

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia Agroindustrial



Dissertação

**Efeitos da parboilização do arroz sobre características  
nutricionais e tecnológicas de farinhas mistas ternárias  
com trigo e soja**

**Letícia Marques de Assis**

**Pelotas, 2009**

# **Livros Grátis**

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

Milhares de livros grátis para download.

Letícia Marques de Assis

Efeitos da parboilização do arroz sobre características  
nutricionais e tecnológicas de farinhas mistas ternárias com  
trigo e soja

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial.

Comitê de orientação

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Prof. Dr. Luiz Carlos Gutkoski

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Márcia Arocha Gularte

Pelotas, 2009

## Dados de catalogação na fonte:

( Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744 )

A848e Assis, Leticia Marques de

Efeitos da parboilização do arroz sobre características nutricionais e tecnológicas de farinhas mistas ternárias com trigo e soja.

- Pelotas, 2009.

77f. : il

Dissertação ( Mestrado ) –Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2009, Moacir Cardoso Elias, Orientador; co-orientadores Luiz Carlos Gutkoski e Márcia Arocha Gularte.

1.Farinha 2. Trigo 3 Arroz 4. Parboilização 5.Soja I Elias, Moacir Cardoso(orientador) II .Título.

CDD 664.72272

**Comissão examinadora**

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Prof. Dr. Álvaro Renato Guerra Dias

Prof. Dr. Paulo Romeu Gonçalves

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus, por colocar em meu caminho as oportunidades e me dar força para alcançar meus objetivos.

Á minha família, que sempre me deu força para seguir com meus estudos e nunca me abandonou nos momentos que mais precisei da minha vida. Agradeço a eles pela compreensão, apoio, dedicação, confiança e esforços que fizeram.

Ao meu noivo Tiago que sempre confiou em mim, me apoiou, me deu força e esteve do meu lado nos momentos de preocupações e tristezas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias pela amizade e orientação.

Á professora Marcia Arocha Gularte, muito importante na execução deste trabalho, que sempre dedicada me orientou e aconselhou nos momentos que precisei.

Ao professor Álvaro Renato Guerra Dias pela ajuda científica e conselhos importantes que foram essenciais para a execução deste trabalho.

Ao professor Luiz Carlos Gutkoski da UPF pela dedicação e ajuda com as análises.

Ao professor Christian Oliveira Reineh da UPF pela grande ajuda com as análises estatísticas.

Aos meus colegas do Laboratório de Grão que me ajudaram na execução das análises. Em especial as minhas amigas Elessandra pelo companheirismo, dedicação e palavras de incentivo sempre que precisei dela; Cátia que me ensinou muitas coisas importantes que levarei comigo; Franciela pelos momentos descontraídos que me ajudaram a superar momentos tristes; Ana Paula pela ajuda com o material didático e esclarecimento de dúvidas. As estagiárias e amigas Priscila que sempre disposta me apoiou e me ajudou com as análises; Shanise, Andressa e Gabriela que estavam sempre prontas a ajudar.

## DEDICATÓRIA

Á Deus

Á minha família

Ao meu noivo

Aos meus amigos

## RESUMO

ASSIS, Letícia Marques de. **Efeitos da parboilização do arroz sobre características nutricionais e tecnológicas de farinhas mistas ternárias com trigo e soja**. 2009. 79f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

Vários estudos têm sido realizados no sentido de substituir o trigo na elaboração de produtos de panificação, e considerando os aumentos de produção da soja e arroz no ano de 2009 no Brasil, a utilização desta mistura poderia oferecer alimentos alternativos de baixo custo e com excelente valor nutricional. Alimentos com valor nutricional estão cada vez mais sendo procurados pelos consumidores, com isso buscam-se outras fontes alimentícias que possam enriquecer os produtos. O arroz parboilizado polido pode ser uma alternativa, pois este apresenta maior teor de minerais, vitaminas, fibras e amido resistente comparado ao arroz branco polido. O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito da parboilização do arroz sobre as características nutricionais, bem como a influência das proporções de arroz parboilizado e branco polido, trigo e soja desengordurada nas propriedades tecnológicas de farinhas mistas ternárias. As farinhas foram avaliadas quanto à cinzas, proteína bruta, lipídios, amido disponível e umidade, como também amido resistente, fibra alimentar e ácido fólico no arroz branco e parboilizado polido. A farinha de trigo foi avaliada quanto as suas características de mistura (farinografia), de extensão (alveografia e consistografia) e de viscosidade (número de queda, viscoamilografia). Foram elaborados dois planejamentos de mistura, sendo um com farinha de arroz branco e outro com farinha de arroz parboilizado polido, de modo que a proporção de farinha de trigo e de soja se manteve igual nos dois planejamentos. As misturas foram avaliadas quanto ao índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) e capacidade de absorção de óleo (CAO). Os resultados mostram que a parboilização do arroz promove aumento dos teores de amido resistente, fibra alimentar e ácido fólico, bem como reduz os valores de viscosidade das farinhas. Em misturas ternárias de farinha de trigo, arroz branco polido e soja desengordurada, o trigo contribui para a elevação na capacidade de absorção de óleo. O uso de arroz parboilizado na elaboração de farinhas mistas com trigo e soja desengordurada propicia aumento do índice de absorção de água, redução da capacidade de absorção de óleo, sem alterar o índice de solubilidade em água. O aumento da proporção de farinha de soja resulta em elevação do índice de solubilidade em água tanto em misturas com farinha de arroz branco como em misturas com farinha de arroz parboilizado polido.

Palavras-Chave: farinha, arroz, trigo, soja, parboilização, mistura



## ABSTRACT

ASSIS, Letícia Marques de. **Efeitos da parboilização do arroz sobre características nutricionais e tecnológicas de farinhas mistas ternárias com trigo e soja**. 2009. 79f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

Several studies have been made to replace the wheat in the preparation of bakery products, and considering increases in the production of soybean and rice in the year 2009 in Brazil, the use of this mixture could provide alternative food for low cost and with excellent value nutrition. Foods with nutritional value are increasingly being demanded by consumers, with that look up other sources that could enrich food products. The parboiled polished rice can be an alternative, because it shows higher content of minerals, vitamins, fiber and resistant starch compared to the polished white rice. The purpose of the study was to evaluate the effect of parboiling rice on the nutritional characteristics and the influence of the proportions of parboiled and white polished rice, wheat and defatted soybean flour technological properties in ternary mixed. Flour were evaluated for ash, crude protein, fat, starch and moisture available, as well as resistant starch, dietary fiber and folic acid in parboiled and polished white rice. The wheat flour was evaluated as the characteristics of the mixture (farinograph) of extension (alveography and consistography) and viscosity (number of falls and viscosity). Two plans were prepared mixture, one with white rice flour and rice flour with other parboiled polished, so that the proportion of wheat flour and soybean remained equal in both plans. The mixtures were assessed for water absorption index (WAI), water solubility index (WSI) and oil absorption capacity. The results show that parboiled promotes increased levels of resistant starch, dietary fiber and folic acid, and reduces the values of viscosity of flour. In ternary mixtures of wheat flour, polished white rice and defatted soy, wheat contributes to the increase in oil absorption capacity. The use of rice in developing parboiled mixed with wheat flour and defatted soybean provides increase in the rate of water absorption, reduced oil absorption capacity without changing the rate of solubility in water. The increase in the proportion of soybean meal results in raising the rate of solubility in water both in mixtures with rice flour as in mixtures with white rice flour parboiled polished.

Keywords: flour, rice, wheat, soybean, parboiling, mixture

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura do grão de trigo.....	15
Figura 2. Farinograma indicando as principais leituras do gráfico.....	19
Figura 3. Farinograma de propriedade de massa fraca, média, forte e muito forte.....	19
Figura 4. Exemplo de alveograma com indicação das principais medidas.....	21
Figura 5. Exemplo de alveograma mostrando os parâmetros comumente avaliados.....	22
Figura 6. Fluxograma de obtenção da farinha de soja.....	29
Figura 7. Método para determinação de amido resistente <i>in vitro</i> e disponível....	37
Figura 8. Farinograma da farinha de trigo.....	49
Figura 9. Curvas viscoamilográficas das farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido.....	53
Figura 10. Granulometria das farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido e soja desengordurada.....	53
Figura 11. Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo ao índice de absorção de água (IAA) das misturas com farinha de arroz branco polido.....	58
Figura 12. Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo ao índice de absorção de água (IAA) das misturas com farinha de arroz parboilizado polido.....	58
Figura 13. Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo ao índice de solubilidade em água (ISA) das misturas com farinha de arroz branco polido.....	61
Figura 14. Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo ao índice de solubilidade em água (ISA) das misturas com farinha de arroz branco polido.....	61
Figura 15. Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo a capacidade de absorção de óleo (CAO) das misturas com farinha de arroz branco polido.....	64
Figura 16. Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo à capacidade de absorção de óleo (CAO) das misturas com farinha de arroz parboilizado polido.....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal do trigo, arroz branco e parboilizado polido e soja desengordurada.....	33
Tabela 2. Propriedades reológicas da farinha de trigo.....	34
Tabela 3. Delineamento composto de 9 tratamentos para misturas de farinha de trigo, farinha de soja e farinha de arroz branco polido.....	34
Tabela 4. Delineamento composto de 9 tratamentos para misturas de farinha de trigo, farinha de soja e farinha de arroz parboilizado polido.....	34
Tabela 5. Composição centesimal de farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido e soja desengordurada.....	43
Tabela 6. Composição química das misturas com farinha de arroz branco polido..	43
Tabela 7. Composição química das misturas com farinha de arroz parboilizado polido.....	44
Tabela 8. Efeito da parboilização do arroz sobre os teores de amido resistente, fibra alimentar e ácido fólico.....	46
Tabela 9. Propriedades reológicas da farinha de trigo utilizada na mistura.....	48
Tabela 10. Propriedades viscoamilográficas das farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido e soja.....	50
Tabela 11. Coeficientes e erro padrão obtidos do modelo quadrático para o índice de absorção de água (IAA) das misturas com farinha de arroz branco polido e arroz parboilizado polido.....	56
Tabela 12. Equações de regressão e coeficientes de correlação do índice de absorção de água (IAA) para as misturas com farinha de arroz branco polido e de arroz parboilizado polido.....	56
Tabela 13. Coeficientes e erro padrão obtidos do modelo quadrático para o índice de solubilidade de água (ISA) das misturas com farinha de arroz branco e parboilizado polido.....	59
Tabela 14. Equações de regressão e coeficientes de correlação do índice de solubilidade em água (ISA) para as misturas com farinha de arroz branco e parboilizado polido.....	59

Tabela 15. Coeficientes e erro padrão obtidos do modelo quadrático para a capacidade de absorção de óleo (CAO) das misturas com farinha de arroz branco e parboilizado polido.....	62
Tabela 16. Equações de regressão e coeficientes de correlação da capacidade de absorção de óleo (CAO) para as misturas com farinha de arroz branco e parboilizado polido.....	62

## Fórmulas e Equações

Fórmula 1. Intensidade de Polimento (IP).....	35
Fórmula 2. Amilose (%).....	36
Fórmula 3. Índice de absorção de água (IAA).....	40
Fórmula 4. Índice de solubilidade em água (ISA).....	41
Fórmula 5. Capacidade de absorção de óleo (CAO).....	41
Equação 1. Representação do ajuste do valor de resposta .....	42

## SUMÁRIO

1 Introdução .....	14
2 Revisão bibliográfica .....	15
2.1 Trigo .....	15
2.2 Arroz.....	22
2.3 Arroz parboilizado .....	24
2.3.1 Amido resistente.....	26
2.3.2 Fibra Alimentar .....	27
2.3.3 Ácido Fólico.....	27
2.4 Soja.....	28
2.5 Propriedades tecnológicas das misturas .....	30
2.5.1 Índice de absorção de água (IAA).....	30
2.5.2 Índice de solubilidade em água (ISA).....	30
2.5.3 Capacidade de absorção de óleo (CAO).....	30
3 Objetivos .....	32
3.1 Geral .....	32
3.2 Específicos.....	32
4 Material e métodos.....	33
4.1 Materiais.....	33
4.2 Métodos .....	33
4.3 Procedimentos e avaliações .....	35
4.3.1 Obtenção de farinha de arroz branco polido .....	35
4.3.2 Processo de parboilização .....	35
4.3.3 Determinação da composição química .....	35
4.3.4 Determinação de amilose.....	36
4.3.5 Amido resistente e amido disponível.....	36
4.3.6 Fibra alimentar .....	38
4.3.7 Ácido fólico .....	38
4.3.8 Propriedades reológicas.....	39
4.3.9 Atividade enzimática .....	39
4.3.10 Propriedades viscoamilográficas.....	39
4.3.11 Granulometria.....	39

4.3.12	Preparo das farinhas mistas.....	40
4.3.13	Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)....	40
4.3.14	Capacidade de Absorção de Óleo (CAO) .....	41
4.3.15	Análise estatística .....	41
5	Resultados e discussão .....	43
5.1	Composição centesimal .....	43
5.2	Efeito da parboilização do arroz sobre os teores de amido resistente, fibra alimentar e ácido fólico.....	46
5.3	Propriedades reológicas da farinha de trigo.....	48
5.4	Atividade enzimática .....	49
5.5	Propriedades viscoamilográficas.....	50
5.6	Granulometria.....	53
5.7	Planejamento de mistura.....	55
5.7.1	Índice de absorção de água (IAA).....	55
5.7.2	Índice de solubilidade em água (ISA).....	59
5.7.3	Capacidade de absorção de óleo (CAO).....	62
6	Conclusões .....	65
7	Referências .....	66
ANEXOS	.....	76

## 1 Introdução

As pessoas estão cada vez mais preocupadas com o valor nutricional dos alimentos que consomem, por isso as indústrias de alimentos buscam enriquecer seus produtos para atender aos consumidores e diversificar o mercado.

Apesar da diversidade de produtos existentes no mercado, alguns são considerados básicos da dieta e são rotineiramente consumidos, como é o caso do arroz. Este cereal é amplamente consumido pela população mundial, predominantemente, na forma de grãos brancos polidos, constituindo uma importante fonte de carboidratos.

As operações hidrotérmicas de parboilização proporcionam ao arroz aumentos de minerais, vitaminas, fibras e substâncias com ação semelhante a das fibras, como o amido resistente, que por não ser hidrolisado no trato gastrointestinal atua na manutenção da glicemia. A preferência e o consumo de arroz parboilizado polido estão em ascensão, principalmente por parte de pessoas que elegem consumir alimentos com propriedades funcionais.

Inúmeros estudos têm sido realizados no sentido de substituir o trigo na elaboração de produtos de panificação devido a restrições econômicas, exigências comerciais, novas tendências de consumo e hábitos alimentares específicos, no entanto, é sabido que a farinha de trigo deve prevalecer na mistura quando se quer garantir as propriedades viscoelásticas da massa. Neste cenário a farinha de arroz branco vem sendo explorada, pelo fato de apresentar sabor suave, ter coloração clara e poder ser consumida por pessoas alérgicas ao glúten.

Considerando-se os aumentos de produção da soja e arroz no ano de 2009 no Brasil, o desenvolvimento de um produto que tenha boa aceitabilidade à base desta mistura poderia oferecer, a todos os consumidores, alimentos alternativos de baixo custo e com excelente valor nutricional. A mistura em proporções adequadas de arroz e soja apresenta um efeito complementar mútuo no que diz respeito à qualidade de proteínas.

Diante do reconhecimento do valor nutricional do arroz parboilizado, em relação aos teores de vitaminas e fibras, principalmente, acredita-se na hipótese deste poder ser utilizado para enriquecimento de produtos de panificação. Assim, o objetivo na pesquisa foi avaliar o efeito da parboilização do arroz sobre as características nutricionais, bem como a influência das proporções de arroz



parboilizado e branco polido, trigo e soja desengordurada nas propriedades tecnológicas de farinhas mistas ternárias.

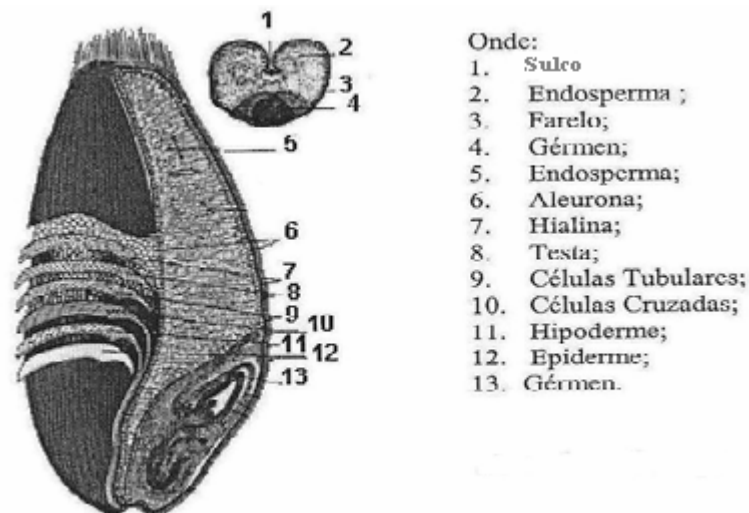
## 2 Revisão bibliográfica

### 2.1 Trigo

O grão de trigo é um dos cereais mais utilizados na indústria de alimentos. Estruturalmente o grão se divide em duas partes: o pericarpo e a semente.

O pericarpo consiste na parte mais externa, que recobre toda a semente, sendo composto por 6 camadas (epiderme, hipoderme, células finas, células intermediárias, células cruzadas e células tubulares). O pericarpo compreende 5% do peso do grão, e é formado por aproximadamente 6% de proteína, 2% de cinzas, 20% de celulose e 0,5% de lipídios, sendo o restante formado por pentosanas (HOSENEY, 1991).

A semente é formada pelo endosperma e pelo gérmen, que são recobertos por três camadas: testa (onde estão os pigmentos que dão cor ao grão), camada hialina e aleurona. O endosperma (82%) é composto basicamente de amido, e o gérmen, rico em enzimas, lipídios e vitaminas, é separado do endosperma pelo escutelo. A concentração de proteínas, vitaminas e minerais diminuem do exterior para o interior do endosperma (HOSENEY, 1991 & ANDRADE, 2006). A estrutura do grão de trigo está representada na Figura 1.



**Figura 1.** Estrutura do grão de trigo

Fonte HOSENEY, 1994

Dentre as farinhas dos diferentes cereais, apenas as do trigo e do triticale têm a habilidade de formar uma massa viscoelástica que retém o gás produzido durante a fermentação (TREDUS et al. 2001). As proteínas formadoras do glúten (gliadina e glutenina), o amido, os lipídios e outros compostos hidrossolúveis são essenciais para garantir o potencial de panificação, dependendo do teor e da qualidade destas na farinha (AQUARONE et al. 2001).

A relação entre as gliadinas e gluteninas do trigo é de 2:3. As frações de proteínas em sua forma hidratada têm efeitos reológicos na massa de panificação. As gliadinas são responsáveis pela viscosidade e as gluteninas pela elasticidade (ANDRADE, 2006). São proteínas insolúveis que formam a rede protéica denominada glúten. As proteínas do glúten formam uma rede contínua dentro da estrutura da massa, durante a mistura de farinha de trigo e água, sendo assim, as propriedades do glúten em particular têm um impacto sobre o produto final (SASAK, YASUI & KOHYAMA, 2008).

Para designar a maior ou menor capacidade de uma farinha de sofrer um tratamento mecânico ao ser misturada com a água, utiliza-se a expressão “força de uma farinha”. Também é associada à maior ou à menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico, resultando em um bom produto final de panificação (GUARIENTI, 1996). As farinhas fortes de trigo podem ser substituídas em parte por outras fontes farináceas, sem afetar a qualidade do produto final e sem precisar fazer grandes modificações, com o objetivo de enriquecer nutricionalmente o produto final.

As proteínas juntamente com o amido são os principais componentes da farinha de trigo e suas propriedades desempenham um papel importante na determinação da qualidade da farinha (SASAK, YASUI & KOHYAMA, 2008).

O amido, polissacarídeo que consiste de resíduos de  $\alpha$ -D-glicose apenas, e como tal pode ser considerado uma homoglucana (ou homopolissacarídeo). É a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana, representando 80 a 90% de todos os polissacarídeos da dieta, sendo o principal responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados (DENARDIN, 2008).

O amido é composto basicamente por dois tipos de macromoléculas: amilose e amilopectina. A amilose é um polímero linear de resíduos de D-glicose,

unidos por ligações  $\alpha$  1,4. As ligações de hidrogênio da amilose são responsáveis pela adsorção de água e a formação de géis. A amilopectina é um polímero ramificado da D-glicose, com ligações do tipo  $\alpha$  1,4, e nas ramificações do tipo  $\alpha$  1,6 (ANDRADE, 2006 & CEREDA, 2003). No grânulo de amido, a proporção entre estas macromoléculas é variável com a fonte botânica, o que irá conferir características específicas à pasta de amido.

O aquecimento de suspensões de amido em excesso de água (>60%) causa uma transformação irreversível denominada gelatinização. O inchamento dos grânulos e a concomitante solubilização da amilose e da amilopectina induzem à gradual perda da integridade granular com a geração de uma pasta viscosa (FRANCO, 2002). Com a diminuição da temperatura (refrigeração ou congelamento, principalmente), as cadeias de amido tendem a interagir mais fortemente entre si, obrigando a água a sair e determinando, assim, a sinérese. A recristalização ou retrogradação ocorre quando, após uma solubilização durante o processo de gelatinização, as cadeias de amilose, mais rapidamente que as de amilopectina, agregam-se formando duplas hélices cristalinas estabilizadas por pontes de hidrogênio (ANDRADE, 2006). A retrogradação exerce importante influência na textura, na digestibilidade e na aceitabilidade do consumidor em produtos baseados em amido.

Os lipídios no trigo variam de 2 a 3,5%, em maior ou menor grau na farinha dependendo do grau de extração. Os lipídios participam na formação da massa de pão, através das interações entre o amido e as proteínas, e ainda das proteínas entre si, gliadina e glutenina (HOSENEY, 1994).

Qualidade de farinha de trigo pode ser definida como capacidade de produzir uniformemente um produto final atrativo, a um custo competitivo. Cada tipo de produto requer farinha com características tecnológicas específicas para a sua elaboração, por isso é necessária a caracterização da farinha de trigo, para então, direcioná-la a um produto, ou até mesmo avaliar os limites em misturas com outras fontes farináceas. Inúmeros estudos têm sido realizados na busca da substituição do trigo na elaboração de produtos de panificação devido a restrições econômicas, exigências comerciais, novas tendências de consumo e hábitos alimentares específicos (GERMANI, 2003).

Várias farinhas podem ser misturadas à farinha de trigo para uso em produtos de panificação, denominando-se tal mistura de farinha mista ou composta (EL-DASH, CABRAL & GERMANI, 2003).

As farinhas ditas não panificáveis não formam a rede do glúten, e os produtos elaborados com estas não apresentam qualidade idêntica aos elaborados com glúten. Para o aproveitamento de outras fontes farináceas, portanto, é necessário que a farinha de trigo predomine na mistura.

Dentre os parâmetros que se deve verificar a fim de determinar a qualidade da farinha de trigo estão o teste de panificação, a reologia da farinha, a avaliação sensorial e a análise química (CALAVERAS, 1996). As propriedades reológicas da farinha de trigo são essenciais para o sucesso na fabricação de produtos de panificação, porque elas determinam o comportamento da farinha durante a manipulação mecânica, afetando assim, a qualidade dos produtos acabados (AGYAREA et al. 2004; NEITZEL, 2006; QUEJI, SCHEMIN & TRINDADE, 2006).

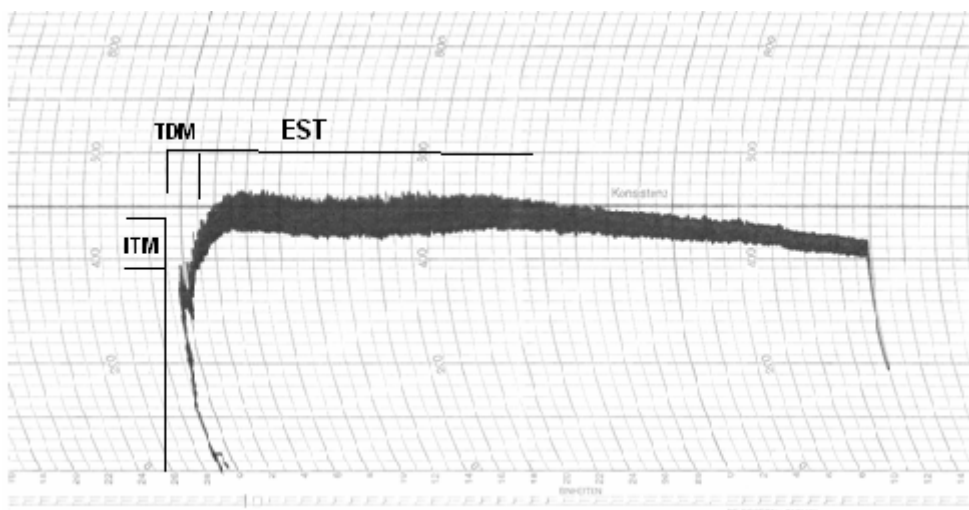
Segundo Neitzel (2006), entre as determinações disponíveis para avaliar as propriedades da massa e definir o uso final da farinha de trigo na panificação constam as características de mistura (farinografia e mixografia), de extensão (extensografia, alveografia e consistografia), de viscosidade (número de queda, viscoamilografia) e de produção ou retenção de gás (reofermentometria e maturografia).

Dentre as características de mistura está a farinografia, que mede a resistência da massa mediante uma ação mecânica (QUAGLIA, 1991). Por meio de um processo de mistura relativamente suave e prolongado, a massa é formada, e é desenvolvida até atingir a consistência máxima para, finalmente, ser sobremisturada (mistura além do ponto ótimo ou pico de consistência). Portanto, a resistência à mistura é crescente no início do processo, atingindo um máximo e passando a ser decrescente no estágio final (HOSENEY, 1994).

Tradicionalmente, a farinografia tem sido utilizada para medição de importantes propriedades físicas da farinha. Dentre as mais importantes estão a absorção de água (indica a qualidade da farinha refletida pela capacidade de intumescimento do glúten) (MANN & DIFFEY, 2008); o teor de amido danificado (quanto maior a danificação do amido, maior é a absorção de água) (GUTKOSKI. et al. 2007); o tempo de desenvolvimento da massa (relacionado com o tempo de

amasse praticado na padaria); e a estabilidade da massa (reflete a resistência da massa ao trabalho mecânico e ao crescimento).

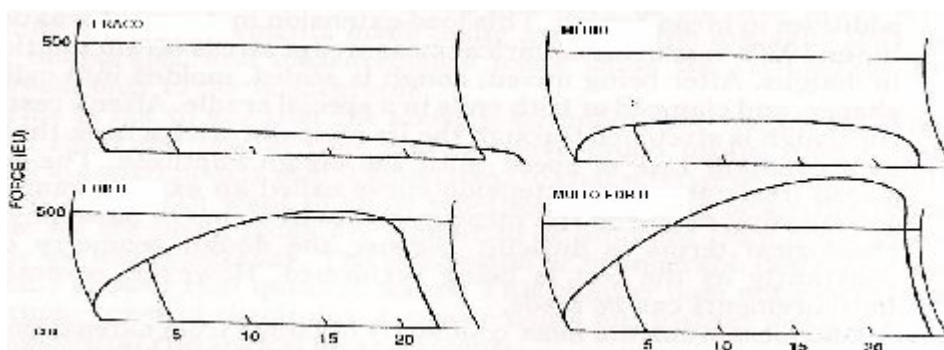
Uma das medidas mais importantes no farinógrafo é a absorção de água da farinha. Não se pode, no entanto, concluir que é um fator predominante, mas permite deduções sobre a utilização desta, sendo que as grandes panificadoras exigem este parâmetro para os moínhos de farinha (CALAVERAS, 1996). A absorção de água de uma amostra, obtida pela farinografia, é um indicativo de absorção de água para a fabricação de pão (GUARIENTE, 1996). Um exemplo de farinograma está apresentado na Figura 2.



ITM = índice de tolerância a mistura; TDM = tempo de desenvolvimento da massa;  
EST = estabilidade

**Figura 2.** Farinograma indicando as principais leituras do gráfico

Hoseney (1994) classifica a força da farinha de acordo com seu farinograma. As curvas podem ser observadas na Figura 3.



**Figura 3.** Farinograma de propriedade de massa fraca, média, forte e muito forte  
Fonte: Hoseney (1994).

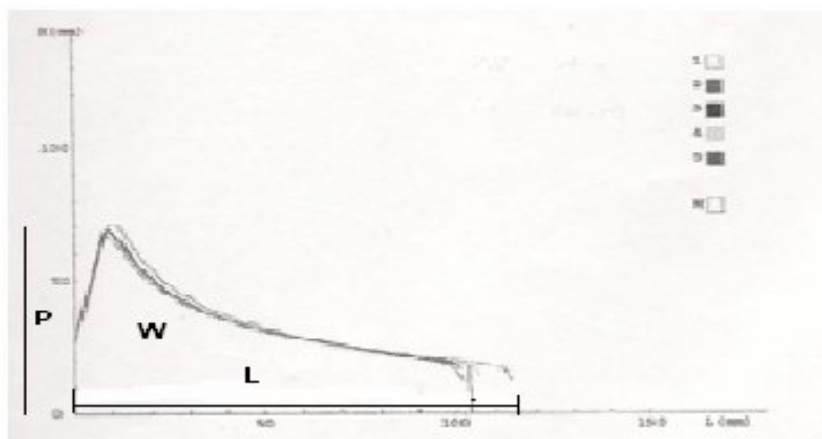
A consistografia consiste na determinação da quantidade de água que deve ser adicionada à massa para que ela alcance uma pressão desejada de 2200 milibares. Para isso, o equipamento registra a pressão que a massa exerce ao entrar em contato com o sensor. A absorção ideal da farinha de trigo é determinada quando essa pressão é atingida (QUIRCE et al. 2002).

O alveógrafo é um equipamento muito utilizado e cada vez mais tem sido adotado por profissionais de indústrias, devido ao máximo de informações que fornece sobre a qualidade da farinha (GRANDVOINET, PRATX, 1996 & CARAVELAS, 1996).

Neste teste, é preparada uma massa com farinha de trigo e solução de cloreto de sódio, considerando a absorção padrão de água de 56% e tendo todo o procedimento de mistura e preparo de massa padronizado. Com a massa é feito um pequeno disco de circunferência e espessura uniformes e, posteriormente, é inflada, sob pressão constante, uma quantidade de ar suficiente para a formação de uma bolha de massa até a sua extensão total e conseqüente ruptura (GUARIENTI, 1996). Os parâmetros importantes registrados na curva (alveograma) são o valor P, que expressa a tenacidade, ou resistência elástica, da massa; o valor L que expressa a extensibilidade; a relação P/L que representa a relação de equilíbrio da curva entre tenacidade e extensibilidade; e o valor W que representa a força geral do glúten (GRANDVOINET & PRATX, 1996).

A expressão força de glúten normalmente é utilizada para designar a maior ou menor capacidade de uma farinha sofrer um tratamento mecânico ao ser misturada com água. Também é associada à maior ou menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, que combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico resultam em um pão de volume aceitável, textura interna sedosa e de granulometria aberta (DOBRASZCZYK; MORGENSTERN, 2003). A estabilidade, determinada em farinógrafo, normalmente se correlaciona com a força geral do glúten (W) (GUTKOSKI et al. 2008).

Os valores de P, L, P/L e W permitem definir as características das farinhas adequadas para os diferentes usos. Um exemplo de alveograma está apresentado na Figura 4.



**Figura 4.** Exemplo de alveograma com indicação das principais medidas.

Dentre as características de viscosidade está o número de queda ou *Falling Number*, um teste baseado na gelatinização rápida de uma suspensão aquosa de farinha (CALAVERAS, 1996). Tem como princípio a determinação indireta da atividade enzimática pela  $\alpha$ -amilase, sendo esta enzima específica dos trigos germinados. A atividade da enzima  $\alpha$ -amilase inicia com a geleificação do amido (55-65°C) e finaliza após sua desnaturação, próxima a 80°C (CARVALHO, 1999).

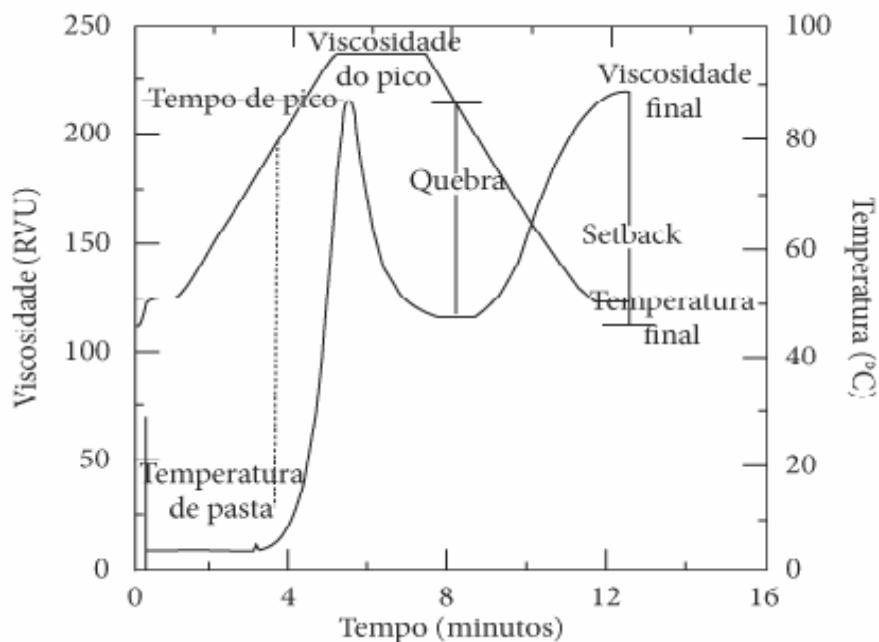
A  $\alpha$ -amilase, juntamente com a  $\beta$ -amilase é capaz de catalizar a degradação (hidrólise) do amido em um açúcar denominado maltose, suficiente para sustentar uma fermentação ativa e produzir, por exemplo, pães de bom volume e crosta dourada. Por outro lado, a baixa atividade da enzima  $\alpha$ -amilase afeta negativamente a panificação resultando em produto final com textura interna seca e quebradiça (NEITZEL, 2006). Segundo Caravelas (1996), o nível ideal desta atividade nas farinhas de panificação é entre 260 e 300 segundos.

O *Falling Number* é muito usado pela indústria moageira para definir as mesclas de trigo (ou farinha) a serem empregadas, de modo que sejam obtidas farinhas com níveis adequados de atividade de  $\alpha$ -amilase (CALAVERAS, 1996).

Vários tipos de análises são usados para avaliação das propriedades de pasta de amidos, como o viscoamilógrafo (*“Rapid Visco Analyser”* - RVA) e a calorimetria diferencial de varredura (DSC).

O perfil viscoamilográfico (ou propriedades de pasta) demonstra o comportamento do material farináceo mediante variações de temperatura e trabalho mecânico. Na fase inicial de aquecimento é registrado um aumento de viscosidade, em que os grânulos começam a intumescer e moléculas de baixo peso molecular e amilose começam a ser lixiviadas do grânulo de amido. Após o pico de viscosidade

ocorre uma queda na viscosidade pelo rompimento e pela solubilização de parte dos grânulos, devido ao aquecimento e à agitação mecânica. No resfriamento, os polímeros começam a se reassociar e novamente aumenta a viscosidade, representando a tendência à retrogradação (CHUNG, LIU & HOOVER, 2009). Um exemplo de viscoamilograma está apresentado na Figura 5.



**Figura 5.** Exemplo de viscoamilograma mostrando os parâmetros comumente avaliados.

Fonte: Newport Scientific (1998).

## 2.2 Arroz

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2009) a produção de arroz na safra 2008/2009 foi de 12,35 milhões de toneladas, sendo no Rio Grande do Sul a produção mais expressiva.

O arroz é um dos mais importantes cereais cultivados em todo o mundo (DEEPA, SINGH & NAIDU, 2008), constituindo um alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas, e ao menos para a metade dessa mesma população constitui-se na principal fonte de energia da dieta, devido ao fato de ser composto basicamente de carboidratos, representado pela fração amido (HU et al. 2004).

A taxa e a extensão da digestão do amido podem ser influenciadas por diferentes fatores, destacando-se a variação na proporção amilose:amilopectina, o



processamento dos grãos (principalmente devido à parboilização), as propriedades físico-químicas (particularmente as características de gelatinização), o tamanho de partícula e a presença de complexos amilose-lipídio (Hu et al. 2004).

O arroz é uma excelente fonte de energia, devido à alta concentração de amido, mas possui também vitaminas do complexo B, como a tiamina, riboflavina e niacina. Na fração lipídica destacam-se o orizanol e o tocotrienol (KENNEDY et al. 2002; HEINEMANN, BEHRENS & LANFER-MARQUEZ 2006). Os principais ácidos graxos no arroz são os ácidos palmítico (16:0), oléico (18:1) e linoléico (18:2), correspondendo a aproximadamente 95% dos ácidos graxos presentes nos lipídios totais. Portanto, o arroz contém proporção significativa de ácidos graxos insaturados, que possuem papel importante em vários processos fisiológicos e que, por não serem sintetizados pelo organismo humano, devem ser supridos pela alimentação.

O grão de arroz, antes de estar na forma adequada para ser adquirido pelo consumidor, passa por processos de beneficiamento. As três principais formas que o arroz beneficiado é consumido, em ordem de importância, são branco, parboilizado e integral (FREITAS, SILVA & GULARTE, 2009). O arroz branco "in natura", que passa por um processo padrão de beneficiamento para a retirada da casca e polimento (brunido), ainda é o principal produto consumido pela população. O arroz integral é o menos consumido pela população brasileira, devido ao alto preço relativo, à reduzida vida-de-prateleira e ao sabor diferenciado, apesar de ser mais rico em nutrientes. O processo de obtenção deste produto é o mais simples e consiste apenas na retirada da casca.

Quando o arroz é submetido ao beneficiamento industrial, uma parcela de grãos quebra, gerando três frações: os quebrados grandes ou canjicões, os quebrados médios ou canjicas, e os quebrados pequenos ou quireras. O beneficiamento convencional de industrialização de arroz branco polido, que representa cerca de 70% da produção e do consumo nacional, é o método que apresenta maior percentual de grãos quebrados durante o processamento (CARDOSO, 2003; ELIAS & FRANCO, 2006).

Para o aproveitamento dos grãos quebrados, uma solução seria a produção de farinha de arroz, aumentando o valor agregado desta matéria-prima considerada subproduto do beneficiamento, uma vez que os grãos quebrados têm menor valor comercial.

Muitos países já utilizam o arroz na forma de farinha para elaborar produtos de panificação devido a algumas de suas propriedades únicas, como o fato de ser hipoalergênica e ter sabor suave. Além disso, comparado a outros cereais, o arroz tem um maior conteúdo de lisina e suas glutelinas têm um perfil de aminoácidos mais balanceado do que a prolamina do trigo, que é deficiente em lisina e triptofano. Contudo, as proteínas do arroz não formam a rede necessária para reter o gás produzido na fermentação durante a panificação (DENARDIN, 2005; GUJRAL, ROSELL, 2004 & SIVARAMAKRISHNAN, SENGE, CHATTOPADHYAY, 2004).

### **2.3 Arroz parboilizado**

O processo de parboilização de arroz começou a ser empregado a dezenas de anos em povoados da Ásia e África, sendo a sua descoberta provavelmente ao acaso, quando grãos foram acidentalmente encharcados com água e, na tentativa de reaproveitá-los, secos ao sol. O procedimento passou a ser repetido de forma intencional, depois de observado que facilitava o descascamento no pilão. Porém, no início do século XX, o químico inglês Eric Huzenlaub, ao percorrer tribos da Índia e África, cuja alimentação básica era o arroz, descobriu que as tribos que parboilizavam o arroz não apresentavam incidência da doença beribéri causada por insuficiência da vitamina B1 (BHATTACHARYA, 1985).

Atualmente, mesmo sem dados estatísticos oficiais sobre industrialização, nem no Brasil nem no Exterior, estima-se o processamento do arroz parboilizado em torno de 25% dos 13,3 milhões de toneladas produzidas no Brasil, o que corresponde a 3,3 milhões de toneladas no País e 152 milhões de toneladas no mundo inteiro (AMATO & ELIAS, 2005).

O consumo de arroz parboilizado não é homogeneamente distribuído entre os estados, existindo fortes diferenças regionais. (AMATO, CARVALHO & SILVEIRA, 2002). Regiões como sul dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro e parte do Nordeste, o consumo de arroz parboilizado é muito maior que a média nacional (ABIAP, 2009).

O termo parboilizado (parboiling – que pode se denominar também pré-cozimento, sobreaquecimento ou tratamento hidrotérmico do arroz) abrange as operações às quais é submetido o arroz em casca antes de ser beneficiado. (AMATO & ELIAS, 2005).

A primeira operação consiste no encharcamento, onde o arroz em casca é colocado em tanques com água a 60-70°C por 4 a 6 horas. Neste processo, as vitaminas e sais minerais que se encontram na película e germe, migram para dentro do grão à medida que este absorve a água. A segunda etapa é a gelatinização, realizada por processo de autoclave, onde o arroz úmido é submetido a uma temperatura mais elevada sob pressão de vapor, ocorrendo uma alteração na estrutura do amido, onde este passa da forma cristalina para a forma amorfa. Nesta etapa, o grão fica mais compacto e as vitaminas e sais minerais são fixados em seu interior. Após a gelatinização, ocorre a secagem, descascamento, polimento e seleção (EMBRAPA, 2005; AMATO & ELIAS, 2005).

Os principais objetivos da parboilização são aumentar o rendimento industrial em face da ocorrência de menor índice de quebrados, reduzir a perda de nutrientes durante a operação de polimento e aumentar a resistência física dos grãos (AMATO & ELIAS, 2005; LUH, 2001). Como consequência do processo hidrotérmico, o arroz parboilizado apresenta uma coloração amarelo pálido, grãos com uma textura mais dura, até mesmo depois de cozinhar, e um sabor típico, embora a extensão destas alterações depende da severidade do tratamento aplicado (HEINEMANN, BEHRENS & LANFER-MARQUEZ, 2006). Estas mudanças ocorridas com os grãos na parboilização tornam-se características negativas para alguns consumidores, levando-os a preferência por arroz branco.

A preferência por arroz branco ou parboilizado é uma questão pessoal e está relacionada com a tradição de consumo. Pessoas habituadas a consumir arroz parboilizado o consideram de melhor consistência ao ser mastigado e mais saudável, considerando o arroz branco macio demais e sem gosto. Os consumidores de arroz branco consideram o parboilizado muito escuro, com odor forte, com grãos duros e muito soltos, difíceis de serem misturados a outros alimentos (LUZ, 1991; HEINEMANN et al. 2005)

No arroz parboilizado o valor nutritivo é maior do que no branco polido pelo processo convencional de industrialização, porque parte do conteúdo de vitaminas e sais minerais se difundem no endosperma durante a parboilização, e também porque a maior resistência à abrasão dos grãos parboilizados faz com que a quantidade de camadas externas removidas no polimento seja menor. Nos grãos de arroz, as concentrações de proteínas e minerais aumentam do interior para a periferia das cariopses (AMATO & ELIAS, 2005).

O arroz possui uma extensa gama de vitaminas, tanto lipossolúveis como hidrossolúveis, localizadas na parte periférica da cariopse (pericarpo e embrião), que são removidas por ocasião do polimento. No entanto, sabe-se que os grãos de arroz após o processo de parboilização apresentam maior resistência à abrasão, fazendo com que a quantidade de camadas externas removidas no polimento seja menor, ocorrendo à maior retenção de vitaminas hidrossolúveis (AMATO & ELIAS, 2005).

### **2.3.1 Amido resistente**

A parboilização tem como característica promover gelatinização e retrogradação do amido. Estes fenômenos seqüenciais permitem um rearranjo das moléculas, com a desestruturação dos grânulos de amido, gerando uma massa homogênea que ao resfriar-se perde água e apresenta interação forte entre as moléculas, o que impede em certos locais o acesso de enzimas amilolíticas, formando assim o amido resistente (SAGUM & ARCOT, 2000).

Amido resistente é a fração de amido não digerida no intestino delgado de indivíduos saudáveis, sendo fermentada no intestino grosso. As atuações do amido resistente são similares às da fibra alimentar (SHAMAI, BIANCO-PELED & SHIMONI, 2003). O amido resistente pode representar mais de 30% do total da fração fibra na dieta humana, e seus efeitos no trato gastrintestinal são semelhantes aos atribuídos a outros componentes da fibra (celulose, hemicelulose, pectina, etc) (WALTER, SILVA & DENARDIN, 2005).

O amido resistente influencia positivamente no funcionamento do aparelho digestivo, onde provoca alterações na composição da microflora, incluindo o aumento de bifidobacterias, reduzindo os níveis de patógeno; aumenta a absorção de minerais como o cálcio; e diminui os níveis de colesterol no sangue, auxiliando no controle do diabetes (MURPHY, DOUGLASS & BIRKETT, 2008).

Devido ao fato de uma parte do amido, no arroz parboilizado, encontrar-se inacessível pelas enzimas, este apresenta menor índice glicêmico do que o arroz branco polido (WALTER, 2005). O índice glicêmico e o conteúdo de amido resistente dos alimentos têm sido estabelecidos como sendo dois importantes indicadores da digestibilidade do amido. Do ponto de vista nutricional, a baixa resposta glicêmica é benéfica, especialmente para indivíduos com diminuída tolerância a glicose (HELBIG, 2007).

### **2.3.2 Fibra Alimentar**

Fibra alimentar ou Fibra dietética representa uma ampla classe de componentes indigeríveis de carboidratos. Os componentes variam de natureza química e física e, em suas respostas fisiológicas (MURPHY, DOUGLASS & BIRKETT, 2008).

A fibra alimentar pode ser dividida em duas frações, dependendo da solubilidade de seus componentes. Uma delas é a fração solúvel ou fibra dietética solúvel, que engloba gomas, pectinas, mucilagens, polissacarídeos de reserva e hemiceluloses solúveis. Seus efeitos fisiológicos são associados à redução do colesterol no sangue e ao controle da glicose e, conseqüentemente, do diabetes. A outra fração é conhecida como fibra dietética insolúvel e nela incluem-se a celulose, a lignina e algumas frações de hemicelulose. Essa fração é responsável pelo efeito benéfico da fibra na mobilidade intestinal, contribuindo para a mobilização do bolo fecal (ORDÓÑEZ, 2005).

Sabe-se que várias doenças são decorrentes de uma alimentação inadequada, muitas delas relacionadas ao consumo insuficiente de fibras. Embora essa fração exerça efeitos biológicos importantes à manutenção da saúde, seu consumo é restrito devido, especialmente, as suas propriedades sensoriais, visto que a adição de fontes tradicionais de fibra provoca alterações sensoriais pronunciadas nos alimentos, a exemplo do pão enriquecido com farelo de trigo (YUE & WARING, 1998). Por isso, torna-se cada vez mais importante o conhecimento de outras fontes de fibras, que possa ampliar as opções para os consumidores, e neste cenário, o arroz parboilizado torna-se um produto potencialmente fonte de fibra alimentar.

### **2.3.3 Ácido Fólico**

Ácido fólico ou folatos refere-se a uma família de vitaminas hidrossolúveis pertencentes ao complexo B, que são conhecidamente essenciais no metabolismo dos aminoácidos e na síntese do DNA e do RNA. Nos últimos anos, o interesse na fortificação de alimentos com o ácido fólico tem aumentado, principalmente em resposta aos achados de estudos epidemiológicos que ligam a ingestão insuficiente de folatos a defeitos do tubo neural, doenças cardíacas, doenças

neurodegenerativas, certos tipos de câncer e anemia megaloblástica (FOKKEMA et al. 2005; KALTER, 2000). Diante deste fato, a ANVISA (2002) estipulou a adição de, no mínimo, 150mg de ácido fólico para cada 100g de farinha de milho e de trigo, e hoje, a tendência é a extensão dessa regulamentação a outros cereais de grande consumo, como o arroz, a exemplo do que já ocorre em outros países (CREPALDI, 2006).

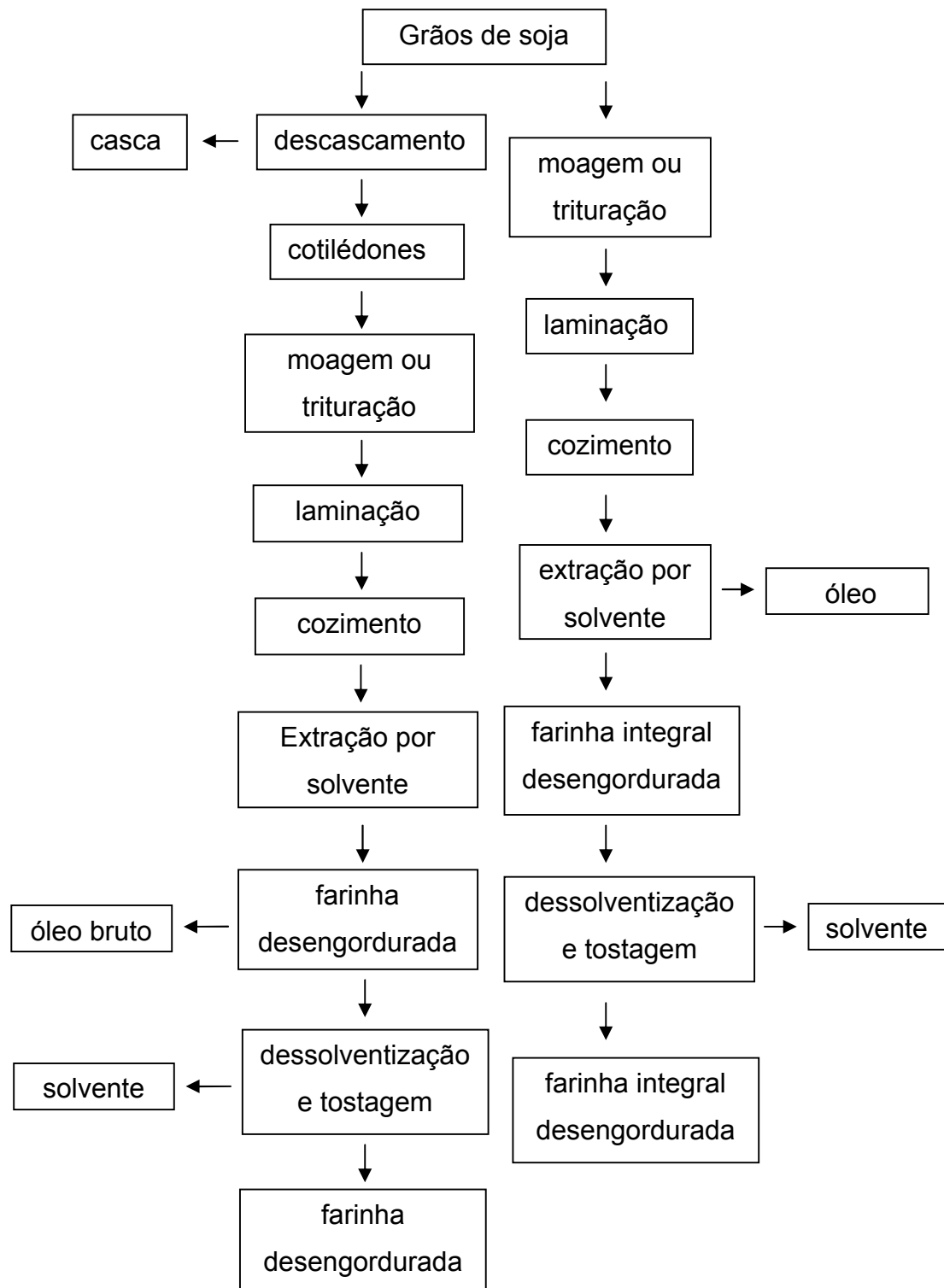
## **2.4 Soja**

A crescente preocupação por uma alimentação saudável que, além de alimentar promova a saúde, coloca a soja na lista de preferência de um número cada vez maior de consumidores brasileiros.

A soja tem sido reconhecida como excelente fonte de proteína para fortificar produtos de trigo, através da complementação mútua de aminoácidos e do aumento no conteúdo de proteínas totais. O uso de produtos protéicos derivados da soja pode substituir muito dos ingredientes usados em panificação, tais como o leite e ovos, como também aumentar o rendimento da massa em função do aumento na absorção de água. Os produtos da soja também melhoram a emulsificação das gorduras e a dispersão de outros ingredientes (EL-DASH et al. 1994).

A soja é rica em proteínas, possui isoflavonas e outras substâncias capazes de atuar na prevenção de doenças crônicas. As isoflavonas (especialmente genisteína e daidzeína) apresentam uma estrutura química semelhante a do estrógeno humano, também chamado de fitoestrógeno, que é uma classe de substâncias encontrada em plantas, frutos, vegetais e grãos (VASCONSELOS et al. 2006). Essa substância está sendo considerada a mais nova descoberta para prevenção de doenças degenerativas como câncer, osteoporose, diabetes e doenças cardiovasculares (CRAVEIRO, CRAVEIRO & QUEIROZ, 2003).

A farinha também é eficaz no controle e redução do colesterol, no combate aos tumores intestinais induzidos por carcinógenos específicos e na prevenção de lesões gástricas induzidas por diferentes agentes ulcerogênicos (SGARBIERI, 1996). O fluxograma de obtenção industrial da farinha de soja integral e não integral desengordurada está apresentado na Figura 6



**Figura 6.** Fluxograma de obtenção da farinha de soja segundo Elias (2007)

Certamente, a adição de farinha de soja desengordurada a produtos a base de cereais, como os de farinhas de trigo, é um meio barato de melhorar o valor nutricional, podendo esta, substituir parte da farinha de trigo nas formulações, elevando o valor protéico dos produtos alimentícios elaborados (SGARBIERI, 1996).

## **2.5 Propriedades tecnológicas das misturas**

### **2.5.1 Índice de absorção de água (IAA)**

O índice de absorção de água (IAA) indica a quantidade de água absorvida pelos grânulos de amidos de uma determinada amostra submetida a um tratamento térmico (ANDERSON et al., 1969).

Segundo Colonna et al. (1984) o índice de absorção de água (IAA) está relacionado à disponibilidade de grupos hidrofílicos (–OH) em se ligar às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido.

Os grãos de amido gelatinizado absorvem mais água que no estado natural e as proteínas, devido a mudanças conformacionais e estruturais, têm seu balanço hidrofílico/hidrofóbico alterado, podendo contribuir para o aumento ou diminuição do IAA (GOMEZ E AGUILERA, 1983).

### **2.5.2 Índice de solubilidade em água (ISA)**

O índice de solubilidade em água (ISA) indica a intensidade do tratamento térmico e conseqüente desramificação da estrutura amilácea (ANDERSON et al. 1969).

Além da gelatinização do amido, que resulta na liberação da amilose e amilopectina de seus grânulos, poderá ocorrer também a dextrinização dos componentes do amido e outras reações que conduzem à formação de compostos de baixo peso molecular, que irão influir no ISA (GUTKOSKI, 1997).

O ISA expressa a porcentagem da matéria-prima seca recuperada após evaporação do sobrenadante da determinação de absorção de água, permitindo verificar o grau de severidade do tratamento, em função da degradação, gelatinização, dextrinização e conseqüente solubilização do amido (CARVALHO, ASCHERI & CAL-VIDAL, 2002).

### **2.5.3 Capacidade de absorção de óleo (CAO)**



O consumo de alimentos fritos e pré-fritos tem aumentado nos últimos anos. O processo de fritura desenvolve características de odor, sabor, cor e textura que tornam os alimentos mais atraentes para o consumo.

Os óleos e gorduras em alimentos exercem propriedades físicas e químicas únicas. Seu comportamento na fusão e na solidificação, sua capacidade de associação com a água e outras moléculas são propriedades especialmente importantes na textura e na funcionalidade de produtos de panificação e confeitaria (ZAMBIAZI, 2006). O processo de fritura incorpora o óleo do processo aos lipídeos totais do alimento, tornando-o, assim, uma fonte mais concentrada de energia. Esse fato isolado é benéfico, considerando a qualidade sensorial do alimento, porém pode desencadear um maior consumo de calorias e, conseqüentemente, no aumento do peso corpóreo, que sob alguns aspectos pode ser indesejável.

Muitos fatores são descritos como interferentes no aumento do conteúdo de óleo em produtos fritos, como: o conteúdo de água do alimento, a superfície de contato com o meio de fritura, o tempo de fritura, o método, características físico-químicas do meio de fritura e também do produto, porosidade e pré-tratamentos (AHAMED, 1997).

Freitas et al. (2005) utilizou farinha de batata inglesa como cobertura em empanados de frango, a fim de comparar a absorção de gordura com empanados comerciais e verificou uma redução de 28,0 a 32,0% de lipídios em formulações com 80% de farinha de batata inglesa.

Estudos sugerem que produtos elaborados com farinha de arroz parboilizado polido podem conter menor teor lipídico após o processo de fritura comparado a um produto elaborado com farinha de trigo (GALERA, 2006)

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Geral**

Avaliar efeitos da parboilização do arroz sobre as características nutricionais, bem como a influência das proporções de arroz parboilizado e branco polido, trigo e soja nas propriedades tecnológicas de farinhas mistas ternárias.

#### **3.2 Específicos**

3.2.1. Determinar a composição centesimal das farinhas de arroz branco e parboilizado polido, trigo e soja desengordurada.

3.2.2. Avaliar os efeitos da parboilização do arroz sobre os teores de amido resistente, fibra alimentar e ácido fólico.

3.2.3. Analisar as características de mistura (farinografia), de extensão (alveografia e consistografia), e de viscosidade (número de queda, viscoamilografia) da farinha de trigo utilizada.

3.2.4. Avaliar as propriedades tecnológicas das misturas ternárias de farinha de arroz branco e parboilizado polido, em misturas com farinha de trigo e soja.

## 4 Material e métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, RS e no Laboratório de Cereais, no Centro de Pesquisa em Alimentação (Cepa), da Universidade de Passo Fundo, RS.

### 4.1 Materiais

As farinhas de trigo (*Triticum aestivum*, L.) e soja desengordurada foram adquiridas no comércio da cidade de Pelotas, e o arroz (*Oryza sativa* L.) em casca foi cedido pela Indústria JOSAPAR (Joaquim Oliveira Participações Ltda.), sendo que o beneficiamento e transformação em farinhas ocorreram no Laboratório de Grãos.

### 4.2 Métodos

#### 4.2.1 Delineamento Experimental

4.2.1.1 **Tabela 1.** Composição química de farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido e soja desengordurada

Tratamentos	Variáveis Independentes				Variáveis Dependentes
	Trigo	Arroz Branco Polido	APP*	Soja	
1					Umidade
2					Cinzas
3					Proteína Bruta
4					Lipídios
5					Amido Disponível
6					Amido resistente
7					Fibra Alimentar
8					Ácido Fólico

\*APP = Arroz Parboilizado Polido

4.2.1.2 **Tabela 2.** Propriedades reológicas da farinha de trigo

Tratamentos	Variável Independente	Variáveis Dependentes
	Farinha de Trigo	
1		Farinografia
2		Consistografia
3		Alveografia
4		Atividade enzimática (NQ)
5		Viscoamilografia (RVA)

4.2.1.3 **Tabela 3.** Delineamento composto de 9 tratamentos para misturas de farinha de trigo, farinha de soja e farinha de arroz branco polido

Misturas	Componentes originais (%)			Variáveis Dependentes
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	
1	1,0	0	0	Índice de absorção de água (IAA)
2	0,85	0,15	0	
3	0,65	0	0,35	Índice de solubilidade em água (ISA)
4	0,50	0,15	0,35	
5	0,75	0,075	0,175	
6	0,875	0,0375	0,0875	Capacidade de absorção de óleo (CAO)
7	0,80	0,1125	0,0875	
8	0,70	0,0375	0,2625	
9	0,625	0,1125	0,2625	

X<sub>1</sub> = farinha de trigo; X<sub>2</sub> = farinha de soja; X<sub>3</sub> = farinha de arroz branco polido

4.2.1.4 **Tabela 4.** Delineamento composto de 9 tratamentos para misturas de farinha de trigo, farinha de soja e farinha de arroz parboilizado polido

Misturas	Componentes originais (%)			Variáveis Dependentes
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	
1	1,0	0	0	Índice de absorção de água (IAA)
2	0,85	0,15	0	
3	0,65	0	0,35	Índice de solubilidade em água (ISA)
4	0,50	0,15	0,35	
5	0,75	0,075	0,175	
6	0,875	0,0375	0,0875	Capacidade de absorção de óleo (CAO)
7	0,80	0,1125	0,0875	
8	0,70	0,0375	0,2625	
9	0,625	0,1125	0,2625	

X<sub>1</sub> = farinha de trigo; X<sub>2</sub> = farinha de soja; X<sub>3</sub> = farinha de arroz parboilizado polido

### **4.3 Procedimentos e avaliações**

#### **4.3.1 Obtenção de farinha de arroz branco polido**

Os grãos de arroz em casca foram descascados e polidos. A intensidade de polimento variou de 7 a 8% de remoção e foi determinada pela Fórmula 1.

##### **Fórmula 1**

Intensidade de Polimento (IP) = [ 1 – (peso do arroz polido / peso do arroz integral)] x 100.

Os grãos foram selecionados, e os livres de impurezas foram moídos em moinho de facas e a farinha armazenada em sala climatizada a 17°C até a realização das análises.

#### **4.3.2 Processo de parboilização**

O arroz foi parboilizado nas instalações piloto do Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos. Os grãos foram acondicionados em sacos de filó e colocados em recipientes de alumínio. Com base em testes prévios foram definidos os seguintes parâmetros operacionais: encharcamento a 65°C, durante 5 horas; autoclavagem a 110°C, durante 10 minutos, com pressão de 0,5 Kgf.cm<sup>-2</sup> e secagem estacionária, em secador protótipo a 40°C até 13% de umidade, descascamento e polimento, segundo adaptações na metodologia desenvolvida por ELIAS (1998). A intensidade de polimento foi determinada pela Fórmula 1.

Os grãos de arroz parboilizado polido, livres de impurezas, foram moídos em moinho de facas, e a farinha de arroz parboilizado polido armazenada em sala climatizada a 17°C até a realização das análises.

#### **4.3.3 Determinação da composição química**

A umidade e os conteúdos de cinzas, proteína bruta e extrato etéreo foram determinados de acordo com os métodos n° 44-15A, 08-01, 46-13, e 30-20 da AACC (1995), respectivamente. O teor de proteína bruta foi obtido pela multiplicação do teor de nitrogênio pelo fator 5,95 para o arroz, 6,25 para soja e 5,7 para o trigo.

#### 4.3.4 Determinação de amilose

A amilose, no arroz, foi determinada utilizando o método proposto por Martinez y Cuevas (1989).

A farinha de arroz branco polido foi peneirada na peneira de malha de 60 *mesh*, e transferido 100mg de amostra, 1mL de álcool etílico 96% GL e 9mL de solução 1N de NaOH para balões de 100mL. Os balões foram colocados em banho-maria por 10 minutos a 100°C, seguidos de resfriamento durante 30 minutos, sendo então o volume ajustado. Foi retirada uma alíquota de 5mL e transferida para um novo balão de 100mL, acrescentando 1mL de ácido acético 1N e 2mL de solução de iodo 2% (p/v) preparada 3horas antes da ser utilizada.

Para a curva padrão foram utilizados 40mg de amilose de batata da marca Sigma submetida ao mesmo procedimento das amostras de arroz. Do balão, alíquotas de 1, 2, 3, 4 e 5mL foram retiradas e acrescidas de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1mL de ácido acético e de 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2,0 mL de iodo, respectivamente, completando o volume de cada balão com água destilada.

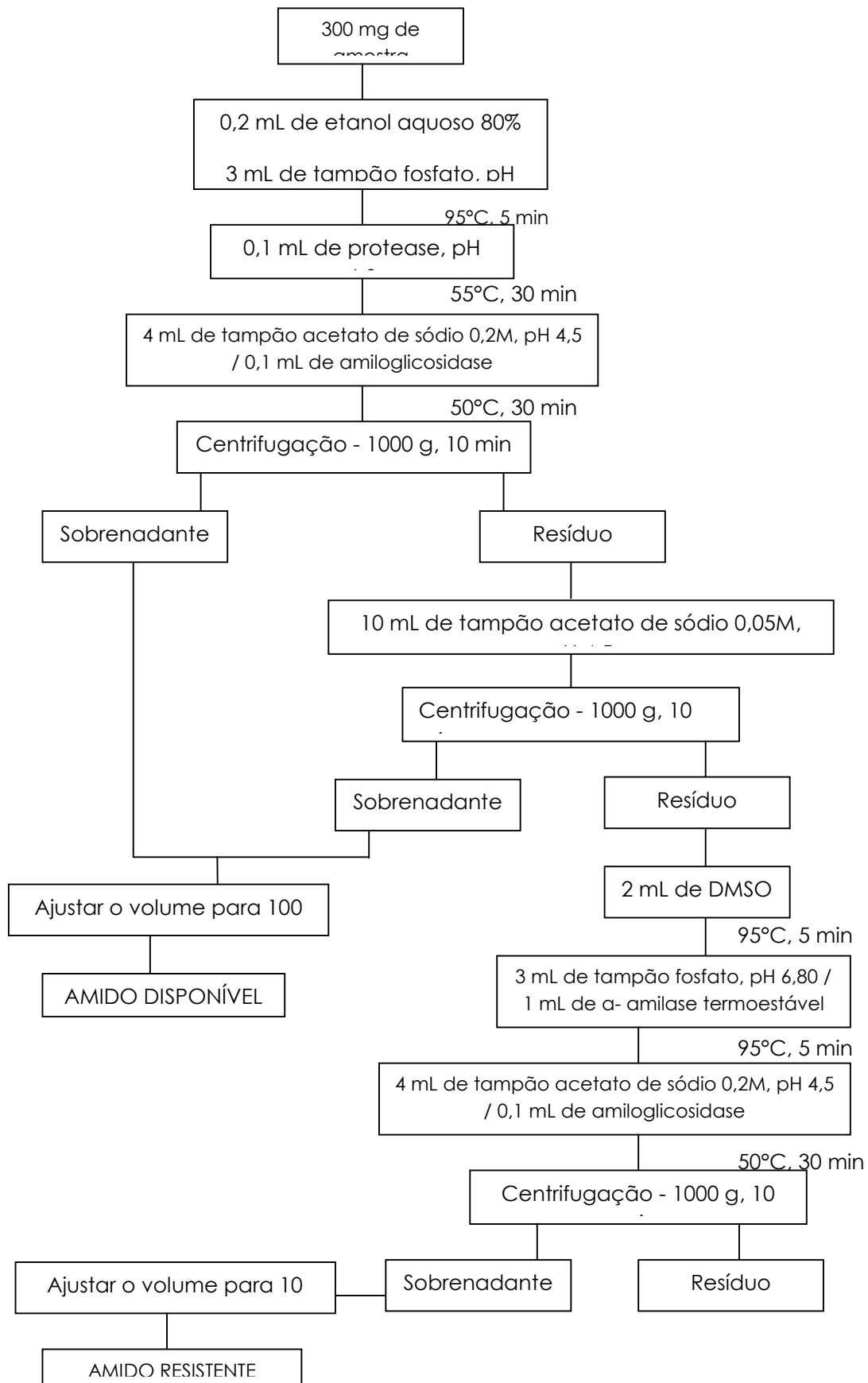
A leitura foi realizada a 610 *nm* e os resultados de absorbância (A) multiplicados por fator de correção (FC) obtido pela média dos valores lidos com as amostras de amilose pura. O teor de amilose das amostras foi obtido pela Fórmula 2.

#### Fórmula 2

$$\% \text{ Amilose} = A \times FC$$

#### 4.3.5 Amido resistente e amido disponível

O teor de amido resistente (AR) foi determinado na farinha de arroz branco e parboilizado polido de acordo com o método n° 996.11 da AOAC (1995) modificado por Walter (2005), que recomenda a utilização de maior quantidade de amostra (300 mg ao invés de 100mg), tampão fosfato pH 6,8 ao invés de MOPS (ácido 4-morfolino propano sulfônico), pH 7,0, e proteólise durante o processo de digestão. O conteúdo de AR foi calculado multiplicando o resultado final de glicose por 0,9 (para converter glicose livre em amido) e expresso em porcentagem. O procedimento realizado para a determinação de amido resistente e amido disponível encontra-se na figura 7.



\* DMSO = dimetilsufóxido

**Figura 7.** Fluxograma para determinação de amido resistente *in vitro* e disponível, segundo Walter et al. (2005)

#### 4.3.6 Fibra alimentar

Os teores de fibra total (FT), insolúvel (FI) e solúvel (FS) foram determinados conforme o método nº 985.29 e nº 991.42 (AOAC, 1995), com algumas modificações. Primeiramente a amostra foi incubada a pH 6,0, por 30 minutos, a 100°C, com  $\alpha$ -amilase e, então resfriada. O pH foi ajustado para 7,5, para a adição da protease, seguida da incubação a 60°C, por 30 minutos, para a proteína ser hidrolisada. Após o resfriamento, o pH foi ajustado para 4,5, sendo realizada nova incubação com amiloglicosidase por 30 minutos, a 60°C, para hidrolizar as dextrinas do amido. Para a determinação de FT, a parte solúvel foi precipitada com etanol 95% (v/v), aquecido a 60°C, por 24 horas. Para a FI, após o final das digestões as amostras foram filtradas e sucessivamente lavadas com etanol e acetona, secas em estufa com circulação de ar a 105°C por 12 horas e pesadas. Foram feitas as correções para matéria mineral e proteína. O conteúdo de fibra solúvel foi determinado pela diferença entre fibra total e insolúvel.

#### 4.3.7 Ácido fólico

O ácido fólico foi extraído de 1,0g de amostra de farinha de arroz branco e parboilizado polido, com 3,0mL de hidróxido de potássio (0,1mol/L) e 3,0mL de acetonitrila, em um balão de 10mL e deixado por 10 minutos em banho ultra-sônico. Após, foi adicionado 500 $\mu$ L de ácido tricloroacético, e completado o volume do balão com tampão fosfato. A partir de então, seguiram-se as etapas de filtração, a primeira em papel filtro comum e a segunda em membranas MILLIPORE (HVLPO 1300), com poros de 0,45 $\mu$ m. O filtrado foi injetado no cromatógrafo líquido. Foram avaliados os teores de ácido fólico, utilizando-se um cromatógrafo líquido de alta eficiência (HPLC, modelo Shimadzu), coluna de fase reversa Shinpak CLC-ODS (3,9cm x 150mm x 4 $\mu$ m), fase móvel ácido acético/acetonitrila (95:5), injeção de 30 $\mu$ l e detecção em 290nm descrito por Crepaldi (2006). A identificação da vitamina foi feita por comparação do tempo de retenção, obtido com padrão analisado.



#### **4.3.8 Propriedades reológicas**

As propriedades reológicas da farinha de trigo foram analisadas através dos testes de farinografia, consistografia, alveografia, número de queda (*Falling Number*) e viscoamilografia (RVA). A farinografia foi determinada no Promilógrafo, pelo uso de 100 g de farinha de trigo e realizada de acordo com as recomendações do manual do aparelho (PROMYLOGRAPH, 2001). Os parâmetros avaliados foram absorção de água, tempo de chegada, tempo de desenvolvimento, estabilidade e índice de tolerância a mistura.

A consistografia e alveografia foi realizado conforme os métodos da AACC números 54-50 (1999) e 54-30A (1999) respectivamente.

#### **4.3.9 Atividade enzimática**

A atividade enzimática da farinha de trigo foi determinada através do *Falling Number* de acordo com o método número 56-81B da AACC (2000).

#### **4.3.10 Propriedades viscoamilográficas**

As propriedades viscoamilográficas das farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido foram avaliadas em aparelho *Rapid Visco Analyser* (RVA), série 4, da *Newport Scientific*, na concentração de 3,5g/25mL de água. Foi utilizada o método padrão (*Standard Analysis 1*) do software *Thermocline for Windows*, versão 2.0. As propriedades de pasta foram avaliadas através do pico de viscosidade máxima, quebra na viscosidade, capacidade de retrogradação e viscosidade final, sendo expressos em unidades de RVU.

#### **4.3.11 Granulometria**

Para a determinação da granulometria foram peneiradas amostras de 200g das farinhas de trigo, arroz branco polido, arroz parboilizado polido e soja, durante 20 minutos, em um conjunto de quatro peneiras arredondadas, vibratórias e com aberturas nas malhas de 0,250mm, 0,210mm, 0,180mm e 0,150mm. As quantidades

retidas em cada peneira foram pesadas e expressas em porcentagens (BORGES et al, 2006).

#### **4.3.12 Preparo das farinhas mistas**

Após definido a proporção de cada farinha na mistura, foi feita a homogeneização em batedeira planetária elétrica durante 10 minutos. O acondicionamento das misturas foi feito em sacos de polietileno, mantidos em câmara a 17°C até a realização dos testes. As misturas foram avaliadas quanto ao índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) e capacidade de absorção de óleo (CAO),

#### **4.3.13 Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)**

O Índice de Absorção de Água (IAA) foi determinado segundo metodologia de Anderson et al. (1969). Em um tubo de centrífuga, previamente tarado, foram colocados 2,5g de amostra e 30mL de água. Os tubos foram agitados por 30 minutos em agitador mecânico e, em seguida, centrifugados a 4000 rpm por 10 minutos. O líquido sobrenadante foi transferido, cuidadosamente, para cápsula de alumínio previamente tarada e levada para estufa a 105°C por 12 horas. O gel remanescente foi pesado e o IAA calculado conforme a Fórmula 3.

#### **Fórmula 3**

$$IAA = PRC/PA - PRE$$

Onde:

PRC = peso do resíduo da centrifugação (g)

PA = peso da amostra (g) base seca

PRE = peso do resíduo da evaporação (g)

O Índice de Solubilidade em Água (ISA) foi calculado pela relação entre o peso do resíduo da evaporação e o peso seco da amostra, conforme a Fórmula 4.

**Fórmula 4**

$$ISA = PRE/PA \times 100$$

Onde:

PRE = peso do resíduo da evaporação (g)

PA = peso da amostra (g) base seca

**4.3.14 Capacidade de Absorção de Óleo (CAO)**

A capacidade de absorção de óleo seguiu o método proposto por Lim, Humbert e Sosulski (1974), com adaptações. Primeiramente foi feita a homogeneização de 0,5g de amostra com 3g de óleo de soja refinado em um tubo de centrífuga graduado, durante 1 minuto. Após repousar por 30 minutos, à temperatura ambiente (22-25°C), as amostras foram centrifugadas durante 30 minutos a 1200G. O sedimento do tubo da centrífuga, após separação do sobrenadante, foi pesado, permitindo, então a determinação da capacidade de absorção de óleo (CAO), aplicando-se a seguinte Fórmula 5.

**Fórmula 5**

$$\% \text{ CAO} = \text{Peso do sedimento (g)} / \text{Peso da amostra (g) base seca} \times 100$$

**4.3.15 Análise estatística**

Com exceção da composição centesimal, as análises foram realizadas em duplicata, e os resultados foram avaliados através de análise de variância ANOVA, seguida do teste de Tukey, de comparação de médias, todos com 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

Para o estudo do comportamento de cada farinha na mistura foi utilizado um delineamento para misturas. Delineamentos para misturas são empregados em vários experimentos para o desenvolvimento de produtos. Nestes ensaios, dois ou mais ingredientes ou componentes são misturados em várias proporções e as características dos produtos resultantes são registradas. As respostas dependem, somente, das proporções dos componentes presentes na mistura e não da quantidade absoluta (PIEPEL & CORNELL, 1994).

Em experimentos com misturas não é possível variar um ingrediente ou componente, enquanto se mantém todos os demais constantes. Assim que a proporção de um componente é alterada, isto ocorre também com outro componente, uma vez que a soma de todos os componentes é sempre a unidade ou 100%. Por esse motivo, delineamentos experimentais convencionais não podem ser aplicados (MONTGOMERY & VOTH, 1994). Na representação do ajuste do valor de resposta, utilizou-se a equação quadrática, mostrada na Equação 1.

$$\text{Equação 1. } \hat{Y} = b'_1 X'_1 + b'_2 X'_2 + b'_3 X'_3 + b'_1 b'_2 X'_1 X'_2 + b'_1 b'_3 X'_1 X'_3$$

Onde:

$\hat{Y}$  = estimativa da resposta;

$b'$  = coeficientes da equação, determinados conforme CORNELL (2002);

$X'$  = proporção dos pseudocomponentes.

Foi estipulada a proporção mínima da farinha de trigo na mistura de 50%, e o máximo das farinhas de soja e arroz de 15 e 35% respectivamente. Estes valores foram definidos com base em resultados obtidos em testes prévios, onde valores superiores causaram efeito negativo nos produtos onde foram aplicados.

## 5 Resultados e discussão

### 5.1 Composição centesimal

Na Tabela 5 estão apresentadas as médias das avaliações de composição química de farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido e soja desengordurada.

**Tabela 5.** Composição centesimal de farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido e soja desengordurada

Farinhas	Cinzas (%) bs	Proteína Bruta (%) bs	Lipídios (%) bs	Amido Disponível (%) bs	Umidade (%)
Trigo	0,80 <sup>b</sup>	13,11 <sup>b</sup>	1,56 <sup>a</sup>	78,06 <sup>c</sup>	12,75 <sup>a</sup>
Arroz branco polido*	0,47 <sup>b</sup>	8,28 <sup>c</sup>	0,49 <sup>b</sup>	92,43 <sup>a</sup>	11,62 <sup>ab</sup>
APP**	0,65 <sup>b</sup>	8,23 <sup>c</sup>	0,34 <sup>c</sup>	88,53 <sup>b</sup>	10,34 <sup>b</sup>
Soja	6,72 <sup>a</sup>	52,17 <sup>a</sup>	0,54 <sup>b</sup>	2,92 <sup>d</sup>	7,93 <sup>c</sup>

Médias (n=3) seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

\*Teor de amilose de 31,59%

\*\*Arroz Parboilizado Polido

Nas tabelas 6 e 7 estão apresentadas as avaliações de composição química das misturas com farinha de arroz branco e parboilizado polido respectivamente.

**Tabela 6.** Composição química das misturas com farinha de arroz branco polido

Misturas	Cinzas (%) bs	Proteína Bruta (%) bs	Lipídios (%) bs	Amido Disponível (%) bs	Umidade (%)
1	0,80	13,11	1,56	78,06	12,75
2	1,68	18,96	1,40	66,78	12,01
3	0,68	11,41	1,18	83,08	12,34
4	3,76	17,26	1,03	71,81	11,61
5	1,18	15,18	1,29	68,92	12,18
6	0,99	14,14	1,42	76,48	12,45
7	1,43	17,06	1,34	70,84	11,92
8	0,93	13,29	1,24	79,00	12,26
9	1,37	16,22	1,16	73,36	11,90

**Tabela 7.** Composição química das misturas com farinha de arroz parboilizado polido

Misturas	Cinzas (%) bs	Proteína Bruta (%) bs	Lipídios (%) bs	Amido Disponível (%) bs	Umidade (%)
1	0,80	13,11	1,56	78,06	12,75
2	1,68	18,96	1,40	66,78	12,01
3	0,74	14,29	1,12	81,68	11,89
4	1,62	17,25	0,97	70,44	11,16
5	1,21	15,18	1,26	74,24	11,95
6	1,00	14,14	1,40	76,14	12,34
7	1,45	17,06	1,32	70,5	11,81
8	0,98	13,28	1,19	77,97	11,92
9	1,42	16,21	1,11	72,33	11,56

A farinha de soja desengordurada apresentou maior teor de cinzas do que a farinha de trigo, arroz branco e parboilizado polido. Além da soja ter mais minerais que o trigo e o arroz, o valor (6,72%) elevado ocorre devido a extração do óleo ocorrer com grãos integrais, e como nas cascas ocorrem os maiores teores de minerais, estes permanecem na parte desengordurada destinada à elaboração de farinha (ELIAS, 2007).

O teor de cinzas (base seca) em farinhas é utilizado como parâmetro de classificação das farinhas de trigo, a citar: 0,8% de cinzas, farinha tipo 1; 1,4% de cinzas, farinha tipo 2; 2,5% de cinzas, farinha tipo integral (BRASIL, 2005). A maior concentração desses minerais situa-se na parte externa do grão, no farelo; daí conclui-se que, quanto maior a quantidade ou a contaminação de farelo na farinha, maior será o teor de cinzas resultante (HOSENEY, 1986).

O resultado de proteína bruta encontrado para a farinha de soja desengordurada está dentro do padrão estipulado pela legislação (BRASIL, 1978), que determina o mínimo de 50%.

O teor de proteínas do trigo fornece dados da qualidade da farinha de trigo, cujos valores estão diretamente relacionados com o seu destino para elaboração de produtos panificáveis (PARK & BAIK, 2004). Segundo Calaveras (1996), a farinha de trigo utilizada pode ser classificada como uma farinha de grande força, visto que apresenta o teor de proteína bruta superior a 11%. O conteúdo de proteína no trigo, é função das características da variedade de trigo, das características do solo, do clima, e das técnicas agronômicas (GRANDVOINET & PRATX, 1996)

Como pode ser observado na Tabela 5, o arroz apresentou o menor teor protéico. No entanto, a qualidade da proteína depende de seu conteúdo em aminoácidos essenciais, e no arroz a composição de aminoácidos é relativamente melhor balanceada, com valores de lisina em torno de 3,5% do total de proteína (HOSENEY, 1994). A lisina é o aminoácido limitante entre os cereais, e o arroz apresenta uma das maiores concentrações de lisina, resultando em um balanço de aminoácidos mais completo (JULIANO, 2009). O resultado de proteína bruta obtido para a farinha de arroz branco polido foi semelhante ao obtido por Storck (2004).

O menor resultado obtido para o teor de lipídios foi do arroz parboilizado polido. O resultado obtido foi semelhante ao de Heinemann et al. (2005) que encontrou valor de 0,38% para os lipídios do arroz parboilizado polido. Storck et al (2004) obteve valores de 0,27% e 0,40% para os teores de lipídios do arroz branco e parboilizado polido respectivamente.

O menor valor de amido disponível do arroz parboilizado polido comparado ao arroz branco polido, pode ser explicado pela formação de amido resistente durante a parboilização. O resultado obtido foi semelhante ao de Storck et al (2004) que encontrou valores de 82,4% e 77,9% para o teor de amido disponível do arroz branco e parboilizado polido respectivamente.

Os valores de umidade encontrados para as farinhas estão de acordo com as exigências da legislação, que especifica umidade de 13,0% para a farinha de trigo e de arroz, e 8% para a farinha de soja desengordurada (BRASIL, 1978).

O teor de umidade de farinhas deve ser firmemente controlado, pois este parâmetro figura como um dos principais fatores de aceleração de reações químicas nestes alimentos, provocando alterações nas suas características nutricionais, sensoriais e tecnológicas. Teores de umidade abaixo do limite máximo permitido normalmente asseguram a conservação da qualidade das farinhas durante a estocagem comercial (FARONI et al. 2007).

Baseado na hipótese de adequação das misturas elaboradas para utilização em produtos de panificação, a opção por arroz com alto teor de amilose (31,59%) nas misturas foi devido a resultados obtidos em trabalhos realizados no laboratório, em que se verificou que em formulações, onde a farinha de arroz estava presente, as melhores características de pães eram obtidas com utilização de arroz com alto teor de amilose.

Eggum et al. (1993) mostraram que o consumo de cereais com alto teor de amilose tem maior capacidade de diminuir a resposta glicêmica e retardar o esvaziamento gastrointestinal do que aqueles com baixo teor de amilose.

Estudos realizados por Mi, Hyun, e Hae (1997), citado por Sivaramakrishnan, Senge e Chattopadhyay (2004), foi constatado que o arroz com alto teor de amilose apresentou a melhor adequação a transformação do pão de arroz. O teor de amilose foi positivamente associado à elasticidade do pão de arroz.

## 5.2 Efeito da parboilização do arroz sobre os teores de amido resistente, fibra alimentar e ácido fólico.

Na Tabela 8 estão apresentados os teores de amido resistente, fibra alimentar e ácido fólico do arroz branco e parboilizado polido.

**Tabela 8.** Efeito da parboilização do arroz sobre os teores de amido resistente, fibra alimentar e ácido fólico.

Amostra	Amido Resistente (%) bs	Fibra Alimentar (%) bs			Ácido Fólico (µg/100g) Bs
		FT	FS	FI	
Arroz branco polido	1,05 <sup>b</sup>	5,17 <sup>b</sup>	0,60 <sup>b</sup>	4,57 <sup>b</sup>	6,82 <sup>a</sup>
Arroz parboilizado polido	2,88 <sup>a</sup>	9,22 <sup>a</sup>	3,20 <sup>a</sup>	6,02 <sup>a</sup>	102,33 <sup>b</sup>

Médias (n=3) seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

FT = fibra total; FS = fibra solúvel; FI = fibra insolúvel

O arroz parboilizado polido apresentou maior teor de amido resistente comparado ao arroz branco polido. Este fato é decorrente do processo de parboilização que modifica a estrutura do grânulo de amido, promovendo a gelatinização e conseqüente retrogradação do amido no resfriamento, tornando este, em parte, inacessível, para as enzimas.

Segundo Rahman et al. (2007) a proporção de amido resistente pode aumentar com a retrogradação do amido, esta retrogradação formada a partir da gelatinização da amilose. Segundo o mesmo autor, como também Hung, Yamamori



e Morita (2005) o amido com alto teor de amilose originará altos níveis de amido resistente na panificação e no processamento de alimentos.

Segundo Rosin, Lajolo e Menezes (2002), não somente a alta concentração de amilose está relacionada com a retrogradação do amido e formação do amido resistente, mas também diferentes fatores, como condições de armazenamento e presença de lipídios, afetam a reassociação da amilose durante a retrogradação. Os resultados obtidos foram superiores ao encontrado por Helbig et al. (2007) que obteve 2,33% de amido resistente para os grãos crus de alta amilose submetido a parboilização.

O arroz parboilizado polido apresentou maior teor de fibra solúvel e insolúvel comparado ao arroz branco polido. O maior valor encontrado foi para a fibra insolúvel, devido ao fato do amido resistente ser quantificado nesta fração de fibra (STORCK, 2004).

Resultados encontrados por Esposito et al. (2005) sugerem que a gelatinização e retrogradação ocorrida durante a extrusão do trigo muda uma parte do amido para polissacarídeos não degradáveis (amido resistente), e estes fenômenos também provocam um aumento do teor de fibra insolúvel.

Do ponto de vista tecnológico, as fibras contribuem para a modificação e melhoria da textura, características sensoriais e vida de prateleira dos alimentos devido à sua capacidade de retenção de água, e formação de gel, efeitos na texturização e espessamento (SABANIS, LEBESI & TZIA, 2009). Segundo Park, Seib e Chung (1997), adição de fibra em pães geralmente retém mais a umidade, além de reduzir o valor calórico.

Quanto ao teor de ácido fólico, o arroz parboilizado polido apresentou concentração significativamente mais elevada do que o encontrado no arroz branco polido.

A intensidade do polimento afeta consideravelmente os teores de ácido fólico. Portanto, a concentração maior de ácido fólico no arroz parboilizado pode ser atribuída a maior resistência à abrasão dos grãos parboilizados, fazendo com que a quantidade de camadas externas removidas no polimento seja menor (AMATO & ELIAS, 2005). Considera-se também, a retenção mais alta de vitaminas no arroz parboilizado, devido à migração destes compostos para o centro do grão e a retenção durante o processo de gelatinização (HEINEMANN et al. 2005).

A concentração de ácido fólico no arroz parboilizado foi superior ao encontrado por RYCHLIK (2004) no arroz branco integral, o autor encontrou valores entre 8 a 32,3µg/100g.

### 5.3 Propriedades reológicas da farinha de trigo

Na Tabela 9 estão apresentados os parâmetros farinográficos e alveográficos da farinha de trigo utilizada nas misturas.

**Tabela 9.** Propriedades reológicas da farinha de trigo utilizada na mistura

Parâmetros Farinográficos				
Absorção de água (ml)	TC (min)	TD (min)	Estabilidade (min)	ITM (UF)
63,3	1,2	3	13,50	10
Parâmetros Alveográficos				
W ( $10^{-4}$ J)	P	L	P/L	
357,67	250,33	30,75	8,45	

TC = tempo de chegada (min); TD = tempo de desenvolvimento da massa (min); ITM = índice de tolerância a mistura (UF)

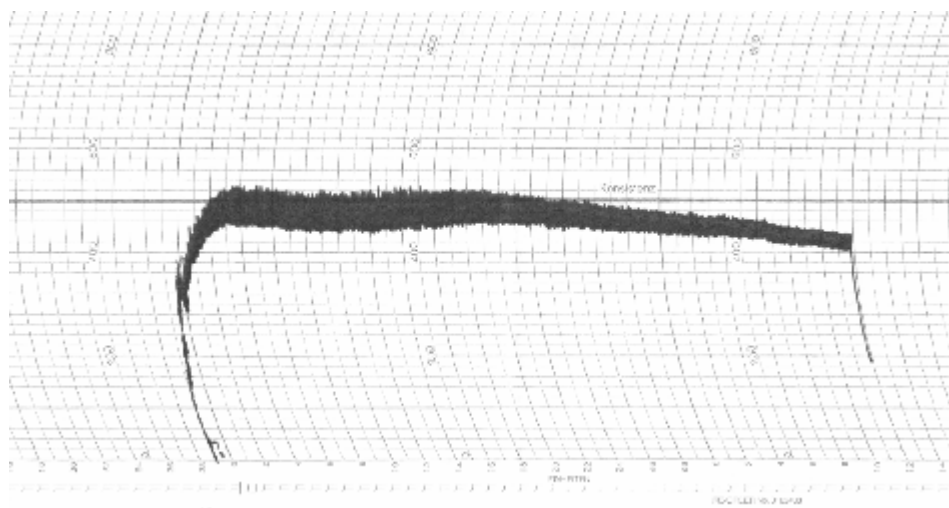
W = força geral do glúten ( $10^{-4}$ J); P = tenacidade; L = extensibilidade; P/L = relação de equilíbrio da curva

De acordo com Guarienti (1996) que classifica a qualidade da farinha segundo interpretação dos parâmetros farinográficos, a estabilidade da massa entre 10,1 e 15,0 min, como também o índice de tolerância a mistura entre 0 e 49 UF, demonstra tratar-se de uma farinha de trigo forte.

De acordo com Carvalho (1999), as farinhas de trigo com baixo índice de tolerância e alta estabilidade possuem boa capacidade ao processo mecânico de mistura e são chamadas de farinhas “fortes”.

A absorção de água elevada (> 58%), também comprova a força da farinha (PROMYLOGRAPH, 2001). Segundo Queji, Schemin e Trindade (2006) esta determinação é importante, do ponto de vista tecnológico, porque a água assegura a união das proteínas que dão origem ao glúten, controla a consistência da massa, dissolve os sais, umedece e intumesce o amido, deixando-o mais digerível e fornece meio propício ao desenvolvimento da atividade enzimática.

Uma farinha forte é indicada para utilização em pães em geral, massas, como também pode ser misturada com outras farinhas fracas (PROMYLOGRAPH, 2001). Na Figura 5 está demonstrado o Farinograma obtido da farinha de trigo.



**Figura 8.** Farinograma da farinha de trigo

A curva obtida (Figura 8) se enquadra na classificação de farinha forte, à semelhança da Figura 3 (página 18).

Os parâmetros alveográficos obtidos confirmam a força da farinha de trigo. Guarienti (1996) classifica uma farinha forte quando esta apresenta força geral do glúten (W) entre 301 e 400  $10^{-4}$  J. Segundo o mesmo autor valores de P/L acima de 1,21 é considerado glúten tenaz.

De acordo com Peña, Ortíz-Monasterio e Sayre (1997), os valores de força (W) e de extensibilidade (P/L) permitem classificar de uma maneira mais específica o tipo de trigo e seu uso na panificação. Segundo o autor, o trigo forte e tenaz é indicado para utilização industrial em massas alimentícias (por exemplo, espaguete), pois seu endosperma é duro e cristalino, sendo necessário um processo mecanizado ou semi-mecanizado.

#### 5.4 Atividade enzimática

A farinha de trigo utilizada para a elaboração das misturas apresentou número de queda de 411,5 segundos. De acordo com a classificação da qualidade de grãos em função do número de queda apresentado por Guarienti (1996), a

farinha de trigo apresenta uma baixa atividade enzimática, pois seu número de queda foi superior a 351 segundos.

A enzima alfa amilase é responsável pelo rompimento indiscriminadamente das cadeias de amido, deixando glicose livre para servir como substrato para as leveduras. As leveduras atacam primeiro os açúcares livres e em segundo a glicose e maltose (CALAVERAS, 1996).

A baixa atividade enzimática não constitui um problema de difícil solução. Em geral, os reforçadores ou melhoradores utilizados em panificação apresentam, em sua formulação, enzimas alfa-amilásicas fúngicas, que têm por finalidade a correção dessa deficiência na farinha.

Segundo Embrapa Trigo (2006), uma farinha de trigo com número de queda superior a 250 segundos é indicada para elaboração de massas alimentícias.

### 5.5 Propriedades viscoamilográficas

Na Tabela 10 estão apresentados os dados das propriedades viscoamilográficas das farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido e soja utilizadas nas misturas.

**Tabela 10.** Propriedades de pasta das farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido e soja

Farinha	Viscosidade Máxima (RVU)	Viscosidade Quebra (RVU)	Capacidade Retrogradação (RVU)	Viscosidade Final (RVU)
Trigo	188,33 <sup>b</sup>	80,00 <sup>b</sup>	125,54 <sup>b</sup>	233,87 <sup>b</sup>
Arroz branco polido	460,87 <sup>a</sup>	117,50 <sup>a</sup>	347,83 <sup>a</sup>	691,20 <sup>a</sup>
Arroz parboilizado polido	20,58 <sup>c</sup>	4,50 <sup>c</sup>	12,67 <sup>c</sup>	28,75 <sup>c</sup>
Soja	1,37 <sup>d</sup>	0,75 <sup>d</sup>	1,12 <sup>d</sup>	1,75 <sup>d</sup>

Médias (n=2) seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

De acordo com o observado na Tabela 10 a farinha de arroz branco polido apresentou os maiores valores para viscosidade máxima, viscosidade de quebra,

capacidade de retrogradação e viscosidade final comparado a farinha de trigo, arroz parboilizado e soja.

A viscosidade de pastas de amido, avaliada em viscoamilógrafo parece ser determinada por dois fatores: o grau de inchamento dos grânulos e a resistência desses grânulos à dissolução pelo calor ou a fragmentação pela agitação mecânica (CEREDA, 2003). Segundo o mesmo autor amidos ricos em amilose apresentam grânulos com inchamento limitado, devido à rigidez interna das moléculas lineares fortemente associadas, os grânulos desses amidos não incham o suficiente para formar pastas viscosas quando cozidos em água sob condições normais. No entanto, a farinha de arroz branco polido, de alta amilose mostrou grande capacidade de inchamento, representado pelo elevado valor de viscosidade máxima e pela curva obtida (Figura 7). O resultado encontrado para viscosidade máxima foi semelhante ao encontrado por Zhou et al. (2002).

A viscosidade máxima representa o valor da viscosidade no ponto máximo da curva, obtido durante o ciclo de aquecimento.

A quebra de viscosidade é função da fragilidade dos grânulos inchados, por ação do calor e agitação mecânica (CEREDA, 2000). Segundo Cereda (2003) quanto maior a quebra maior a retrogradação das pastas. Este fato foi verificado para todas as farinhas.

A viscosidade final é medida durante o ciclo de resfriamento e corresponde ao valor observado quando os elementos presentes na pasta começam a se associar ou retrogradar, aumentando a viscosidade.

A retrogradação tem grande importância no que diz respeito à perda de qualidade em alimentos a base de cereais durante a estocagem, implica em aumento da firmeza dos produtos, dureza, e opacidade, além da eliminação de parte da água absorvida na gelatinização, ocorrendo a sinerese (GALERA, 2006). Amidos de diferentes fontes botânicas retrogradam em diferentes valores de temperatura (CEREDA et al. 2001). O resultado obtido para a retrogradação do arroz branco polido foi semelhante ao encontrado por Hu et al. (2004), que obteve o valor de 332 RVU para a retrogradação da farinha de arroz branco polido com teor de amilose de 26,8.

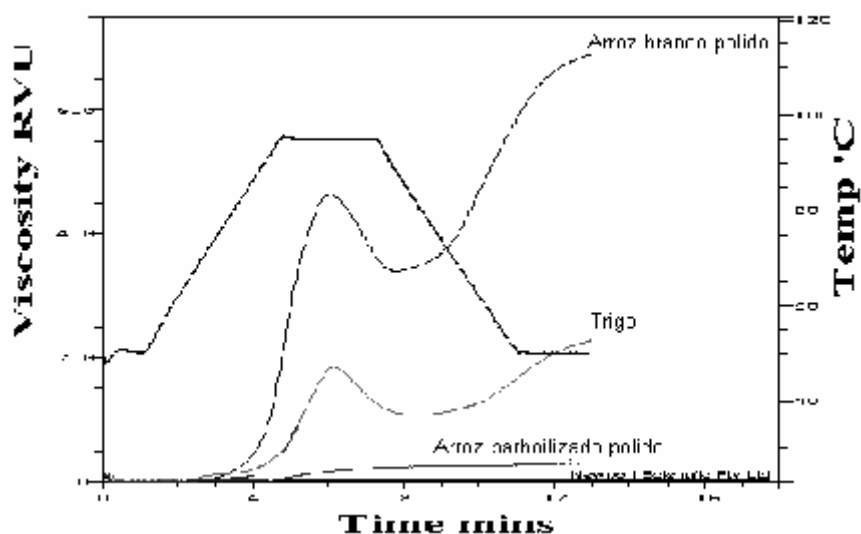
Segundo Philpot et al. (2006) a rápida cristalização da amilose e a lenta recristalização da amilopectina são os dois mecanismos mais susceptíveis de afetar a retrogradação de géis de farinha de arroz. Segundo o mesmo autor os processos

de retrogradação dependem do teor de amilose do arroz, do teor de amilose livre, não complexada com lipídios, e da distribuição do peso molecular da amilose. Se a amilose encontra-se complexada com lipídios é incapaz de contribuir para a formação de rede uma vez que só é liberada em temperaturas acima de 100°C.

O arroz parboilizado polido apresentou o menor valor de viscosidade máxima, viscosidade de quebra, retrogradação e viscosidade final comparado ao trigo e ao arroz branco polido.

A estrutura da amilose e amilopectina desempenha um papel importante nas propriedades de pasta do amido, e apesar do arroz branco polido e parboilizado polido apresentarem o mesmo teor de amilose, seus valores de propriedades de pasta e comportamento das curvas (Figura 9) foram diferentes. Este fato é devido às mudanças ocorridas com o amido na parboilização, onde ocorre gelatinização do amido dos grãos de arroz, que começa na operação de encharcamento e se completa na autoclavagem. Após a gelatinização, nas operações de secagem ocorre a retrogradação do amido. Nesse processo irreversível, a amilose forma um complexo, onde se torna indisponível para retrogradar, afetando as características viscoamilográficas do amido (GULARTE, 2006).

Como era esperado, a farinha de soja apresentou os menores valores de viscosidade máxima, quebra, retrogradação e viscosidade final, devido ao fato do amido ser o componente em menor proporção nesta farinha, e por isso, nem mesmo sua curva pode ser visualizada na Figura 9.



**Figura 9.** Curvas viscoamilográficas das farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido

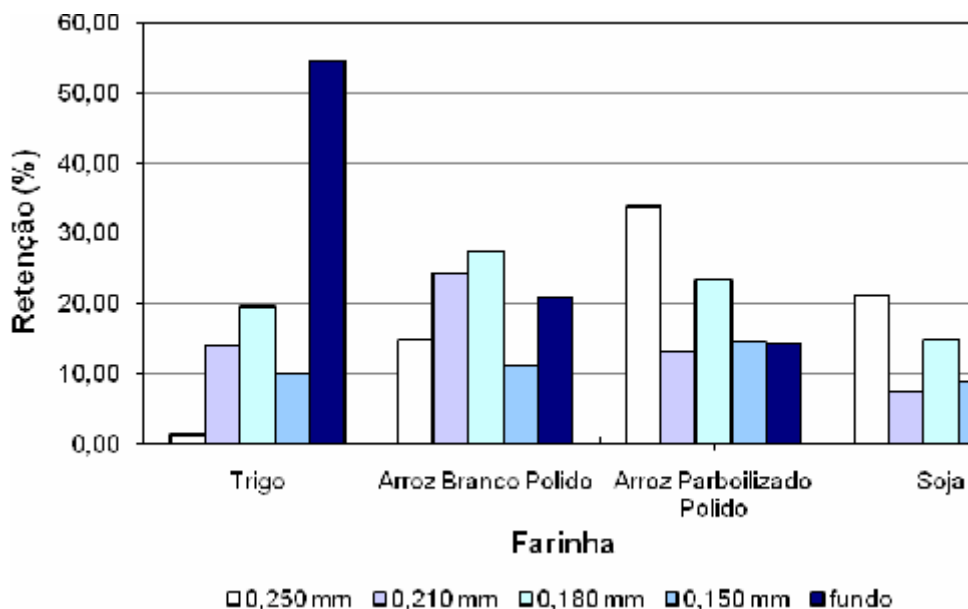
Ao analisar a curva observa-se que a viscosidade da farinha de arroz branco polido foi significativamente mais elevada que a farinha de trigo e a de arroz parboilizado. De acordo com Deshpande et al. (1983), a altura do pico de viscosidade pode refletir a habilidade dos grânulos de amido de se intumescerem, livremente, antes de suas quebras físicas.

Segundo o mesmo autor, os amidos que intumescem em maior grau são menos resistentes às quebras no cozimento e, portanto a viscosidade pode diminuir significativamente após ter atingido o valor máximo. Este fato não foi verificado, sendo que a farinha de arroz branco polido apresentou alta viscosidade final.

Dang e Copeland (2004) encontraram uma curva semelhante para o arroz parboilizado, onde não foram observados as suas características de viscosidade máxima, viscosidade de quebra, capacidade de retrogradação e viscosidade final.

## 5.6 Granulometria

A classificação granulométrica das farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido e soja desengordurada está apresentada na Figura 10.



**Figura 10.** Granulometria das farinhas de trigo, arroz branco e parboilizado polido e soja desengordurada.

Percentual acima de 98% da farinha de trigo passou pela peneira 60 ABNT (0,250mm) conforme determina a Portaria n. 354, de 18 de julho de 1996 da ANVISA (2006).

A maior retenção na peneira de 0,250 mm foi observada para a farinha de arroz parboilizado polido, onde 33% da farinha ficou retida. Esta dificuldade da farinha de arroz parboilizado polido de passar pelas peneiras de menor abertura pode ser atribuída às modificações ocorridas com o amido e a estrutura do grânulo durante o processo de parboilização. Com a parboilização os grânulos de amido incrustados na matriz protéica, que constitui a massa endospermica, incham e se expandem até que encham os espaços intersticiais, originalmente preenchidos por ar ocluso, a estrutura do grão então se torna mais compacta (AMATO & ELIAS, 2005).

Os tamanhos das partículas das farinhas resultantes dos processos de moagem dos cereais têm influência direta na textura, nas características sensoriais e em características funcionais dos produtos, como absorção de água, viscosidade e absorção de óleo (WALDE et al, 2005).

Entende-se por farinha, sem outro qualificativo, o produto obtido a partir de moagem paulatina e programada do endosperma do grão até a obtenção de quantidades que oscilam entre 70 e 80% de grão limpo (SALINAS, 2002). À medida que o endosperma é reduzido em partículas menores alguns grânulos de amido são danificados mecanicamente, influenciando nas características da farinha. Durante esta moagem, uma pequena fração (5-8%) de grânulos de amido da farinha é fisicamente danificada. Grânulos fragmentados produzidos durante a moagem não apresentam birrefringência e a porcentagem de danificação varia com a sensibilidade de moagem e a dureza do grão.

A danificação por ação da moagem ou pela dureza dos grãos ocasiona aumento na absorção de água pela farinha, influenciando negativamente o produto final, pois a massa adquire uma consistência mais pegajosa, ocorrendo redução de volume nos pães e alteração da textura do miolo. Esses problemas tecnológicos ocorrem pelo rompimento de algumas ligações do tipo pontes de hidrogênio entre amilose e amilopectina, como também, pela facilidade da formação de pontes de hidrogênio entre a água e os grupos hidroxila (QUAGLIA, 1991)



## 5.7 Planejamento de mistura

Para cada avaliação foi feito uma comparação entre as misturas contendo farinha de arroz branco polido e as misturas contendo farinha de arroz parboilizado polido. De modo que a única variação de componente nas misturas encontra-se no componente  $X_3$ , sendo que os componentes  $X_1$  e  $X_2$ , farinha de trigo e de soja desengordurada, respectivamente, foram mantidos as mesmas proporções, como pode ser observado nas Tabelas 3 e 4.

### 5.7.1 Índice de absorção de água (IAA)

Os coeficientes das equações ajustados pelo modelo quadrático para o índice de absorção de água (IAA), assim como, seus erros padrões estão listados na Tabela 11.

**Tabela 11.** Coeficientes e erro padrão obtidos do modelo quadrático para o índice de absorção de água (IAA) das misturas com farinha de arroz branco polido e arroz parboilizado polido.

	Componentes originais				
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1X_2$	$X_1X_3$
<u>Arroz branco polido</u>					
Coefficiente da equação	5,41	18,31	6,95	-23,99	-7,32
Erro padrão do coeficiente	0,24	11,02	5,94	14,34	8,70
<u>Arroz parboilizado polido</u>					
Coefficiente da equação	5,35	-1,63	20,98	-0,45	-24,41
Erro padrão do coeficiente	0,40	18,51	9,98	24,09	14,62

$X_1$  = farinha de trigo;  $X_2$  = farinha de soja;  $X_3$  = farinha de arroz branco ou de arroz parboilizado polido

Na Tabela 12 são apresentadas as equações de regressão e os coeficientes de correlação para o índice de absorção de água (IAA) das misturas com farinha de arroz branco polido e arroz parboilizado polido.

**Tabela 12.** Equações de regressão e coeficientes de correlação do índice de absorção de água (IAA) para as misturas com farinha de arroz branco polido e de arroz parboilizado polido

Misturas com farinha de arroz branco polido	R <sup>2</sup>
IAA= 5,41X <sub>1</sub> + 18,31X <sub>2</sub> + 6,95X <sub>3</sub> – 23,99X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> – 7,32X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	0,81
Misturas com farinha de arroz parboilizado polido	
IAA= 5,35X <sub>1</sub> – 1,63X <sub>2</sub> + 20,98X <sub>3</sub> – 0,45X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> – 24,41X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	0,72

X<sub>1</sub> = farinha de trigo; X<sub>2</sub> = farinha de soja; X<sub>3</sub> = farinha de arroz branco ou de arroz parboilizado polido

R<sup>2</sup> = coeficiente de correlação

Para o índice de absorção de água (IAA) observa-se pelos coeficientes apresentados na Tabela 11 que a presença da farinha de soja (X<sub>2</sub>) contribuiu com maior significância para o aumento deste parâmetro nas misturas elaboradas com farinha de arroz branco polido.

Wally (2007) concluiu que o incremento de farinha de soja desengordurada em misturas com farinha de arroz aumentou os valores de absorção de água.

Este fato pode estar relacionado com a quantidade de proteína contida na farinha de soja (52,17%), a qual absorve em torno de 232% de água, valor relativamente alto comparado ao amido, que absorve cerca de 65% de água.

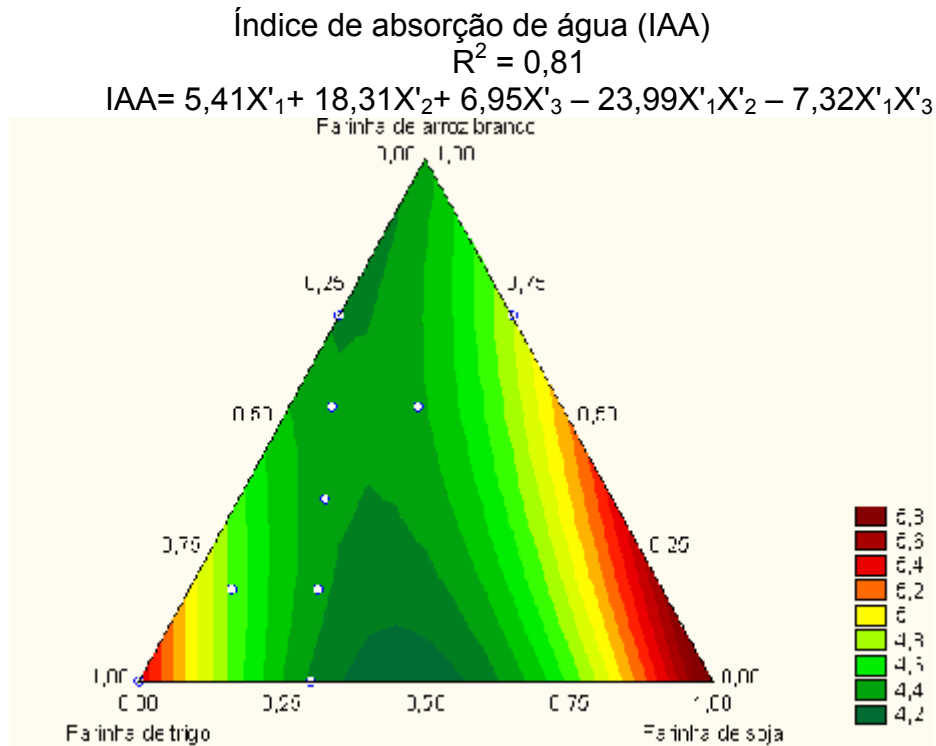
Para as misturas elaboradas com farinha de arroz parboilizado polido, a farinha de arroz parboilizado polido (X<sub>3</sub>) foi a que apresentou maior contribuição para o aumento do índice de absorção de água.

A influência maior da farinha de arroz parboilizado polido pode ser devido às mudanças ocorridas com os grânulos de amido durante o processo hidrotérmico de parboilização. Segundo Wang et al. (2005) quando os grânulos de amido são submetidos a tratamento térmico, ocorre um rompimento nas pontes de hidrogênio que ligam as moléculas em rede micelar e isso favorece a capacidade de hidratação, resultando num processo de intumescimento irreversível.

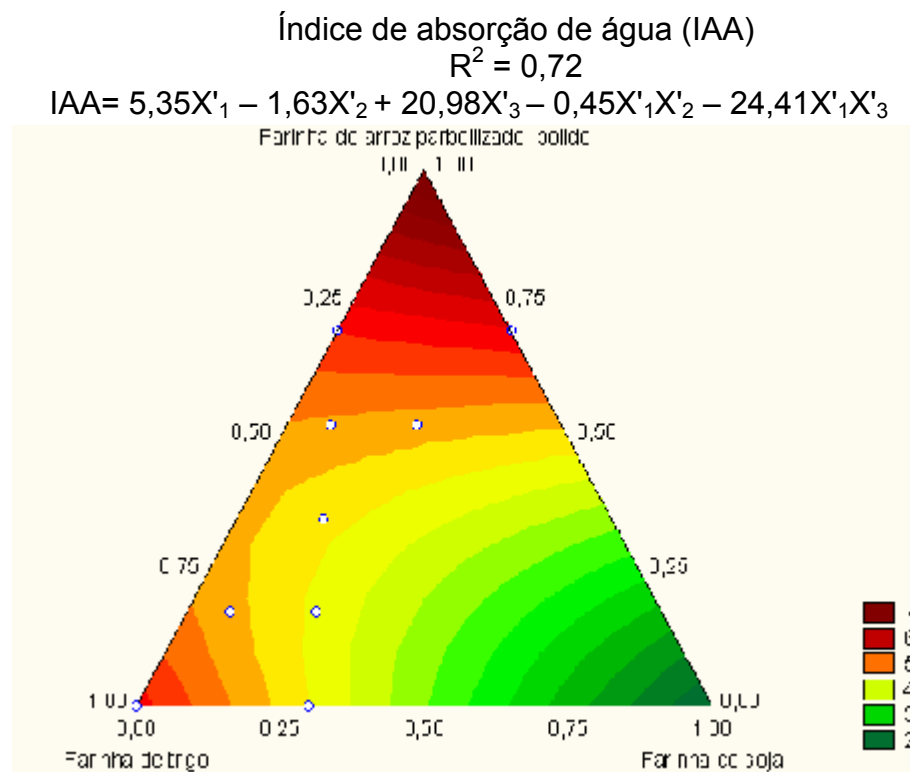
O maior índice de absorção de água das farinhas de arroz parboilizado polido, também pode ser devido aos danos causados nos grânulos de amido durante a moagem. Segundo Gutkoski et al. (2007) a absorção de água aumenta com a intensidade de danificação dos grânulos de amido.

Galera (2006) verificou que a substituição de farinha de trigo por farinha de arroz parboilizado polido causou aumento da absorção de água, medido em farinógrafo, sendo que a absorção de água pela farinha de trigo foi de 60%, e a mistura contendo 40% de arroz parboilizado atingiu uma absorção de 70% em peso.

O diagrama ternário mostrando a influência das farinhas de trigo, arroz branco polido e soja no índice de absorção de água (IAA) das misturas, está representado na Figura 11. Na Figura 12 está representado o diagrama ternário das misturas com farinha de arroz parboilizado polido.



**Figura 11.** Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo ao índice de absorção de água (IAA), das misturas com farinha de arroz branco polido, expresso em ml de água por 100g de amostra.



**Figura 12.** Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo ao índice de absorção de água (IAA), das misturas com farinha de arroz parboilizado polido, expresso em ml de água por 100g de amostra.

### 5.7.2 Índice de solubilidade em água (ISA)

Os coeficientes das equações ajustados pelo modelo quadrático para o índice de solubilidade em água (ISA), assim como seus erros padrões estão listados na Tabela 13.

**Tabela 13.** Coeficientes e erro padrão obtidos do modelo quadrático para o índice de solubilidade de água (ISA) das misturas com farinha de arroz branco e parboilizado polido

	Componentes originais				
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>
<u>Arroz branco polido</u>					
Coeficiente da equação	5,81	15,50	7,42	10,52	-7,74
Erro padrão do coeficiente	0,12	5,51	2,97	7,18	4,35
<u>Arroz parboilizado polido</u>					
Coeficiente da equação	5,86	14,81	10,42	12,69	-8,16
Erro padrão do coeficiente	0,04	1,88	1,01	2,45	1,48

X<sub>1</sub> = farinha de trigo; X<sub>2</sub> = farinha de soja; X<sub>3</sub> = farinha de arroz branco ou de arroz parboilizado polido

Na Tabela 14 são apresentadas as equações de regressão e os coeficientes de correlação para o índice de solubilidade de água (ISA) das misturas com farinha de arroz branco polido e arroz parboilizado polido.

**Tabela 14.** Equações de regressão e coeficientes de correlação do índice de solubilidade em água (ISA) para as misturas com farinha de arroz branco e parboilizado polido

Misturas com farinha de arroz branco polido	R <sup>2</sup>
ISA = 5,81X <sub>1</sub> ' + 15,50X <sub>2</sub> ' + 7,42X <sub>3</sub> ' + 10,52X <sub>1</sub> 'X <sub>2</sub> ' - 7,74X <sub>1</sub> 'X <sub>3</sub> '	0,99
<u>Misturas com farinha de arroz parboilizado polido</u>	

$$ISA = 5,86X_1' + 14,81X_2' + 10,42X_3' + 12,69X_1'X_2' - 8,16X_1'X_3' \quad 0,99$$

X<sub>1</sub> = farinha de trigo; X<sub>2</sub> = farinha de soja; X<sub>3</sub> = farinha de arroz branco ou de arroz parboilizado polido

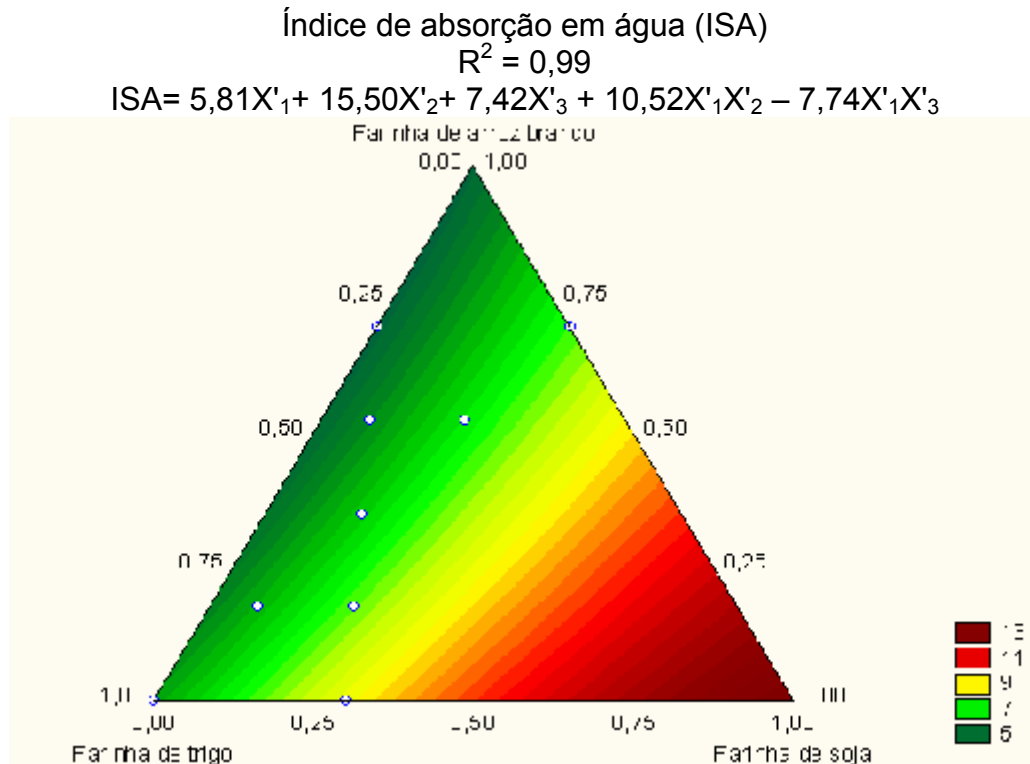
R<sup>2</sup> = coeficiente de correlação

Para o índice de solubilidade em água (ISA) observa-se pelos coeficientes apresentados na Tabela 13 que a presença da farinha de soja ( $X_2$ ) contribuiu com maior significância para o aumento deste parâmetro nas misturas elaboradas com farinha de arroz branco e parboilizado polido.

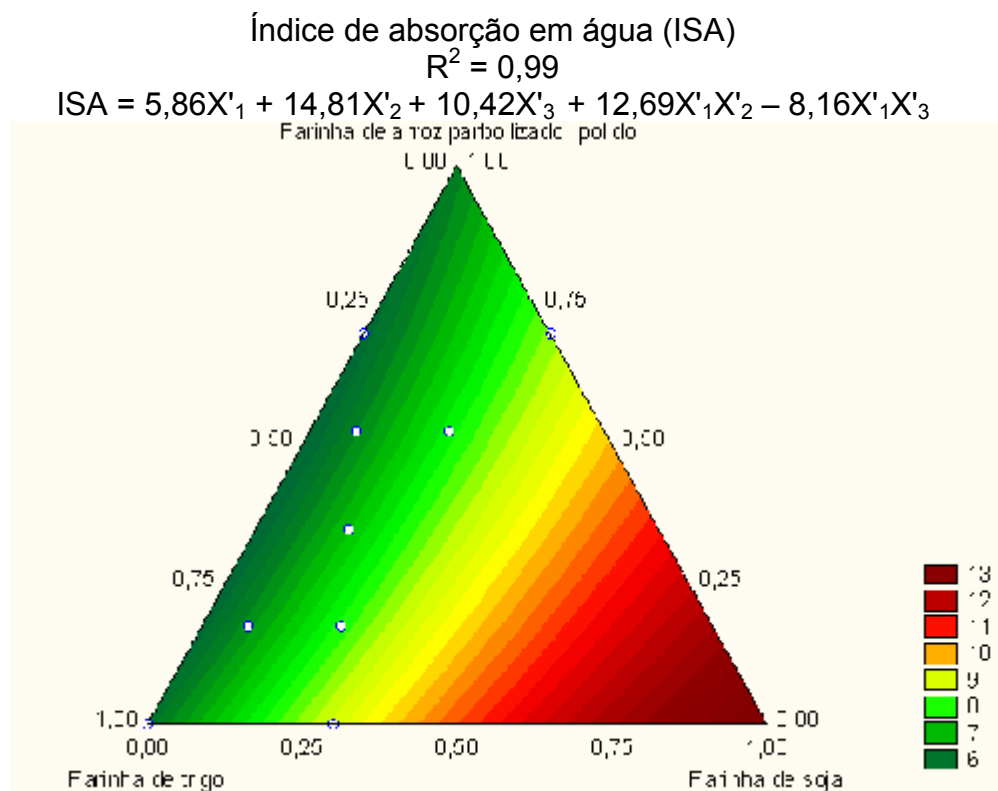
Este fato pode estar ligado à presença de suas proteínas. Chauhan & Bains (1985) observaram que o índice de solubilidade das misturas extrusadas de arroz aumentou nitidamente após a adição de farinha de soja desengordurada, resultado atribuído ao alto conteúdo de proteínas solúveis da soja.

Comparando-se os dois planejamentos, a presença da farinha de arroz parboilizado polido apresentou maior influência no índice de solubilidade em água do que a farinha de arroz branco polido. Este fato pode ser explicado à modificação da estrutura do amido provocada pelo processo de parboilização. Segundo Fernandes et al. (2002) o aumento do índice de solubilidade em água se deve, provavelmente, à fragmentação do amido, aumentando a quantidade de sólidos solúveis presentes.

O diagrama ternário mostrando a influência das farinhas de trigo, arroz branco polido e soja no índice de solubilidade em água (ISA) das misturas, está representado na Figura 13. Na Figura 14 está representado o diagrama ternário das misturas com farinha de arroz parboilizado polido.



**Figura 13.** Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo ao índice de solubilidade em água (ISA) das misturas com farinha de arroz branco polido, expresso em ml de água por 100g de amostra.



**Figura 14.** Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo ao índice de solubilidade em água (ISA) das misturas com farinha de arroz parboilizado polido, expresso em ml de água por 100g de amostra.

### 5.7.3 Capacidade de absorção de óleo (CAO)

Os coeficientes das equações ajustados pelo modelo quadrático para a capacidade de absorção de óleo (CAO), assim como seus erros padrões estão listados na Tabela 15.

**Tabela 15.** Coeficientes e erro padrão obtidos do modelo quadrático para a capacidade de absorção de óleo (CAO) das misturas com farinha de arroz branco e parboilizado polido

	Componentes originais				
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>
<u>Arroz branco polido</u>					
Coeficiente da equação	0,94	0,88	0,20	0,007	1,47
Erro padrão do coeficiente	0,02	1,23	0,66	1,61	0,97
<u>Arroz parboilizado polido</u>					
Coeficiente da equação	0,95	3,88	-2,65	-3,34	5,45
Erro padrão do coeficiente	0,05	2,52	1,36	3,28	1,99

X<sub>1</sub> = farinha de trigo; X<sub>2</sub> = farinha de soja; X<sub>3</sub> = farinha de arroz branco ou de arroz parboilizado polido

Na Tabela 16 são apresentadas as equações de regressão e os coeficientes de correlação para a capacidade de absorção de óleo (CAO) das misturas com farinha de arroz branco polido e arroz parboilizado polido.

**Tabela 16.** Equações de regressão e coeficientes de correlação da capacidade de absorção de óleo (CAO) para as misturas com farinha de arroz branco e parboilizado polido

<u>Misturas com farinha de arroz branco polido</u>	R <sup>2</sup>
CAO= 0,94X' <sub>1</sub> + 0,88X' <sub>2</sub> + 0,20X' <sub>3</sub> + 0,007X' <sub>1</sub> X' <sub>2</sub> + 1,47X' <sub>1</sub> X' <sub>3</sub>	0,73
<u>Misturas com farinha de arroz parboilizado polido</u>	
CAO= 0,95X' <sub>1</sub> + 3,88X' <sub>2</sub> - 2,65X' <sub>3</sub> - 3,34X' <sub>1</sub> X' <sub>2</sub> + 5,45X' <sub>1</sub> X' <sub>3</sub>	0,76

X<sub>1</sub> = farinha de trigo; X<sub>2</sub> = farinha de soja; X<sub>3</sub> = farinha de arroz branco ou de arroz parboilizado polido

R<sup>2</sup> = coeficiente de correlação



Nas misturas elaboradas com farinha de arroz branco polido, observa-se pelos coeficientes apresentados na Tabela 15, que a presença da farinha de trigo ( $X_1$ ) contribuiu com maior significância para o aumento da capacidade de absorção de óleo, até mesmo na presença simultânea da farinha de arroz branco polido ( $X_1X_3$ ).

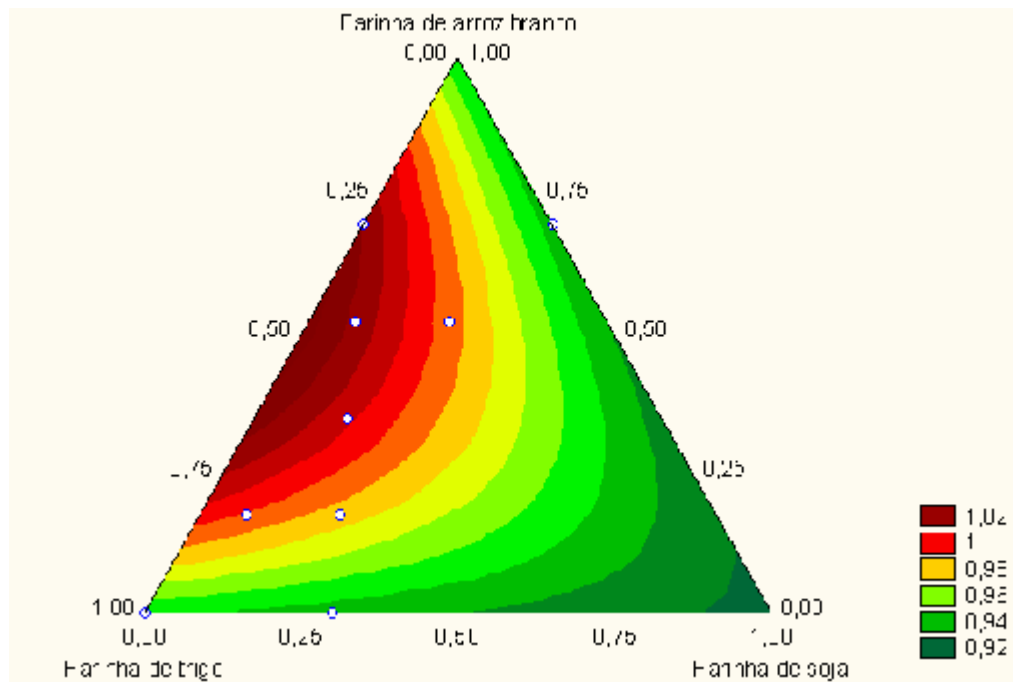
A presença simultânea da farinha de trigo e de soja ( $X_1X_2$ ) demonstrou a menor capacidade de absorção de óleo nas misturas com farinha de arroz branco polido.

Nas misturas com farinha de arroz parboilizado polido, observa-se pelos coeficientes apresentados na Tabela 15, que a presença da farinha de soja ( $X_2$ ) contribuiu com maior significância para o aumento da capacidade de absorção de óleo. A farinha de arroz parboilizado polido ( $X_3$ ) apresentou a menor capacidade de absorção de óleo nas misturas.

Estudos realizados por Galera (2006) mostram que produtos de panificação como os sonhos, elaborados com farinha de arroz parboilizado polido tiveram menor teor de lipídios em relação aos sonhos elaborados com farinha de arroz branco polido. No entanto o autor sugere testes adicionais, pois não ocorreu uma diminuição ou aumento regular no teor de lipídios totais à medida que a farinha de trigo foi substituída por farinha de arroz.

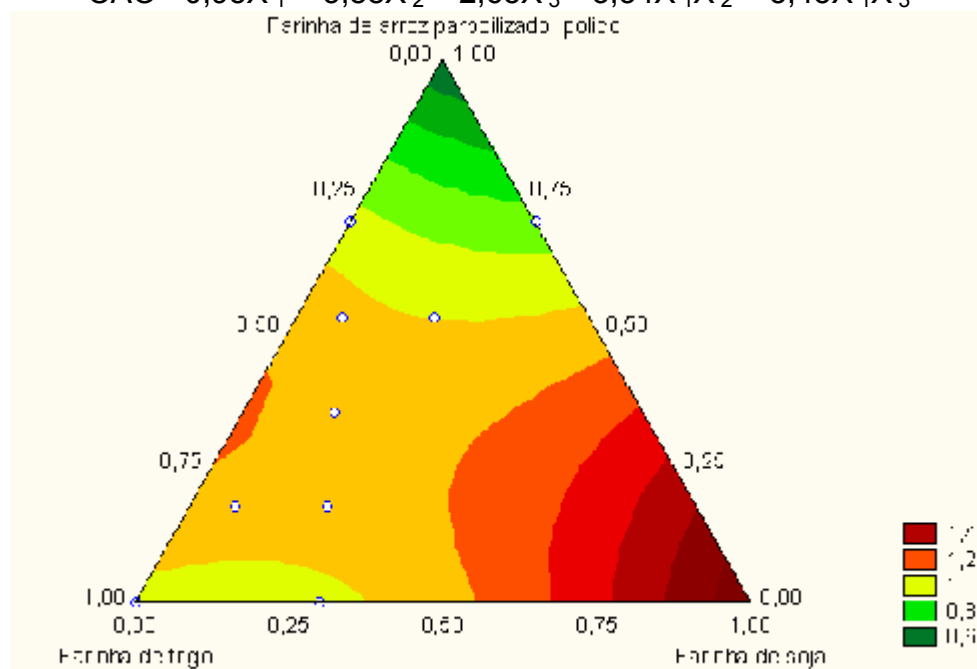
O diagrama ternário mostrando a influência das farinhas de trigo, arroz branco polido e soja na capacidade de absorção de óleo (CAO) das misturas, está representado na Figura 15. Na Figura 16 está representado o diagrama ternário das misturas com farinha de arroz parboilizado polido.

Capacidade de absorção de óleo (CAO)  
 $R^2 = 0,73$   
 $CAO = 0,94X'_1 + 0,88X'_2 + 0,20X'_3 + 0,007X'_1X'_2 + 1,47X'_1X'_3$



**Figura 15.** Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo a capacidade de absorção de óleo (CAO) das misturas com farinha de arroz branco polido, expresso em ml de água por 100g de amostra.

Capacidade de absorção de óleo (CAO)  
 $R^2 = 0,73$   
 $CAO = 0,95X'_1 + 3,88X'_2 - 2,65X'_3 - 3,34X'_1X'_2 + 5,45X'_1X'_3$



**Figura 16.** Diagrama ternário da superfície de resposta do modelo quadrático relativo à capacidade de absorção de óleo (CAO) das misturas com farinha de arroz parboilizado polido, expresso em ml de água por 100g de amostra.

## 6 Conclusões

- A parboilização promove aumento dos teores de amido resistente, fibra alimentar e ácido fólico em comparação ao arroz branco, bem como reduz os valores de viscosidade das farinhas.
- Em misturas ternárias de farinha de trigo, arroz branco polido e soja desengordurada, o trigo contribui para a elevação na capacidade de absorção de óleo.
- O uso de arroz parboilizado na elaboração de farinhas mistas com trigo e soja desengordurada propicia aumento do índice de absorção de água, redução da capacidade de absorção de óleo, sem alterar o índice de solubilidade em água.
- O aumento da proporção de farinha de soja resulta em elevação do índice de solubilidade em água tanto em misturas com farinha de arroz branco como em misturas com farinha de arroz parboilizado polido.

## 7 Referências

- AACC, AMERICAN ASSOCIATION CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC International**. 10<sup>a</sup> ed. St Paul, 2000.
- AACC, AMERICAN ASSOCIATION CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC International**. 8th ed. Saint Paul, 1995.
- ABIAP. Associação Brasileira das Indústrias de Arroz Parboilizado. Disponível em: <[www.abiap.com.br](http://www.abiap.com.br)>. Acesso em: 20 fev. 2009.
- AGYAREA, K. K.; ADDO, K.; XIONG, Y. L.; AKOH, C. C. Effect of structured lipid on alveograph characteristics, baking and textural qualities of soft wheat flour. **Journal of Cereal Science**. United States Americam, v. 42, p. 309-316, 2005.
- AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V.; SILVEIRA, F. S. **Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002. 240p
- AMATO, G. W.; ELIAS, M. C. **A parboilização do arroz**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2005. 160p.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC**. 8th ed. Saint Paul, 1999.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JUNIOR, E. L. Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, St. Paul, v. 14, n. 1, p. 4-12, 1969.
- ANDRADE, E. C. B. **Análise de alimentos: uma visão química da nutrição**. São Paulo: Livraria Varela, 2006. 238p.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)>. Acesso em: 20 jan.2009.
- AQUARONI, E. **Biotecnologia industrial**. v. 4. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 2001.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 16th ed. Washington: AOAC, 1995. 1018p.
- BHATTACHARYA, K. Parboiling of rice. In: JULIANO, B. O. (ed.) **Rice Chemistry and Technology**. 2nd ed. St Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, p. 289-348, 1985.
- BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; LUCIA, S. M .D.; PEREIRA, P. C.; MORAES, A. R. F.; CASTRO, V. C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim do Ceppa**. v. 24, n. 1, p. 145-162, 2006.

BRASIL, **Resolução CNNPA nº 14, de 28 de junho de 1978** - Padrão de identidade e qualidade para farinha desengordurada de soja, proteína texturizada de soja, proteína concentrada de soja, proteína isolada de soja e extrato de soja. Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, 03 jun. 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 jun. 2005, Seção 1, n. 105, p. 91

BRASIL, **Resolução CNNPA nº 12, de 24 de julho de 1978** - Padrão de identidade e qualidade para os alimentos (e bebidas). Ministério da saúde.

CALAVERAS, J. **Tratado de panificación y bollería**. 1ª ed. Madrid: AMV Ediciones, 1996. 469p.

CARDOSO, M. B. **Características tecnológicas e funcionais de farinhas mistas de arroz e trigo para elaboração de sopas**. 2003. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CARVALHO, D. **Controle de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas**. Granotec do Brasil (apostila), 1999.

CARVALHO, R.V.; ASCHERI, J.L.R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, Ponta Grossa, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.; DEMIATE, I. M. Amidos modificados. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003, v.3. Cap.12, p. 246-332.

CHAUHAN, G. S.; BAINS, G. S. Effect of defatted soy flour on the physico-chemical characteristics of extruded rice products. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 22, n. 2, p. 115-118, 1985.

CHUNG, H.J.; LIU Q.; HOOVER, R. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, n. 3, p. 436-447, 2009.

COLONNA, P.; DOUBLIER, J. L.; MELCION, J. P.; MONREDON, F.; MERCIER, C. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch, part I, physical and macromolecular modifications. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 61, n. 6, p. 538-543, 1984.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/5graos\\_08.09.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/5graos_08.09.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2009.

CORNELL, J. A. **Experiments with mixture-designs, models and the analysis of mixture data**. New York: Jwiley, 3<sup>a</sup> ed., 2002, 432p.

CRAVEIRO, A.; CRAVEIRO, A. C.; QUEIROZ, D.C. **Alimentos funcionais: a nova revolução**. Fortaleza: PADETEC/UFC, 2003. 282p.

CREPALDI, P. F. **Desenvolvimento e validação de metodologia por CLAE para o estudo da estabilidade do ácido fólico em arroz enriquecidos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de engenharia de alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

DANG, J.M.C.; COPELAND, L. Genotype and Environmental Influences on Pasting Properties of Rice Flour. **Cereal Chemistry**. Austrália. n. 81, v. 4, p.486–489, 2004.

DEEPA, G; SINGH, V; NAIDU, A. Nutrient composition and physicochemical properties of Indian medicinal rice – Njavara. **Food Chemistry**. Índia, v. 106, p.165–171, 2008.

DENARDIN, C. C. **Influência do teor de amilose e beneficiamento do arroz na resposta biológica de ratos**. 2008. 162p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

DENARDIN, C.C.; SILVA, L. P.; HECKTHEUER, L. H. R. Propriedades sensoriais e aceitabilidade de bolos elaborados com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de arroz. In: IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado; XXVI Reunião da Cultura do Arroz Irrigado. **Anais do IV Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado e XXVI Reunião da Cultura do Arroz Irrigado**. Pelotas, 2005.

DERYCKE, V.; VERAVERBEKE, W. S.; VANDEPUTTE, G. E.; DE MAN, W.; HOSENEY R. C.; DELCOUR, J. A. Impact of Proteins on Pasting and Cooking Properties of Nonparboiled and Parboiled Rice. **Cereal Chemistry**. Bélgica, v. 82, n. 4, p. 468–474, 2005.

- DESHPANDE, S.S.; RANGNEKAR, P.D.; SATHE, S.K.; SALUNKHE, D.K. Functional properties of wheat-bean composite flours. **Journal of Food Science**, India. v.48, p.1659-1662, 1983.
- DOBRSZCZYK, B. J.; MORGENSTERN, M. P. Rheology and the breadmaking process. **Journal of Cereal Science**, v. 38, n. 2, p. 229-245, 2003.
- EGGUM, B. O., JULIANO, B. O., PEREZ, C. M., ACEDO, E. F. The resistant starch, undigestible energy and undigestible protein contents of raw and cooked milled rice. **Journal of Cereal Science**. v. 18, p. 159-170, 1993.
- EL DASH, A. et al. **Tecnologia de farinhas mistas**: uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães. Brasília, DF: EMBRAPA, 1994. 89p.
- EL-DASH, A.; CABRAL, L. C.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas**. Empresa Brasileira de Pesquisa, Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos. – Brasília: Embrapa-SPI, 1994.
- ELIAS, M. C. **Efeitos da espera para secagem e do tempo de armazenamento na qualidade das sementes e grãos do arroz irrigado**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1998.
- ELIAS, M.C. **Tecnologia de óleos, gorduras e proteínas vegetais. Pólo de inovação tecnológica em alimentos da região sul**. Laboratório de Pós-colheita, industrialização e qualidade de grãos. Pelotas. 2007.
- ELIAS, M. C.; FRANCO, D. F. **Pós-colheita e Industrialização de Arroz**. In: Ariano Martins de Magalhães Júnior; Algenor da Silva Gomes; Alberto Baêta dos Santos. **Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil**. 1 ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006, v.1, p.229-240.
- EMBRAPA arroz e feijão. Disponível em: <[www.cnpaf.embrapa.br](http://www.cnpaf.embrapa.br)>. Acesso em: 20 fev. 2009.
- EMBRAPA trigo. Disponível em: < <http://www.cnpt.embrapa.br/>>. Acesso em: 02 mar. 2009.
- ESPOSITO, F.; ARLOTTI, G.; BONIFATI, A, M.; NAPOLITANO, A.; VITALE, D.; FOGLIANO, V. Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. **Food Research International**. Itália. v. 38, p. 1167-1173, 2005.
- FARONI, L. R. D. et al. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 115-119, 2007.
- FERNANDES, M. S.; WANG, S.H.; ASCHERI, J.L.R.; OLIVEIRA, M.F.; COSTA, S.A.J. Produtos extrusados expandidos de misturas de canjiquinha e soja para uso

como petiscos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1495-1501, 2002.

FOKKEMA, M.R., MEIJER, W.M., JONG-VAN DEN BERG, L.T.W. Benefits and concerns regarding folic-acid fortification. **Nederlands Tijdschrift voor Klinische Chemie en Laboratoriumgeneeskunde**, v. 30, n. 3, p. 218-223, 2005.

FRANCO, C. M. L. et al.. **Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas: propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 1. 2002. 327p.

FRITAS, A. A., Kwiatkowski, A., TANAMATI, A. A. C., FUCHS, R. H. B. Uso de farinha de batata inglesa (*solanum tuberosum* L.) cv. monalisa em misturas para cobertura de empanados de frango. **Ciências exatas e da terra, ciências agrárias e engenharias**. v. 11, n. 2, p. 17-26, 2005.

FREITAS, D. Z., SILVA, P. M., GULARTE, M. A. Influência da renda nas preferências de consumo de arroz. In: VI Simpósio de Alimentos para a região sul, 2009, Passo Fundo. **Anais do VI Simpósio de Alimentos para a região sul**. Passo Fundo, 2009.

GALERA, J. S. **Substituição parcial da farinha de trigo por farinha de arroz (*Oryza sativa* L.) na produção de sonho – estudo modelo**. 2006. 99p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GERMANI, R. Qualidade de farinha de trigo e panificação. In: SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2003, Rio de Janeiro. **Apostila...** Rio de Janeiro, UFRuralRJ, 2003. 74p.

GOMEZ, M.H.; AGUILERA, J.M. Changes in the starch fraction during extrusion cooking of corn. **Journal of Food Science**, Chicago, vol. 48, n. 2, p. 378-381, 1983.

GRANDVOINET, P; PRATX, B. **Los ingredientes de las masas: harinas y mixes**. Barcelona: montagned editores, 1996. 545p.

GUARIENTI, E. M. **Fazendo pães caseiros**, 1 ed. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, v. 1. 90p, 2004.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade Industrial do trigo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2ª Edição, 1996.

GUJRAL, H.S.; ROSELL, C.M. Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase. **Food Research International**, India, v. 37, n.1, p. 75-81, 2004.



GULARTE, M. A. **Arroz: propriedades de consumo e preferências do consumidor**. Disponível em: <[www.congressorizicola.org.br](http://www.congressorizicola.org.br)>. 2004. Acesso em: 05 março 2009.

GULARTE, M.A.; ELIAS, M.C.; SCHIRMER, M.A.; CARDOSO; M.B.; WALLY; A.P.S.; OLIVEIRA, M. Efeitos da parboilização em parâmetros tecnológicos e características sensoriais de arroz. In: II Congresso Brasileiro da Cadeia Produtiva de Arroz e VIII Reunião Nacional da Pesquisa de Arroz. **Anais do II Congresso Brasileiro da Cadeia Produtiva de Arroz e VIII Reunião Nacional da Pesquisa de Arroz**. Brasília, 2006.

GUTKOSKI, L. C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; SILVA, A. C. T.; ELIAS, M. C. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n.28, v. 4, p. 888-894, 2008.

GUTKOSKI, L. C.; PAGNUSSATT, F. A.; SPIER, F.; PEDÓ, I. Efeito do teor de amido danificado na produção de biscoitos tipo semi-duros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 119-124, 2007.

GUTKOSKI, L.C. Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997, 241p.

HEINEMANN, R. J. B.; BEHRENS, J.H.; LANFER-MARQUEZ, U. M. A study on the acceptability and consumer attitude towards parboiled rice. **International Journal of Food and Science Technology**, v.41, n. 6, p. 627-634, 2006.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L. ; PINTO, E. A.; PENTEADO, M. V. C.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, Brasil, v.18, p. 287–296, 2005.

HELBIG, E.; ROMANO, C. M.; RADUNZ, A. L.; RUTZ, D.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Efeitos da amilose e do processamento na formação e estabilidade do amido resistente em arroz. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 296-301, 2007

HELBIG, E. **Efeito do teor de amilose e da parboilização do arroz na formação de amido resistente e nos níveis glicêmico e lipêmico de ratos *wistar***. 2007. 89p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

- HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. 327p.
- HOSENEY, R. C. **Principios de ciencia y tecnología de los cereales**. Espanha: Acribia, 1991. 321p.
- HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. 825p.
- HU, P.; ZHAO, H.; DUAN, Z.; LINLIN, Z.; WU, D. Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents. **Journal of Cereal Science**. v. 40, p. 231-237, 2004.
- HUNG, P. V.; YAMAMORY, M.; MORITA, N. **Formation of Enzyme Resistant Starch in Bread as Affected by High-Amylose Wheat Flour Substitutions**. *Cereal Chemistry*, v. 82, n. 6, p.690-694, 2005.
- JULIANO, B. O.; FAO. **Rice in Human Nutrition**. FAO, Rome. Disponível em: <<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/t0567e/t0567e00.htm>> Acesso em 01 març. 2009.
- KALTER, H. Folic acid and human malformations: a summary and evaluation. **Reproductive Toxicology**, v. 14, p. 463-76, 2000.
- KENNEDY, G. et al. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, v.51, p.33-42, 2002.
- LIN, M. J. Y.; HUMBERT, E. S.; SOSULSKI, F. W. Certain functional properties of sunflower meal products. **Journal of Food Science**, n. 2, p. 368-370, mar. 1974.
- LUH B. S. **Cereals processing technology**, Vol. I, ed Gavin Owens, New York NY, 2001.
- LUZ, M. L. G. S. **Efeitos das condições de secagem complementar a parboilização de arroz (*Oryza sativa*, L.) sobre suas características industrial, comercial e de consumo**. Pelotas, 1991. 123p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, UFPel, 1991.
- MANN, G.; DIFFEY, S.; Comparison of small-scale and large-scale mixing characteristics: correlations between small-scale and large-scale mixing and extensional characteristics of wheat flour dough. **Journal of Cereal Science**. Australia, v. 47, p. 90-100, 2008.
- MARTINEZ, C.Y.; CUEVAS, F. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz**. Guia del estudio. Cali: CIAT. 1989. 75 p.

- MONTGOMERY, D. C.; VOTH, S. R. Multicollinearity and leverage in mixture  
MURPHY, M. M.; DOUGLASS, J. S.; BIRKETT, A. Resistant Starch Intakes in the United States. **Journal American Dietetic Association**. Bridgewater, v. 108, p. 67-78, 2008.
- NEITZEL, L. H. **Influência da formulação no congelamento de massa de bolo e na qualidade do produto final**. 2006. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- NITZKE, J. A. **Terra de arroz**. Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFRGS. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/icta/agronom/arroz/esqarroz.htm>> Acesso em 02 abr. 2009.
- ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos**. vol. 1. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p.
- PARK, C. S.; BAIK, B. K. Relationship between protein characteristics and instant noodle making quality of wheat flour. **Cereal Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 159-164, 2004.
- PARK, H.; SEIB, P. A.; CHUNG, O. K.; Fortifying Bread with a Mixture of Wheat Fiber and Psyllium Husk Fiber Plus Three Antioxidants. **Cereal Chemistry**, v. 74, n. 3, p. 207-211, 1997.
- PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. 2003. 135p. Tese (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto.
- PIEPEL, G.F. e CORNELL, J. A. Mixture experiments approaches: Examples, discussion, and recommendations. **Journal of Quality Technology**. Wisconsin, v. 26, n.3, p. 177-196, 1994.
- PROMYLOGRAPH. **Betriebsanleitung für den promylograph**. Blasen: Max Egger Largeräte, 2001.
- QUAGLIA, G. **Ciência y Tecnología de La Panificación**. Editora Acribia, S.A. Zaragoza, Espanha. 485p. 1991.
- QUEJI, M. F. D; SCHEMIN, M. H. C; TRINDADE, J. L. F. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**. Ponta Grossa, v.12, n.2, p. 21-29, 2006.

- QUIRCE, A. G. et al. **Materias primas de panadería y pastelería**. Palencia: Junta de Castilla y Leon, 2002. 310p.
- RYCHLIK, M. Revised folate content of foods determined by stable isotope dilution assays. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 17, p. 475-83, 2004.
- SABANIS, D.; LEBESI, D.; TZIA, C.; Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free Bread. *Food Science and Technology*, Grécia, p. 1–10, 2009.
- ROSIN, P.M., LAJOLO, F.M., MENEZES, E.W., Measurement and characterization of dietary starches. **Journal of Food Compositions and Analysis**, v. 15, p. 367–377, 2002.
- SAGUM, R.; ARCOT, J. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and in vitro starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying levels of amylose. **Food Chemistry**, Barking, v. 70, n. 1, p. 107-111, 2000.
- SALINAS, R. D. **Alimentos e Nutrição: Introdução à Bromatologia**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- SASAKI, T.; YASUI, T.; KOHYAMA K. Influence of Starch and Gluten Characteristics on Rheological Properties of Wheat Flour Gel at Small and Large Deformation, **Cereal Chemistry**, Japão, v.85, n. 3, p.329-334, 2008.
- SGARBIERI, V. C.; **Proteínas em Alimentos Protéicos: Propriedades-degradações – modificações**. São Paulo: Varela, 1996.
- SHAMAI, K.; BIANCO-PELED, H.; SHIMONI, E. Polymorphism of resistant starch type III, **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 54, p. 363-369, 2003.
- SIVARAMAKRISHNAN, H.P., SENGE, B., CHATTOPADHYAY, P.K. Rheological properties of rice dough for making rice bread. **Journal Food Engineering**, Índia, v. 62, n.1, p. 37-45, 2004.
- STORCK, C. R. **Variação na composição química em grãos de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos**. 2004. 121p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- TREDUS, G. A. S.; ORMENESE, R. C. S.; SPERANZA, S. M.; CHANG, Y. K.; BUSTOS, F. M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n.1, p.20-25, 2001.

- VASCONCELOS, A. C.; PONTES, D. F.; GARRUTI, D. S.; SILVA, A. P. V. processamento e aceitabilidade de pães de forma a partir de ingredientes funcionais: farinha de soja e fibra alimentar. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.17, n.1, p.43-49, 2006.
- WALDE, S. G.; TUMMALA, J.; LAKSHMINARAYAN, S.M.; e BALARAMAN, M.; The effect of rice flour on pasting and particle size distribution of green gram (*Phaseolus radiate*) dried batter. **International Journal of Food Science and Technology**, v.40, p.935-942, 2005.
- WALLY, A.P. **Características de panificação, sensoriais e nutricionais de farinhas mistas de trigo, arroz e soja**. 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.
- WALTER, M. **Amido resistente: metodologias de quantificação e resposta biológica em ratos**. 2005. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- WALTER, M.; SILVA, L. P.; DENARDIN, C. C. Rice and resistant starch: different content depending on chosen methodology. **Journal of Food Composition and Analysis**, Brasil, v. 18, p. 279–285, 2005.
- WANG, S. H.; OLIVEIRA, M. F.; COSTA, P. S.; ASCHERI, J. L. R.; ROSA, A. G. Farinhas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão para massas de pizza. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.389-395, 2005.
- WANG, S. H.; OLIVEIRA, M. F.; COSTA, P. S.; ASCHERI, J. L. R.; ROSA, A. G. Farinhas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão para massas de pizza. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 40, n. 4, p. 389-395, 2005.
- YUE, P. & WARING, S. Resistant starch in food applications. **Cereal Food World**, v.43, n.9, p.690-695, 1998.
- ZAMBIAZI, R. C. **Tecnologia de óleos e gorduras**. Apostila.....Pelotas, 2006
- ZHOU, Z., ROBARDS, K., HELLIWELL, S., BLANCHARD, C. Composition and functional properties of rice. **Internacional Journal Food and Technology**, v. 37, p. 849-868, 2002.

## ANEXOS

## ANEXO A – Planejamento de misturas com arroz branco – ANOVA

Índice de absorção de água (IAA)

Fonte de variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F calculado	p
Falta de ajuste	1,1397	4	0,2849	4,3433	0,0919
Erro Puro	0,2624	4	0,0656		
Total	1,4022	8	0,1752		

F tabelado (GL regressão, GL resíduo)

F tabelado (4, 4) = 6,39

Índice de solubilidade de água (ISA)

Fonte de variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F calculado	p
Falta de ajuste	11,35006	4	2,837515	172,5876	0,000099
Erro Puro	0,06576	4	0,016441		
Total	11,41582	8	1,426978		

F tabelado (GL regressão, GL resíduo)

F tabelado (4, 4) = 6,39

Capacidade de absorção de óleo (CAO)

Fonte de variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F calculado	p
Falta de ajuste	0,009045	4	0,002261	2,732433	0,176882
Erro Puro	0,003310	4	0,000828		
Total	0,012356	8	0,001544		

F tabelado (GL regressão, GL resíduo)

F tabelado (4, 4) = 6,39

## ANEXO B – Planejamento de misturas com arroz parboilizado – ANOVA

Índice de absorção de água (IAA)

Fonte de variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F calculado	p
Falta de ajuste	1,940026	4	0,485007	2,620964	0,186682
Erro Puro	0,740196	4	0,185049		
Total	2,680222	8	0,335028		

F tabelado (GL regressão, GL resíduo)

F tabelado (4, 4) = 6,39

Índice de solubilidade de água (ISA)

Fonte de variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F calculado	p
Falta de ajuste	10,34061	4	2,585154	1347,338	0,000002
Erro Puro	0,00767	4	0,001919		
Total	10,34829	8	1,293536		

F tabelado (GL regressão, GL resíduo)

F tabelado (4, 4) = 6,39

Capacidade de absorção de óleo (CAO)

Fonte de variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F calculado	p
Falta de ajuste	0,045355	4	0,011339	3,302552	0,136947
Erro Puro	0,013733	4	0,003433		
Total	0,059089	8	0,007386		

F tabelado (GL regressão, GL resíduo)

F tabelado (4, 4) = 6,39

# Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)



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