de *Dipteryx alata* Vog. por meio de caracteres nutricionais em sementes. *Revista Instituto Florestal*, São Paulo, v.20, n.2, p.155-163, dez., 2008

Capriles VD. Otimização de propriedades nutricionais e sensoriais de produtos à base de amaranto enriquecidos com frutanos, para intervenção em celíacos. São Paulo; s.n; 2009. 174 p.

Capriles VD, Areas JAG. avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. B.CEPPA, Curitiba, v. 29, n. 1, jan./jun. 2011

Catassi F, Fasano A. Celiac disease diagnosis: simple rules are better than complicated algorithms. Am.J.Med. 2010 Aug;123(8):691-3.

Cereda MC, Vilpoux O. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas e amiláceas Latino Americanas. O amido com aplicação em produtos para alimentação saudável. Cargill. 2003; 3(10):3555-376.

César AS, Gomes JC, Staliano CD, Fanni ML, Borges MC. Elaboração de pão sem glúten. Revista Ceres 53(306):150-155,2006.

Clerici MTPS, El-Dash AA. Farinha extrusada de arroz como substituto de glúten na produção de arroz. Arquivos Latinoamericanos de Nutrição. 2006; 56(3):

Colombo A, Ribotta PD, León AE. Aplicación de electroforesis capilar para la caracterización de gliadinas de trigos argentinos. Agriscentia v.25 n.2 Córdoba jul./dez.2008.

Connon E In: Shils ME, Olson JA, Shike M, Ross AC. Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença. 9 ed. São Paulo. (71) vol.1 p1243 -47. 2003.

Cornell J A. (hp-1). Experiments with mixtures: designs, models and the analysis of mixture data. New York. Jwiley, 1981, 305p.

Costa TVM, Moura CMA, Soares Junior, MS. Qualidade tecnológica de massa alimentícia produzida a partir de farinhas de arroz (*Oryza Sativa L.*), e Linhaça (*Linum Usitatissimum L.*) Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás.

Cotrim WS. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 27 de junho de 2010. [acesso em 12 Jan 2011]. Disponível em <http://comidatecnologica.wordpress.com>.

Cruz KS. Isolamento, fracionamento e caracterização parcial das proteínas de amêndoas de Baru (*Dipteryx alata* Vog.). Dissertação de Mestrado. Araraquara 2010.

Damoradan S. In: Damodaran S, Parkin KL, Fennema Oros. Química dos Alimentos de Fennema. 4ª ed. Porto Alegre: Artemed, 2010.

Derringer G, Suich R. Simultaneous optimization of several response variables. *Journal of Quality Technology*. 1980; 2(4):214-19.

Dubé C, Rostom A, Sy R, Cranney A, Saloojee N, Garritty C, Sampson M, Zhang L, Yazdi F, Mamaladze V, Pan I, Macneil J, Mack D, Patel D, Moher D. The prevalence of celiac disease in average-risk and at-risk western european populations: a systematic review. *Gastroenterology*. 2005;128:s57-67. [[Links](#)]

Dutcosky, SD. Análise sensorial de alimentos. 3ª ed. Curitiba. p.37-8.2011.

Dupaigne B. The history of bread. Harry N. Abrams, Publishers, 1999.256p.

El-Dash AA. Molecular structure of glúten and viscoelastic properties of dough: a new concert In: BRAZILLIAN CONGRESS on PROTEINS,1,1990. Proceedings... Campinas: Editora da Unicamp, 1990.p. 513-530.

El-Dash AA, Camargo CO, Diaz NM. Fundamentos da tecnologia de panificação. Tecnologia agroindustrial. São Paulo. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. 1986. 347p.

Embrapa. IV Plano Diretor da Embrapa Cerrados 2008-2011-2023 / Embrapa Cerrados, Planaltina, DF 2008.

Embrapa Cerrados. Frutas nativas do cerrado brasileiro. Aproveitamento alimenta, 2002. [acesso em 22 Ago 2011]. Disponível em www.cpac.embrapa.br.

Embrapa Trigo. Trigo, 2012. [acesso em 20 Jul 2011]. Disponível em: [www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo /index.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm).

Escouto LFS. Elaboração de pré-mistura de massa para pão sem glúten a partir de derivados de mandioca [Tese]. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu; 2004.

Ettinger S. In: Mahan K, Stump SE. Krause alimentos, nutrição & dietoterapia. 10 ed. São Paulo. Roca,2002.

Fasano A, MD; Irene Berti, MD; Tania Gerarduzzi, MD; Tarcisio Not, MD; Richard B. Colletti, MD; Sandro Drago, MS; Yoram Elitsur, MD; Peter H. R. Green, MD; Stefano Guandalini, MD; Ivor D. Hill, MD; Michelle Pietzak, MD; Alessandro Ventura, MD; Mary Thorpe, MS; Debbie Kryszak, BS; Fabiola Fornaroli, MD; Steven S. Wasserman, PhD; Joseph A. Murray, MD; Karoly Horvath, MD, PhD. Prevalence of Celiac Disease in At-Risk and Not-At-Risk Groups in the United States: A Large Multicenter Study. *Arch Intern Med*.2003;163:286-92.Pubmed-Medline.

Fernandes AF, Pereira J, Germani R e Oiano-Neto J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum Lineu*).

Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 28(Supl.): 56-65, dez. 2008.

Fernandes MBS. Dieta com Castanha de Pequi (*Caryocar brasiliense camb.*) Associada aos Níveis Séricos de Estrógeno em Camundongos – III Fórum de gestão, pesquisa, ensino e extensão da Universidade Estadual de Montes Claros; 2009

Ferreira SMR. Controle da qualidade em sistemas de alimentação coletiva I. São Paulo: Livraria Varela; 2002.

Ferreira SMR, Luparelli PC, Schieferderg MEM, Vilela RM. Cookies sem glúten a partir de farinha de sorgo. Archivos Latinoamericanos de Nutricion. 2009; 59(4):440 -443

Finney KF, Jones BL, Shogren MD. In Colombo A, Ribotta PD, León AE. Aplicación de electroforesis capilar para la caracterización de gliadinas de trigos argentinos. Agriscentia v.25 n.2 Córdoba jul./dez.2008

Food ingredients Brazil. n.10, p. 22-9, 2009. www.revista-fi.com [acessada em 20 de agosto de 2011].

Francischi ML. Doença celíaca. Chocotec. 1998; 4(1):6.

Franco G. Tabela de composição química dos alimentos. 10 ed. Rio de Janeiro: Atheneu; 1999.

Freitas JB, Naves MMV. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. Revista de Nutrição. Vol. 23 nº 2, Campinas, Mar./Apr. 2010

Gambús H *et al.* The effect of use of guar gum with pwctin mixture in the gluten free bread. Versities, Eletronic Journal of Agricultural Universities, Food Science and Technology. 2001; 4(2). 110-20.

Gandolfi L, Pratesi R, Cordoba JC, Tauil PL, Gasparine M, Catassi C. Prevalence of celiac disease among blood donors in Brazil, Am J Gastroenterol. 2000 Mar;95(3) 689-92.

Glória MM, Regitano-d'Arce. Concentrado e isolado protéico de torta de castanha do Pará: obtenção e caracterização química e funcional. Ciênc. Tecnol. Aliment. v.20 n2. Campinas May/Aug. 2000.

Greenwood GT, Ewart JAD. Hypotesis for the structure of gluten in relation to reological properties of glúten and dough. Cereal Chem, v.52, p.146, 1975.

Guarienti EM. Cultivo de trigo: qualidade tecnológica. [Embrapa Trigo]; 2009. [acesso em 10 Jun 2011]. Disponível em <http://sistemadeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Trigo/zCultvodeTrigo/qualidade.htm>.

Guerreiro L. Dossiê técnico: panificação. REDETEC - Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro. Dez. 2006. [acesso em 24 Jul 2012]. Disponível em pt.scribd.com/doc/77296226/panificacao.

Guimarães RCA, Vianna AC, Machado AA, Favaro SP. Caracterização química da farinha desengordurada e obtenção do concentrado protéico de amêndoas de baru (*Dipteryx alata* Vog.)

Guyton AC. Funções Secretórias do Trato Alimentar. In: GUYTON, A. C. *Tratado de Fisiologia Médica*. 5ªed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1977. cap. 64 p. 763.

Guyton AC, Hall JE. *Tratado de Fisiologia Médica* - 12ª Ed. 2011 Elsevier Medicina Nacionais.

Hart MR, Graham MG, Morgan AI. Bread from sorghum and barley flours. J. Food. Sci. 1970; 3:661-65.

Hiane, P.A.; Ramos, M.I.L.; Ramos Filho, M.M.R.; Pereira, J.G. B.CEPPA, Curitiba, v. 24, n. 1, jan./jun. 2006 205. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos de alguns frutos nativos do Estado de Mato Grosso do Sul. B CEPPA, v.10, n.1, p. 35-42, 1992.

Hiane PA, Macedo MLR, Silva GM, Braga Neto JA. Avaliação nutricional da proteína de amêndoas de bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood., em ratos wistar em crescimento. B. CEPPA. 2006; 24(1):191-206.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Biomas do Brasil e Mapa da Vegetação do Brasil. IBAMA/NEA-RJ. 2004 www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa de orçamentos familiares, 2008-2009. Despesas, Rendimentos e Condições de Vida. Rio de Janeiro. 2010.

Jacob H. E. – “6000 anos de pão”. Antígona, Lisboa, (2003) pp.31-127.

Jong G. The formation of dough and bread structures. I the ability of starch to form structures and the improving effect of glyceril monoestearate. Cereal Chem. 1961; 30:140-52.

Junior MSS, Oliveira WM, Caliari M, Vera R. 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.

Kotze, LMS. Doença Celíaca. J. bras. gastroenterol., Rio de Janeiro, v.6, n.1, p.23-34, jan./mar. 2006

Kulp K, Hepburn FN, Lehmann TA. Preparation of bread without gluten. Braker's Digest. 1974; 48(3):34-7.

Lago, L. Encarte técnico. "A importância do pão do dia (tipo francês) para o segmento da panificação no Brasil". SEBRAE e ABIP. [acesso em 23 Jul 2012]. Disponível em www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/.../NT0004307E.pdf.

Lajolo FM. Grupo de trabalho: composição de alimentos. B.SBTCA: Campinas, v.29, n.1, p.57-69, jan/jan, 1995.

Leme LL. Ovos pasteurizados resfriados e desidratados e sua importância. In: Pizzinatto, A; Ormenese, R. de C.S.C. *Seminário pão de queijo*: ingredientes, formulação e processo. Campinas: Governo do Estado de São Paulo/Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Instituto de Tecnologia de Alimentos/Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate, 2000. p. 29-41. [[Links](#)]

Lewis, G., Schrire, B., Mackinder, B. & Lock, M. 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew. [[Links](#)]

Lima A, Silva AMO, Trindade RA, Torres RP, Mancini-Filho J. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb). Rev.Bras.Fruct.v.29 n.3Jaboticabal. 2007

Mahan LK, Escott-Stump, SK. Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. 10ª ed. São Paulo: Roca, 2002.

Maiuri L, Ciacci C, Ricciardelli I, Vacca L, Raia V, et al. Association between innate response to gliadin and activation of pathogenic T cells in coeliac disease. Lancet. 2003;362:30–37. [[PubMed](#)]

Mc Glouglin MN. In: Damodaran S, Parkin KL, Fennema O. Química dos alimentos de fennema. 4ª Ed. Porto Alegre: Artemed, (5) p. 841-2 2010.

Melo MLP, Maia GA, Silva APV, Oliveira GS, Figueiredo RW. Caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju (*anacardium occidentale* L.) Crua e tostada Ciência e Tecnologia de Alimentos. vol. 18 n. 2 Campinas May/July 1998

Melo SB, Fernandes MI, Peres LC, Troncon LE, Galvão LC. Prevalence and demographic characteristics of celiac disease among blood donors in Ribeirão Preto, state of São Paulo Brazil. Dig. Dis. Sci. 2006 may;51(5): 1020-5

Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. Alimentos regionais brasileiros/ Ministério da Saúde, Secretaria de Políticas de Saúde, Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. – 1. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

Mota JAC *et al.* Doença Celíaca. In: Penna FJ, Mota JAC. Doenças no aparelho digestivo na infância. Rio de Janeiro: Editora Médica Científica Ltda; 1994.

Nabeshima EH, Ormenese RCSC, Montenegro FM, Toda E, Sadahira MS. Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 25 (3):506-511,jul-set 2005.

Nabeshima EH. [acesso em: 02 Mar 2012]. Fonte: <http://idmed.uol.com.br/Nutrição/Alimentação/gluten-informacoes-basicas.html>; 2010.

Nunes AG, Faria APS, Steinmacher FR, Vieira JTC. Processos enzimáticos e biológicos na panificação. Universidade Federal de Santa Catarina; 2006.

Oliveira TM, Pirozi MR, Borges JTS. Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. Alimentação e nutrição. 2007; 18(2):141-150.

Oliveira MIB, Sigrist MR. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil.2008; Rev. bras. Bot. v.31 n.2 São Paulo abr./jun. 2008

Ornellas, L H. Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos. São Paulo: Ateneu, 2001. 142p.

Paraginski RT, Wally APS, Vanier NL, Ferreira CD, Elias, MC. Efeitos da substituição parcial de farinha de trigo por farinhas de arroz e soja sobre as propriedades químicas.

Park YK, Aguiar CL, Alencar SM, Mascarenhas HAA, Scamparini ARP. Conversão de malonil-b-glicosil isoflavonas em isoflavonas glicosadas presentes em alguns cultivares de soja brasileira Ciênc. Tecnol. Aliment. v. 22 n. 2 Campinas May/Aug. 2002

Penna FJ, Mota JAC. Doenças no Aparelho Digestivo na Infância. Rio de Janeiro: Editora Médica Científica LTDA (MEDSI), 1994.

Penna FJ, Mota JAC, Fagundes Neto U. Doença celíaca. In: Fagundes Neto U, Wheba J, Penna FJ. Gastroenterologia Pediátrica. 2ª ed. Rio de Janeiro: Medsi; 1991.p227-35 [Links]

Pérez ES. Epidemiologia de la enfermedad celíaca. *Pediatríka* 2003 23(4): 141-144.

Pereira J, Ciacco CF, Vilela ER, Pereira RGFA. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* vol.24 no.4 Campinas Oct./Dec. 2004

Pereira EPR, Amorim EOC, Ambiel HCI, Chang YK. Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês. *Brazilian Journal of food technology.* 2009; 12(3):161-171.

Philippi ST. Nutrição e técnica dietética. Barueri: Manole; 2003.

Pires CV et al. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos.* 2006; 26(1):179-187.

Pizzinato A. Qualidade de farinha de trigo: Conceito, Fatores Determinantes e Parâmetros de Avaliação e Controle. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1999.72p.

Pott A, Pott VJ. Plantas do pantanal. EMBRAPA; 1994. 320p.il.

Pylar EJ. Baking Science & Technology. 3ªed. Sosland Publishing Company, Kansas, 1988, v.1, c4. p.132-82.

Queji, Mary de F. D. et al. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. [acesso em 6 Jul 2010]. Disponível em www.uepg.br/prosp/publicatio/exa/2006_2/03.htm.

Ramos KMC. Variabilidade genética e uso dos frutos de pequi (*Caryocar coriaceum* WITTM.) na região meio-norte do Brasil. [Dissertação]. Teresina: Universidade Federal do Piauí; 2010.

Ramos M. O pão nosso de cada dia. Fundação Oswaldo Cruz. Publicada em: 22/05/2006

Rewers M. Epidemiology of celiac disease: what are the prevalence, incidence, and progression of celiac disease? *Gastroenterology.* 2005;128:s47-51. [[Links](#)]

Ribeiro EM, Gonçalves LM. *Aspectos Imunológicos da Doença Celíaca*. Disponível em: <http://www.unifesp.com.br>. Acesso em 22/05/2011.

Ribeiro RF. Pequi: o rei do cerrado. Belo Horizonte: Rede Cerrado, 2000. P.62.

Rodrigo L. Celiac disease. World J Gastroenterol. 2006;12:6585-93. [[Links](#)]

Rostom A, Murray JA, Kagnoff MF. American Gastroenterological Association (AGA). Institute Technical Review on the Diagnosis and Management of Celiac Disease. Gastroenterology.;131:1981-2006. [[Links](#)]

Salgado JM. Faça do alimento o seu medicamento. In: Salgado JM. Doença celíaca: o único remédio é o alimento. São Paulo. 7ª ed. Madras. cap.16, p.93-97, 2003.

Sano SM, Ribeiro JF, Brito MA de. Baru: biologia e uso. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 52p. (Embrapa Cerrados. Documentos.116).

Santos KCN. Estudo da qualidade nutricional de proteínas presentes nas amêndoas dos frutos de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2007.

Savelli RA, Pádua TS, Dobrzyck JH, Cal-Vidal J. Análises texturométricas e microestruturais de pães franceses contendo farinha de batata doce. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.30, n.3, p.395-400, março de 1995.

Schartz SJ, Elbe JH, Giust MM. Corantes. In: Química de Alimentos de Fennema. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2010; p. 445-498

Sipahi AM, Freitas IN, Lordello MLL, Damião AOMC. Como Diagnosticar e tratar Doença Celíaca no adulto. Disponível em: [http:// www.unifesp.com.br](http://www.unifesp.com.br). Acesso em 22/05/2010.

Sdepanian VL, Morais MB, Fagundes Neto U. Doença Celíaca. Revista Nutrição em Pauta. Nov/dez. 51, 2001.

Sdepanian VL, Morais MB, Fagundes Neto U. Doença Celíaca: Avaliação da obediência à dieta isenta de glúten e do conhecimento da doença pelos pacientes cadastrados na Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA). *Arquivo de Gastroenterologia* v. 38 n. 4. out/dez. São Paulo, 2001.

Sdepaniam VL. Doença celíaca. Revista Nutrição Saúde e Performance. Janeiro, 21, 2003.

Schamne C, Dutcosky SD, Demiate IM. Obtention and characterization of gluten-free baked products. Ciênc. Tecnol. Aliment. V.30.n3 Campinas jul/set.2010.

Shieh CJ, Akoh CC, Koehler PE. Optimizing low fat peanut spread containing sucrose polyester. Journal of Food Science. 1996; 61(6): 1227-9.

Shils ME, Olson JA, S hike M, Ross AC. Tratado de Nutrição Moderna Na Saúde e na Doença. 9ªed. São Paulo:Manole;2003.

Silva AK & Egito M. Rede de comercialização solidária de agricultores familiares e extrativistas do cerrado: um novo protagonismo social. *Agricultures* 2:14-16; 2005.

Silva APP, Melo BFN. [acesso em: 6 Jun 2012]. Disponível em: [www.fruticultura.iciaq.ufu.br/fruteiras%20do% Cerrado.html](http://www.fruticultura.iciaq.ufu.br/fruteiras%20do%20Cerrado.html).

Sollid LM, McAdam SN, Molberg O. et al. Genes and environment in celiac disease. *Acta Odontol Scand*. 2001;59:183- 186

Stork CR, Pereira JM, Pereira GW, Rodrigues AO, Gularte MA, Dias ARG. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase. *Brazilian Journal . Food Technology*, II SSA, janeiro 2009 a ; p.72-77.

Stork CR, Pereira JM, Arns BB, Benedetti L, Pereira MR, Dias Guerra, AR Propriedades texturométricas de pães formulados com farinha de trigo com diferentes graus de substituição por farinha de arroz, com adição de transglutaminase. XVIII CIC-Congresso de Iniciação Científica Universidade Federal de Pelotas, 2009b.

Taco. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4ª edição revisada e ampliada. Campinas – SP 2011

Tedrus GA, Ormenese RRSC, Speranza SM, Chang YK, Bustus FM. Estudo de adição de vital glúten à farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2001; 21(1):20 -5.

Teixeira Neto F. Nutrição Clínica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

Tiburcio DTS. Enriquecimento protéico de farinha de mandioca com farinha de soja de sabor melhorado: desenvolvimento e avaliação nutricional de um novo produto [Dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2000.

Vera R, Junior MSS, Naves RV, Souza ERB, Fernandes EP, Caliar M, Leandro WM. Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no Cerrado do Estado de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*. São Paulo. 2009;31(1) 112- 8.

Vicenzi R. Apostila de análises de alimentos. Química Industrial de Alimentos. UNIJUI. [acesso em 4 Mai 2012].

Wang SH, Oliveira MF, Costinha AOS, Ascheri JLR, Rosa AG. Farinhas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão para a massa de pizza. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2005; 40(4):389 -95.

Wang SH. Efeito da proporção canjiquinha: soja na solubilidade, dispersibilidade e propriedades emulsificantes de mingaus desidratados (1) Sin-Huei Wang(2), Geraldo Gonçalves Borges(2), Lair Chaves Cabral(3) e Flávia Batista Araujo(2) Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 36, n. 2, p. 357-362, fev. 2001

Ylimaki G . A survey of de management of the glúten-free diet and the use of glúten free yeast breads. Edmonton. Journal of Canadian Dietetic Association.v.50,n.1,p.26-30,1989.

ANEXOS

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convocado (a) a participar, como voluntário (a), da pesquisa “Utilização de farinhas de plantas do cerrado na produção de pães sem glúten”, no caso de você concordar em participar, favor assinar ao final do documento.

Sua participação não é obrigatória, e a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora ou instituição.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal e colaborador, podendo tirar dúvidas do projeto e de sua participação.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Prof(a) Dr(a) José Antônio Braga Neto

Endereço: Av. Senador Filinto Muller s/nº, Campo Grande, Ms

Telefone: 3045 7400

Comitê de Ética em Pesquisa /CEP UFMS (67) 3345 7187

OBJETIVO DESTA PESQUISA:

Utilizar matéria-prima regional na formulação de pão sem glúten e avaliar a qualidade sensorial do produto desenvolvido.

A Doença Celíaca (DC) é uma enteropatia mediada por linfócitos T, induzida pelo glúten em indivíduos geneticamente susceptíveis, que apresentam intolerância permanente ao glúten. Esta intolerância ao glúten é caracterizada por atrofia total ou parcial das microvilosidades do intestino, que por consequência provoca má absorção de nutrientes (SDEPANIAN, 2003). O tratamento para a Doença Celíaca visa excluir o glúten da dieta por toda a vida, retirando os cereais e seus derivados: trigo, cevada, centeio, malte e aveia. (MOTA et al, 1994)

Segundo Francischi (1998), o mercado brasileiro é carente de produtos que atendam às necessidades do público celíaco. De acordo com a ACELBRA entre os produtos mais desejados pelos celíacos está o pão, alimento rotineiramente presente na primeira refeição do dia. O desenvolvimento de pão sem farinha de trigo é um desafio tendo em vista que suas proteínas, a gliadina e a glutenina, forma uma rede de glúten que retém o gás carbônico liberado pela fermentação do glúten, principal responsável pelas características de maciez, estrutura, forma e sabor. (PHILIPPI, 2003 e ESCOUTO, 2004)

Você será convocado (a) em dias e horários pré-estipulados, para comparecer ao laboratório, ser instruído quanto ao teste que participará, para posteriormente experimentar produtos desenvolvidos, dando notas ao mesmo, conforme orientação do pesquisador.

Os riscos serão mínimos para execução desse projeto, pois se você é alérgico a um dos componentes do produto, não participará da pesquisa. O benefício que pode ser esperado com o presente projeto é desenvolver.

Será mantido sigilo das respostas que nos der, assegurando a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa, não sendo divulgados os nomes dos participantes.

Assinatura do pesquisador (a) responsável: _____

Eu, _____ declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informado (a) pelo pesquisador José Antônio Braga Neto dos procedimentos que serão utilizados, riscos e desconfortos, benefícios, custo, reembolso dos participantes, confidencialidade da pesquisa, concordando ainda em participar da pesquisa.

Foi-me garantido que posso retirar o consentimento a qualquer momento, sem qualquer penalidade. Declaro ainda que recebi uma cópia desse Termo de Consentimento.

Poderei consultar o pesquisador responsável (acima citado) sempre que entender necessário obter informações ou esclarecimentos sobre o projeto de pesquisa e minha participação do mesmo.

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados.

Campo Grande - MS ____ de _____ de 2011

NOME E ASSINATURA DO PARTICIPANTE

(Nome por extenso) (Assinatura)

ANEXO B – TESTE DE ACEITABILIDADE DO “PÃO SEM GLÚTEN”

NOME: _____ DATA: _____

Você vai avaliar amostras do “pão sem glúten”. Por favor, avalie cada atributo da amostra codificada, quanto a sua preferência. Assinale com um X o retângulo correspondente a uma nota para cada característica, de acordo com sua opinião, conforme as escalas abaixo:

AMOSTRA: _____

A. AROMA 1- ☐ Desgostei extremamente 2- ☐ Desgostei muito 3- ☐ Desgostei moderadamente 4- ☐ Desgostei ligeiramente 5- ☐ Nem gostei/nem gostei 6- ☐ Gostei ligeiramente 7- ☐ Gostei moderadamente 8- ☐ Gostei muito 9- ☐ Gostei muitíssimo	B. COR 1- ☐ Desgostei extremamente 2- ☐ Desgostei muito 3- ☐ Desgostei moderadamente 4- ☐ Desgostei ligeiramente 5- ☐ Nem gostei/nem gostei 6- ☐ Gostei ligeiramente 7- ☐ Gostei moderadamente 8- ☐ Gostei muito 9- ☐ Gostei muitíssimo	C. TEXTURA 1- ☐ Desgostei extremamente 2- ☐ Desgostei muito 3- ☐ Desgostei moderadamente 4- ☐ Desgostei ligeiramente 5- ☐ Nem gostei/nem gostei 6- ☐ Gostei ligeiramente 7- ☐ Gostei moderadamente 8- ☐ Gostei muito 9- ☐ Gostei muitíssimo
D. SABOR DO PÃO 1- ☐ Desgostei extremamente 2- ☐ Desgostei muito 3- ☐ Desgostei moderadamente 4- ☐ Desgostei ligeiramente 5- ☐ Nem gostei/nem gostei 6- ☐ Gostei ligeiramente 7- ☐ Gostei moderadamente 8- ☐ Gostei muito 9- ☐ Gostei muitíssimo	E. ACEITABILIDADE GERAL 1- ☐ Desgostei extremamente 2- ☐ Desgostei muito 3- ☐ Desgostei moderadamente 4- ☐ Desgostei ligeiramente 5- ☐ Nem gostei/nem gostei 6- ☐ Gostei ligeiramente 7- ☐ Gostei moderadamente 8- ☐ Gostei muito 9- ☐ Gostei muitíssimo	F. QUAL DOS ATRIBUTOS SENSORIAIS MAIS O ATRAIU 1- ☐ Aroma 2- ☐ Cor 3- ☐ Textura 4- ☐ Sabor do pão 5- ☐ Aceitabilidade geral

OBS: _____