UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Área de Bromatologia

Caracterização dos farelos de arroz irrigado e de sequeiro
submetidos a diferentes técnicas de estabilização

Simone Aparecida dos Santos Conceição Faria

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientador:
Prof^a. Dr^a. Marilene De Vuono Camargo Penteado

São Paulo
2008

Simone Aparecida dos Santos Conceição Faria

Caracterização dos farelos de arroz irrigado e de sequeiro
submetidos a diferentes técnicas de estabilização

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Profa. Dra. Marilene De Vuono Camargo Penteado
orientador/presidente

1º. examinador

2º. examinador

São Paulo, ____ de _____ de ____.

RESUMO

Foram analisadas amostras de farelo de arroz fornecidas pela EMBRAPA e Agroindústrias, provenientes de sistemas de terras altas e irrigado, submetidas a diferentes técnicas de estabilização. A avaliação da variação dos teores de nutrientes, relacionados a composição centesimal, minerais, ácidos graxos e amilose, teve como objetivo contribuir com dados que permitam a caracterização da qualidade do produto e por consequência o melhor aproveitamento do farelo de arroz para o consumo humano. Os resultados obtidos mostraram que a origem e as diferentes técnicas de estabilização influem na composição das amostras, sendo que o farelo obtido do arroz de terras altas apresentou maiores teores de lipídeos, proteínas e ácidos graxos, enquanto aquele do arroz irrigado mostrou-se com os maiores teores de minerais e fibras. Os métodos de estabilização empregados foram os definidos como “caseiros” (torração em forno de microondas e fogão) e os tratamentos industriais de estabilização direta (extrusão termoplástica) ou indireta (proveniente do beneficiamento do arroz, após a parboilização). Entre as técnicas de estabilização, a realizada em fogão mostrou-se a mais adequada, enquanto a parboilização permitiu a valorização da composição nutricional.

Palavras-chaves: Farelo de arroz. Sistemas de cultivo. Técnicas de estabilização. Composição nutricional. *Oryza sativa* L.

Abstract

Samples of rice bran from low land and upland systems, provided by EMBRAPA and several rice industries, and submitted to different stabilization techniques, were analyzed. The evaluations of variations in nutrient contents related to the centesimal composition, minerals, fatty acids and amylose had the objective of contributing to data that allow a better characterisation of the product quality and consequently a better utilization of rice bran for human consumption. The obtained results show that the origin and different stabilization techniques influence the composition of the samples. Production system for upland rice released a rice bran with higher contents of lipids, proteins and fatty acids, while irrigated rice bran contained more minerals and dietary fibres. The employed stabilization methods were those defined as “homemade” (toasted in a microwave oven or cooker) and industrial treatments such as direct (thermoplastic extrusion) or indirect stabilization (based on rice milling after parboiling). Within the stabilization methods, the toasting with a cooker was the most adequate, while parboilization allowed a valorization of the nutritional composition of rice bran.

Keywords: Rice bran. Cultivate systems. Stabilization techniques. Nutritional composition. *Oryza sativa* L.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Classificação do arroz pós-colheita	15
FIGURA 2: Fluxograma do processo de parboilização de arroz	20
FIGURA 3: Fluxograma do polimento do arroz	25
FIGURA 4: Grão de arroz (<i>Oryza Sativa</i> L.) e suas partes principais	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Composição nutricional aproximada do arroz integral, do parboilizado, do polido e do farelo de arroz.	17
TABELA 2: Quantidade total e porcentagem correspondente a IDR de alguns micronutrientes do arroz cru (porção de 300g para o homem e 250g para mulher).	18
TABELA 3: Composição aproximada de alguns nutrientes em farelos de cereais	32
TABELA 4: Composição aproximada dos farelos de arroz integral, parboilizado e desengordurado.	33
TABELA 5: Composição centesimal dos farelos de arroz dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro em diferentes formas de estabilização e dados comparativos com os apresentados na TBCA-USP.	47
TABELA 6: Análise de alguns minerais dos farelos de arroz dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro em diferentes formas de estabilização.	51
TABELA 7: Principais ácidos graxos dos farelos de arroz dos sistemas de cultivo irrigado e de sequeiro sob diferentes formas de estabilização, cálculos efetuados em base seca, expresso em g/100g.	53
TABELA 8: Teores de amilose aparente dos farelos de arroz dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro sob diferentes formas de estabilização.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA –	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE –	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
EPAGRI –	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
IRRI –	International Rice Institute
FAO –	Food and Agriculture Organization of the United States
IDR –	Ingestão Diária Recomendada
AOAC –	Association of Official Analytical Chemists
AOCS –	American Oil Chemists' Society

SUMÁRIO	pág
RESUMO	3
ABSTRACT	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	7
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. ARROZ (<i>Oryza sativa</i> L.)	13
2.1.2. Produção e consumo	13
2.1.3. Sistemas de cultivo	14
2.1.4. Classificação botânica	14
2.1.5. Classificação pelo tratamento pós-colheita	15
2.1.6. Aspectos nutricionais	16
2.2. TIPOS DE PROCESSAMENTO PÓS-COLHEITA	18
2.2.1. Parboilização	18
2.2.1.1. Histórico	18
2.2.1.2. Processamento	19
2.2.1.2.1. Limpeza	21
2.2.1.2.2. Encharcamento	21
2.2.1.2.3. Vaporização	22
2.2.1.2.4. Secagem	24

2.2.2. Polimento	24
2.2.2.1. Processo de polimento	24
2.2.2.2. Perdas da qualidade nutricional	25
2.2.2.3. Perdas da qualidade de mercado	26
2.2.2.4. A importância de melhor aproveitar o arroz beneficiado	27
2.3. SUBPRODUTOS DO BENEFICIAMENTO E INICIATIVAS DE SEUS USOS	27
2.3.1. Casca da arroz	28
2.3.2. Farinha do arroz	28
2.3.3. Farelo de arroz	
2.3.3.1. Estabilização do Farelo de arroz por Extrusão/Pelletização	30
2.3.3.2. Farelo de arroz como subproduto potencial	31
2.3.3.3. Utilização do farelo de arroz no combate a fome	34
2.3.3.4. Farelo de arroz como matéria prima na indústria Alimentícia	34
3. OBJETIVOS	35
3.1. OBJETIVOS GERAIS	35
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
4. MATERIAIS E MÉTODOS	36
4.1. AMOSTRAS	36
4.1.1. Tratamento caseiro das amostras	36
4.1.2. Tratamento industrial das amostras	37
4.2. REAGENTES E ENZIMAS	38
4.3. PADRÕES	39
4.4. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS	39

4.5. METODOLOGIAS	40
4.5.1. Umidade	40
4.5.2. Resíduo mineral fixo (cinzas)	40
4.5.3. Extrato etéreo (lipídeos)	40
4.5.4. Proteínas (nitrogênio total)	40
4.5.5. Fibras totais, solúveis e insolúveis	41
4.5.6. Carboidratos	42
4.5.7. Minerais	42
4.5.8. Ácidos graxos	42
4.5.9. Amilose Aparente	43
4.5.10. Procedimento estatístico	44
 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	 45
5.1. Composição centesimal	46
5.2. Análise de minerais	49
5.3. Perfis de ácido graxos	52
5.4. Teor de amilose	54
 6. CONCLUSÕES	 55
 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 56
 8. ANEXOS	 67

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa L.*) é a principal fonte alimentar de mais da metade da população mundial. Ele é um alimento básico da dieta do brasileiro, fazendo com que o país ocupe a nona posição entre os principais produtores mundiais, alcançando em 2006 a produção de 11.526.685 toneladas (IBGE, 2008; EPAGRI, 2008; IRRI, 2005; EMBRAPA, 2005).

Dados da literatura demonstram que em países como o EUA o consumo de arroz tem aumentado anualmente. Esta tendência se deve principalmente a contínua promoção de seus benefícios funcionais e de saúde e também a novas aplicações do arroz como ingrediente em diferentes formulações alimentícias (PSZCZOLA, 2001).

Diversas pesquisas têm mostrado a conservabilidade do arroz frente ao tipo de processamento. Com a crescente proposta de atender melhor o consumidor, colocando-lhe à disposição um produto que apresente qualidade, tanto na aquisição como no momento de seu consumo, surge a necessidade do estudo e avaliação de fatores que interferem na qualidade do arroz beneficiado e que propiciem melhor aproveitamento pelo consumidor e melhor rentabilidade para a indústria e produtores (LLOYD; SIEBENMORGEN; BEERS, 2000).

Apesar da importância deste cereal para a alimentação humana, os seus constituintes nutricionais não são completamente aproveitados, pois o arroz é consumido em maior escala na forma polido, também denominado arroz branco. Com este processo é removida grande parte dos seus micronutrientes, além de consideráveis perdas de rendimento.

Vários trabalhos científicos foram realizados visando o melhor aproveitamento dos subprodutos do arroz provenientes do polimento, como matéria prima nas indústrias com distintas finalidades, seja pelo baixo custo ou pelas suas propriedades funcionais, também muito pesquisadas (KADAN et al., 2001; PSZCSOLA, 2001; JULIANO; HICKS, 1996; LAM-SÁNCHEZ et al., 1993).

Entre os subprodutos, encontram-se o farelo e o óleo de arroz, que têm recebido destaque em pesquisas recentes por conterem altas concentrações de micronutrientes e fitoquímicos considerados benéficos à saúde, como a vitamina E, vitaminas do complexo B e fibras (PARRADO et al., 2006).

A rancificação de gorduras é seguramente um dos fatores que mais interferem na conservabilidade do arroz integral e do farelo de arroz. Os tipos de ranço que normalmente afetam o arroz são o promovido por enzimas lipolíticas e o ocasionado pela exposição ao oxigênio do ar, também chamado de ranço oxidativo não enzimático. Ambos processos depreciam o produto, não só pela diminuição do seu conteúdo lipídico, bem como pela formação de substâncias tóxicas que apresentam aroma e sabor desagradáveis.

O farelo de arroz é um subproduto oriundo do beneficiamento do arroz polido, sendo utilizado normalmente na produção de rações animais. Desta forma, este trabalho foi desenvolvido com a intenção de contribuir com informações que permitam melhor aproveitamento do farelo de arroz de diferentes sistemas de cultivo para o consumo humano.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1. ARROZ (*Oryza Sativa L.*)

2.1.2. Produção e consumo

O arroz (*Oryza sativa L.*) é um cereal produzido no mundo inteiro, sendo que o continente asiático é o responsável por 90% da produção e consumo mundial. No Brasil, ele é um elemento básico da dieta sendo o país o primeiro produtor e consumidor da América do Sul, sendo sua forma polida a consumida em maior escala (cerca de 11 milhões de toneladas/ano). Todavia, o país não é auto-suficiente e importa este grão principalmente da Argentina e Uruguai, seguido dos Estados Unidos, Vietnã, Tailândia e Paquistão. O consumo médio de arroz no Brasil varia de 74 a 76 kg/habitante/ano, tomando-se por base o grão em casca (IBGE, 2008; EPAGRI 2008; IRRI, 2005; EMBRAPA, 2005; JULIANO, 2003).

Em países como China e Japão o consumo de arroz tem aumentado, sendo que somente nos EUA observou-se aumento por volta de 4% anualmente (PSZCZOLA, 2001). Esta tendência se deve principalmente a contínua promoção de seus benefícios funcionais e de saúde e também pelo emprego do arroz como ingrediente em formulações alimentares.

No Brasil, atualmente o consumo de arroz está estagnado, apenas acompanhando o crescimento populacional. Isto se deve ao fato de que a partir de 1994 com a implantação do Plano Real, houve uma expansão da massa salarial e melhoria do poder aquisitivo da população, levando a retração no consumo de arroz e a diversificação do uso de proteínas animais, massas e produtos elaborados com maior valor agregado (EMBRAPA, 2005). Produtos semiprontos para o consumo também ganharam a preferência dos consumidores que buscam praticidade e rapidez nos modos de preparo. Algumas iniciativas para reverter este quadro estão sendo feitas, tais como a diversificação do uso do arroz nas indústrias como

ingrediente em formulações alimentícias, mudanças nos hábitos alimentares da população, consideradas mais saudáveis, substituindo parcialmente a ingestão de alimentos de origem animal por outros de origem vegetal.

2.1.3. Sistemas de cultivo

O arroz (*Oryza Sativa L.*) é uma espécie hidrófila, cujo processo evolutivo tem levado a sua adaptação às mais variadas condições ambientais. Basicamente, o arroz é cultivado em dois ecossistemas, o de várzeas, termo que define o arroz irrigado e o de terras altas ou de sequeiro, relacionados principalmente quanto a disponibilidade hídrica. A maior parcela da produção de arroz no Brasil é proveniente do sistema de cultivo conhecido como irrigado (por inundação intencionada e controlada da área cultivada), responsável por 65% da produção nacional, predominante na Região Sul do país com 60% da produção total deste cereal (EMBRAPA, 2005; EMBRAPA, 2004; JULIANO, 2003; FONSECA et al., 1984).

No Estado de São Paulo, predomina largamente o sistema de cultivo denominado “sequeiro”, isto é, aquele em que o desenvolvimento e produção da planta dependem exclusivamente da água das chuvas. Esta última modalidade representa cerca de 90% do cultivo do arroz em São Paulo, considerando-se neste total o arroz de terras altas e o cultivado em várzeas secas. Apenas 10% das áreas são destinadas ao sistema de cultivo irrigado especialmente no vale do Paraíba e, em menor escala, no vale do Ribeira. Embora o cultivo do arroz irrigado proporcione os mais altos rendimentos, o alto custo operacional e suas limitações quanto as áreas adequadas para esta finalidade, fazem com que o cultivo de sequeiro no Brasil continue como a modalidade mais difundida (FONSECA et al., 1984).

A Região Centro-Oeste e parte da Região Norte têm sido consideradas mais favoráveis ao cultivo de arroz de terras altas (sequeiro), principalmente devido à baixa fertilidade, pH ácido do solo, e disponibilidade hídrica (GUIMARÃES; SANT'ANA, 1999).

2.1.4. Classificação botânica

O arroz pertence ao gênero *Oryza*, que compreende 21 espécies, das quais a espécie *Oryza Sativa L.* é a única praticamente cultivada no mundo, seguida em menor escala da espécie *O. glaberrima*, que é cultivada na África. No Brasil apenas uma tem importância comercial, a *Oryza Sativa L.* Esta espécie é dividida em três principais subespécies: *Índica*, *Japonica* e *Javanica*, sendo as duas primeiras mais consumidas. A subespécie *Índica* é a mais comumente encontrada em regiões tropicais e subtropicais e representa cerca de 80% da produção mundial. Seus grãos são longos e finos, medindo 6,0 mm ou mais de comprimento e a espessura menor ou igual a 1,90 mm e apresentam-se mais duros quando cozidos do que a subespécie *Japonica*, que tem normalmente grãos curtos e largos menores que 5,0mm de comprimento e devido ao baixo teor de amilose da subespécie *Japonica*, os grãos depois de cozidos ficam mais macios (GALERA, 2006; KENNEDY; BURLINGAME, 2003; JULIANO, 2003; FONSECA et al., 1984).

2.1.5. Classificação pós-colheita

O arroz é identificado pela própria espécie, considerando os seus requisitos qualidade de amostragem pelo tratamento pós-colheita ao qual é submetido, sendo classificado em Grupos e Subgrupos, conforme Portaria 269 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, representados na **FIGURA 1**.

FIGURA 1. Classificação do arroz pós-colheita

Os grupos do arroz são compostos por arroz em casca e beneficiado, sendo que o primeiro é composto do subgrupo natural, o qual não passou por qualquer preparo industrial ou processo tecnológico e o subgrupo parboilizado, o qual foi submetido ao processo de parboilização. É considerado grupo do arroz beneficiado o produto maduro que foi submetido a algum processo de beneficiamento e se encontra desprovido, no mínimo, da sua casca, como é o caso do subgrupo de arroz beneficiado integral e o parboilizado integral nos quais somente foi retirada a casca. Os subgrupos polido e parboilizado polido são considerados produtos dos quais, ao serem beneficiados, se retiraram o germe, o pericarpo e a parte da camada interna (aleurona) (BRASIL, 1988).

2.1.6. Aspectos nutricionais

O arroz, a principal fonte alimentar de mais da metade da população mundial, é freqüentemente consumido em grão inteiro. A composição química do arroz polido comercial brasileiro gira em torno de 0,50% de lipídeos, 0,47% de cinzas, 6,66% de proteínas, e a composição do arroz comercial parboilizado polido é similar. No entanto, a retenção de vitaminas e minerais é maior no arroz parboilizado polido do que no arroz branco polido, devido ao processo de beneficiamento (PINTO, 2005).

Apesar da importância deste cereal na alimentação humana, os seus constituintes nutricionais não são completamente aproveitados, pois o arroz é consumido, em diversos países, na forma de arroz branco. O arroz branco é pobre em micronutrientes, devido aos processos de descascamento e polimento que removem grande parte dos lipídeos, proteínas, minerais e principalmente, vitaminas hidrossolúveis, entre elas a tiamina, riboflavina e niacina (PORTILLO, 1981). Algumas pesquisas realizadas atribuem ao arroz parboilizado e ao farelo de arroz maior concentração de nutrientes em relação ao arroz polido (**TABELA 1**).

TABELA 1: Composição nutricional aproximada do arroz integral, do parboilizado, do polido e do farelo de arroz

Componente* (em 100g)	Arroz integral	Arroz branco (polido)	Arroz branco Parboilizado (polido)	Farelo de arroz (cru)
Proteína (gN x 5,95)	7,1-8,3	6,3-7,1	6,79	11,3-14,9
Lipídeos totais (g)	1,6-2,8	0,3-0,5	0,56	15,0-19,7
Carboidratos totais (g)	73-87	77-89	81,72	34-62
Fibra bruta (g)	0,6-1,0	0,2-0,5	1,7	7,0-11,4
Fibra total digerível	2,9-4,0	0,7-2,3	#n.d.	17-29
Fibra insolúvel	2,0	0,5	#n.d.	15-27
Cinzas (g)	1,0-1,5	0,3-0,8	0,77	6,6-9,9
Cálcio (g)	10-50	10-30	60	30-120
Potássio (mg)	60-280	70-130	120	1000-2000
Fósforo (mg)	170-430	80-150	136	110-250
Ferro (mg)	0,2-5,2	0,2-2,8	1,5	8,6-43,0
Zinco (mg)	0,6-2,8	0,6-2,3	0,96	4,3-25,8
Tiamina (mg)	0,29-0,61	0,02-0,11	0,10	1,2-2,5
Riboflavina (mg)	0,04-0,14	0,02-0,06	0,07	0,18-0,43
Niacina (mg)	3,5-5,3	1,3-2,4	3,63	26,7-49,9

* Dados calculados a 14% de umidade

#n.d – não detectado

Fonte: JULIANO, 2003.

Segundo dados da FAO (1998), em média o homem ingere diariamente 300g de arroz branco cru e a mulher 250g. Essa quantidade ingerida proporciona, ao homem, de 2 a 5% das necessidades diárias de cálcio, ácido fólico e de ferro; 9 a 17% das necessidades diárias de riboflavina, tiamina e niacina e 21% do zinco. O arroz não fornece a quantidade necessária de nenhum dos nutrientes para as mulheres, que têm maiores necessidades de ingestão destes, em particular o ferro. Na **TABELA 2** mostram-se a quantidade total e a porcentagem correspondente da ingestão diária recomendada (IDR) de alguns micronutrientes fornecidos pelo arroz cru polido (branco) e integral.

TABELA 2: Quantidade total e porcentagem correspondente a IDR de alguns micronutrientes do arroz cru (porção de 300g para o homem e 250g para mulher).

	Cálcio	Ferro	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Zinco	Ác. Fólico
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	µg
Homem							
Arroz Branco	20,9	1,4	0,1	0,11	2,8	2,9	13,9
% IDR	2	5	12	9	17	21	3
Arroz Integral	78,9	4,2	0,8	0,09	10,5	4,9	31,6
% IDR	8	15	67	7	66	35	8
Mulher							
Arroz Branco	17,4	1,16	0,1	0,1	2,32	2,4	11,6
% IDR	1,7	2	10,5	7	17	12	3
Arroz integral	65,9	3,49	0,67	0,1	8,75	4,1	26,3
% IDR	7	6	61	1	63	20	7

Fonte: EMBRAPA, 2004.

As principais vitaminas do arroz são as do grupo B (tiamina, riboflavina e niacina) (PINTO, 2005), contendo traços de vitaminas C, D e carotenóides, sendo que os teores desses nutrientes variam de acordo com os tratos de cultivo, entre outros fatores como genéticos e ambientais.

2.2. TIPOS DE PROCESSAMENTO PÓS-COLHEITA

2.2.1. PARBOILIZAÇÃO

2.2.1.1. Histórico

A origem do processo de parboilização é desconhecida, porém, tudo indica que teve origem no norte da África, onde nômades compravam o grão na região e, certa vez, houve um acidente no depósito de arroz e este foi molhado pela chuva. Para continuar sendo comercializado para a caravana de nômades, o arroz foi seco em chapas aquecidas até temperatura ambiente (AMATO; CARVALHO; SIVEIRA FILHO, 2002). De acordo com BHATTACHARYA S. (1996), o consumo de arroz parboilizado, no início, estava associado ao combate do beribéri, doença causada pela deficiência da vitamina B₁. No Brasil, a parboilização foi introduzida em 1953, no Rio Grande do Sul, onde era utilizado o processo tradicional denominado Malek (AMATO; SILVEIRA FILHO, 1988).

2.2.1.2. Processamento

A palavra parboilizado é originária do termo inglês “parboiled”, que provém de Partial + boiled, ou seja, parcialmente fervido. O arroz parboilizado também é conhecido como malekizado, arroz parcialmente cozido, arroz gelatinizado, arroz aferventado, arroz hidrotérmico e arroz macerado (KAR; JAIN; SRIVASTAV, 1999; FALCONE, 1985).

O arroz parboilizado é produzido por meio de um tratamento hidrotérmico do arroz em casca, cujo principal objetivo é permitir maior retenção de vitaminas e minerais no endosperma (CARVALHO et al., 1992). É nas camadas periféricas do grão que se concentram os micronutrientes (minerais e vitaminas hidrossolúveis do complexo), que migram para o interior durante o processo.

A legislação brasileira define o arroz parboilizado como o produto que, ao ser beneficiado, confere aos grãos uma coloração amarelada em decorrência do tratamento hidrotérmico, e a parboilização como o processo térmico no qual o arroz em casca é imerso em água potável, a uma temperatura acima de 58°C, seguido de gelatinização parcial ou total do amido e secagem (FERREIRA, 2002; BRASIL, 1988).

O arroz parboilizado se caracteriza por modificações físicas, químicas, bioquímicas e sensoriais que ocorrem durante o processo e que estão associadas a parâmetros utilizados nesse processo e na matéria-prima. Dentre as modificações

que ocorrem há o aumento da umidade do grão, gelatinização do amido, migração de nutrientes para o interior do grão, diminuição do percentual de grãos quebrados (GUTKOSKI; ELIAS, 1992).

Assim, o processo de parboilização proporciona vantagens como a conservação do grão por um período maior, facilidade na retirada da casca, maior rendimento, maior valor nutricional comparado ao arroz branco e durante o cozimento, apresenta maior volume, absorve mais água e possui maior digestibilidade (SILVEIRA FILHO, 1996). Todavia, o processo de parboilização dificulta o polimento devido a gelatinização do amido, tem maior facilidade de rancificação, aumenta a coloração amarela, desenvolve odor, sabor e aromas característicos do processo, sendo algumas dessas características já amenizadas por melhorias introduzidas no processo.

O processo de parboilização, devido a redução das quebras dos grãos no beneficiamento, apresenta um rendimento cerca de 20% maior se comparado ao arroz branco (SILVEIRA FILHO, 1996). Os processos modernos de parboilização incluem três operações unitárias básicas: encharcamento ou maceração, vaporização e secagem. Na **FIGURA 2** mostra-se o fluxograma do processo de parboilização.

FIGURA 2: Fluxograma do processo de parboilização de arroz.

2.2.1.2.1 Limpeza

A etapa de limpeza é necessária para a retirada de todas as impurezas orgânicas e inorgânicas, que durante a etapa de encharcamento poderiam fermentar ou permanecer em suspensão. Após a limpeza mecânica, o arroz em casca é lavado imediatamente antes do encharcamento. Para maior uniformidade do processo, o grão é classificado, visto que o tamanho e espessura do grão influenciam na transferência de calor nas etapas subseqüentes. Os grãos de tamanho menor e os quebrados são separados e não passam pelo processo de parboilização (FONSECA, 1984; HERZOG, 1977).

2.2.1.2.2. Encharcamento

O encharcamento ou maceração, ou ainda umedecimento, consiste na hidratação do arroz em casca, que é dependente da variedade, condições de cultivo e do tempo de armazenamento do grão. Esta etapa prepara o grão para o processo seguinte, o de vaporização. O objetivo é que a umidade no centro do grão atinja 30-32%, com o máximo de uniformidade e o mais rápido possível, com o mínimo de abertura da casca. É nessa operação que se dá o enriquecimento do grão de arroz, em virtude do transporte de matéria hidrossolúvel do exterior para o interior do grão. A penetração da água nos grânulos de amido promove o inchamento do grão e todo o processo ocorre a altas temperaturas para propiciar maior absorção de água, havendo assim, controle de tempo e temperatura. A temperatura varia de 50°C a 70°C e o tempo de encharcamento varia de 3 a 8 horas. Esses parâmetros dependem das características do grão e da indústria processadora, mas essa variação confere a diversificação dos arrozes parboilizados encontrados no mercado. Os parâmetros da etapa de maceração influenciam na solubilidade de substância e na cor do arroz, e não deve ser muito baixo para não induzir a formação de açúcares e aldeídos que afetam o sabor do produto acabado. Adiciona-se bissulfito de sódio á água, na proporção de 0,12%, para a inibição de contaminação microbiológica durante a maceração. O tempo prolongado de maceração ocasiona a abertura da casca e a dissolução de certas substâncias contidas no arroz, além do início do processo de germinação. Se a temperatura

desta etapa for maior que a temperatura de gelatinização do amido, a hidratação se dá mais rapidamente e maior teor de água será absorvido, isto provocará abertura de cascas e parte do grão ficará em contato direto com a água, além de provocar o início prévio da gelatinização. A falta de umidade no interior do grão resulta em perdas econômicas devido a quebras, formando quireras em excesso e a diminuição do valor nutricional pelo impedimento da sua migração. Esta etapa do processo resulta em importantes alterações químicas e bioquímicas no grão. As enzimas concentradas na película e no germe, e em menor concentração no endosperma são ativadas com a umidade atuando sobre as gorduras, provocando rancificação. As enzimas amilolíticas quebram as cadeias de amido provocando aumento da intensidade de cor, através da reação de *Maillard*, característica do arroz parboilizado (ZAKI UDDIN; BHATTACHARYA, 1981; XAVIER; RAJ, 1996). São liberados para a água, fenóis, fosfatos, hemiceluloses, aminoácidos e açúcares. Após o processo de encharcamento o arroz é lavado para a retirada de impurezas.

2.2.1.2.3. Vaporização

O arroz em casca sai dos encharcadores com umidade alta, entre 30% a 36%, adquirindo água necessária para que ocorra o processo de gelatinização do amido com o aquecimento nesta etapa de vaporização, por isso esta etapa também é conhecida como gelatinização.

O amido é composto por duas frações: a amilose, que é composta por uma cadeia linear de unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4, e a amilopectina que possui cadeia ramificada, composta por unidades de glicose unidas por ligações α -1,4, com cadeias de glicose ligadas em α -1,6. Essas duas moléculas estão agrupadas formando grânulos, com tamanhos, formas e zonas cristalinas definidas. Durante a gelatinização do amido ocorre a mudança das estruturas cristalinas para estruturas amorfas, formando gel. Estudos indicam que o teor de amilose está relacionado com a firmeza do grão após o cozimento, e com a cor amarelada do arroz parboilizado (BILLIADERIS et al., 1993; ALARY; LAIGNELET; FEILLET, 1977).

Assim, o processo de gelatinização que ocorre com a aplicação do calor no arroz, é responsável pela fixação dos micronutrientes (minerais e vitaminas hidrossolúveis) transferidos durante o encharcamento para o interior do grão, e o mesmo calor aplicado promove um efeito positivo na eliminação de microrganismos e inativação de enzimas.

O desempenho do processo de parboilização é medido por meio da determinação dos grãos não-gelatinizados, avaliando-se a gelatinização através da luz polarizada, ou por difração de raio X. Assim é possível determinar se o processo foi eficiente (MARSHAL et al., 1993; AMATO; SILVEIRA FILHO, 1988).

A operação de aquecimento do arroz geralmente é feita aquecendo-o com casca, com vapor d'água à pressão atmosférica ou sob pressão em autoclaves. As temperaturas de processo chegam a 120°C. A utilização de altas pressões, diminui o tempo de processamento (ADHIKARITANAYAKE; NOOMHORM, 1998; UNNIKRISHNAN; BHATTACHARYA, 1987a 1987b). Alguns autores relatam que as diferenças nas temperaturas de vaporização afetam a gelatinização e consequentemente as características do arroz (BISWAS; JULIANO, 1988). A temperatura de aquecimento tem influência na cor, pois além da disseminação dos pigmentos contidos no farelo e na casca, há a reação entre açúcares redutores e proteínas (reação de *Maillard*), que culmina na formação de pigmentos de coloração marrom, chamados melanoidinas, que contribuem para a coloração final do endosperma. Esta reação é mais intensa quando mais alta a temperatura e o teor de açúcares redutores. Estudos indicam que a utilização de íons dissulfito durante a etapa de encharcamento inibe a reação de *Maillard*, diminuindo a coloração amarelo do arroz parboilizado, deixando-o mais próximo do arroz branco (NUNES; PIMENTA; NASCENTES, 1995; NUNES et al., 1993).

O encharcamento altera dimensões do grão facilitando o posterior descascamento, isso devido às diferenças físicas do grão intumescido durante a gelatinização, pois a parte central do grão altera as suas dimensões e a casca não, ocorrendo o deslocamento entre a casca e as demais camadas.

2.2.1.2.4. Secagem

A outra operação unitária significativa no processo de parboilização é a secagem, pois tem o objetivo de diminuir a umidade, impedindo a deterioração e facilitando o beneficiamento. Este processo deve ser dividido em três etapas: secagem primária, secagem secundária e revenido. Esta divisão é importante para que não ocorram fissuras por meio da secagem muito rápida (IMOUDU; OLUFAYO, 2000).

A secagem primária é a que ocorre quando há uma alta concentração de umidade na superfície do grão, a qual é reduzida de 32% para 22%, sendo esta primeira secagem a mais rápida.

A secagem secundária é mais lenta, pois a umidade interna do grão deve migrar para a superfície, para que seja realizada a secagem até cerca de 13%, o que possibilitará o armazenamento a longo prazo. Entre a secagem primária e a secagem secundária, há o revenido, uma operação intermediária utilizada para equilibrar a água do grão, para que ela seja retirada na etapa secundária (RAMESH, 2003). As condições de secagem variam entre as várias indústrias processadoras de arroz parboilizado. Segundo Elbert, Tolaba e Suárez (2001), estes parâmetros influenciam o rendimento e o grau de escurecimento (amarelamento) do arroz parboilizado.

2.2.2. POLIMENTO

2.2.2.1. Processo de polimento

Neste tipo de beneficiamento do arroz a casca, o farelo e o germe são removidos dando origem ao arroz branco. O processo de polimento está representado pela **FIGURA 3**.

FIGURA 3. Fluxograma do polimento do arroz

Na etapa de limpeza, as impurezas (palhas, pedras, etc) são separadas dos grãos por meio de peneiras e as impurezas leves são eliminadas por aspiração. No descascamento a casca é retirada dos grãos por descascadores de discos. Após esta etapa, o arroz passa por peneiras que separam o farelo do arroz descascado. As cascas são eliminadas por ventiladores. O processo de brunimento é realizado por equipamentos onde os grãos são lixados, eliminando, assim, a película que envolve o grão, posteriormente faz-se um polimento no arroz para promover o brilho do mesmo. Os grãos inteiros e os quebrados são separados mecanicamente. Após esta etapa, os grãos escuros e outras impurezas são separados eletronicamente, através de um sensor fotoelétrico e ar comprimido. O arroz inteiro já selecionado e classificado é embalado e comercializado (PINTO, 2005).

2.2.2.2. Perdas da qualidade nutricional

Apesar da importância deste cereal na alimentação humana, os seus constituintes nutricionais não são completamente aproveitados, podendo-se mesmo dizer que têm sido desperdiçados, pois o arroz é consumido, em maior escala, na

forma de arroz polido, também denominado arroz branco. Este processo de polimento ou brunimento tem como finalidade básica permitir um maior tempo de prateleira, aliado ao melhor aspecto do produto que se destina ao consumo humano, sendo que este arroz é pobre em micronutrientes devido aos processos de descascamento e polimento que removem grande parte dos lipídeos, minerais e principalmente, vitaminas hidrossolúveis (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002; FALCONE, 1985) além de consideráveis perdas de rendimento.

2.2.2.3. Perdas da qualidade de mercado

O beneficiamento pode ser um fator alarmante da perda da qualidade do arroz, devido ao uso de maquinários e regulagens inadequadas, como é o caso de um equipamento utilizado por pequenos produtores, do tipo Engleberg, que durante o processamento provoca rachaduras dos grãos, ocasionando posteriormente sua quebra e conseqüentemente reduzindo o rendimento a apenas 50%. Esta alta porcentagem de quebrados representa perdas econômicas consideráveis, por se transformar em muitos casos numa mercadoria de baixo valor comercial. Com o uso de equipamentos mais modernos o rendimento poderá subir para aproximadamente 70% (FAO, 2000). Consideram-se grãos quebrados, os pedaços de arroz que ficam retidos na peneira de 1,6 milímetros de diâmetro e que apresentam comprimento inferior a três quartas partes do comprimento mínimo da classe a que os grãos pertencem (BRASIL, 1989).

Submeter o arroz ao processo de parboilização antes do beneficiamento também é uma forma de aumentar o rendimento, pois proporciona menor índice de arroz quebrado. Com a parboilização o arroz passa por etapas de encharcamento dos grãos e tratamento por vapor, com isto, os grãos ficam envoltos por uma camada de amido gelatinizado, conferindo mais dureza e resistência física para os processos mecânicos do beneficiamento evitando rachaduras e quebras, além de reestruturar internamente os grãos, desaparecendo os espaços livres entre os grânulos e soldando fissuras já existentes (AMATO; ELIAS, 2005; FALCONE, 1985).

2.2.2.4. A importância de melhor aproveitar o arroz beneficiado

Atualmente o arroz (*Oryza sativa* L.) é visto como um produto precursor da segurança alimentar, para os países em desenvolvimento. Aproximadamente 90% da produção mundial do arroz provem da agricultura em pequena escala destes países e se destinam ao seu auto-sustento. Sendo a principal fonte diária de calorias e outros componentes nutricionais, o arroz necessita ser mais bem aproveitado (EMBRAPA, 2004).

2.3. SUBPRODUTOS DO BENEFICIAMENTO E INICIATIVAS DE SEUS USOS

O beneficiamento é realizado em todas as regiões do Brasil, na forma polida e parboilizada (SÁNCHEZ-MORENO, 2002). Este processo, que inclui o descascamento e o polimento dos grãos, gera subprodutos do arroz integral como a casca, a farinha e o farelo.

Vários trabalhos científicos foram realizados visando um melhor aproveitamento dos subprodutos do arroz provenientes do polimento, como matéria prima nas indústrias em distintas finalidades, seja pelo baixo custo ou pelas suas propriedades funcionais, também muito pesquisadas (KADAN et al., 2001; PSZCSOLA, 2001; JULIANO; HICKS, 1996; LAM-SÁNCHEZ et al., 1993).

A industrialização do arroz permite a obtenção de diversos produtos diferentes. Segundo a FAO essa diversidade é extremamente positiva para toda a cadeia agro-industrial orizícola, pois representa uma forma de acompanhar a tendência mundial de estimular o consumo de produtos com maior valor agregado, reduzindo os desperdícios e proporcionando melhor aproveitamento de energia e de matéria-prima por parte da indústria. Os produtos derivados do arroz beneficiado são obtidos diretamente dos grãos inteiros, da homogeneização dos grãos cozidos ou a partir de farinhas e do amido.

2.3.1. Casca do arroz

Apesar do arroz ser um dos alimentos mais consumidos no Brasil, ainda não existe a consciência de que este é um cereal benéfico à saúde. Alguns subprodutos, como a casca e o farelo, são vistos como sinônimos de poluição ambiental. A solução mais criativa aplicada aos subprodutos do arroz refere-se à utilização da casca, por meio da queima para geração de energia utilizada como combustível mais barato disponível nas próprias agroindústrias beneficiadoras de arroz (AMATO; ELIAS, 2005).

2.3.2. Farinha do arroz

A farinha do arroz é proveniente do processamento dos grãos quebrados resultantes do beneficiamento do arroz (perda de 12% de todo grão colhido). Estes representam menor valor comercial, cerca de 1/5 do preço em relação aos grãos inteiros (LOPES, 1989), sendo utilizados principalmente como ingrediente em ração animal (SHIH et al., 1999). Na alimentação humana seu uso é destinado a produtos hipoalergênicos, fórmulas infantis, alimentos com baixa caloria, como ingredientes para produção de cereais matinais (LUNDUBWONG; SEIB, 2000).

Apesar do baixo custo, a utilização da farinha de arroz, em produtos industrializados não é significativa em relação ao trigo que apresenta um alto volume de aplicações devido suas propriedades funcionais (DEOBALD, 1972). Entretanto, as características funcionais especiais da farinha de arroz deveriam ser mais bem exploradas. Por exemplo, a farinha de arroz não é alergênica, não é tóxica para consumidores celíacos (podendo ser utilizada como substituta do trigo, na elaboração de produtos sem glúten); o pequeno tamanho dos grânulos de amido variando de 2 a 10µm (enquanto o trigo tem grânulos de 30µm) é uma característica que confere textura extremamente suave com o cozimento e sabor brando (POLANCO et al., 1995); contém baixos níveis de sódio e alta proporção de amidos facilmente digeríveis (TORRES et al., 1999); é excelente agente de separação de massas de biscoitos refrigerados pela baixa capacidade de absorção de umidade (DEOBALD, 1972); possibilidade de diversificação e ampliação de mercado para os

fabricantes de massas alimentícias, por razões relacionadas principalmente ao baixo custo de matéria prima (FONSECA et al., 1984; NISHIDA et al., 1976).

No laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP/SP foram realizados ensaios para avaliar o efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de arroz visando obter uma produção de panificação com as características físico-químicas e sensoriais semelhantes ao sonho produzido exclusivamente com farinha de trigo e com isso reduzindo os custos dos ingredientes. Entre os resultados obtidos foi verificado que a substituição parcial da farinha de trigo por farinha de arroz no produto sonho é possível e os custos de produção reduziram e o produto obtido, também foi bem aceito por avaliação sensorial (GALERA, 2006).

Trabalhos científicos tem sido realizados, visando a utilização da amilose e amilopectina, provenientes do amido da farinha de arroz, no desenvolvimento tecnológico de novos produtos alimentícios, diversificando o mercado consumidor e agregando valor aos produtos (POLANCO et al., 1995).

Existem variedades de arroz com ampla faixa de teor de amilose, o que permite a seleção de acordo com a finalidade (POLANCO et al., 1995). É preciso ressaltar que o destino da aplicação não vai depender apenas do teor de amilose total, mas também do seu conteúdo de amilose insolúvel, pois se acredita que esta característica está relacionada com a retrogradação. Por amilose ser insolúvel é a primeira que se retrograda, conferindo maior rigidez aos grânulos de amido e ao arroz cozido, explicando a relação entre, alto teor de amilose insolúvel com a maior consistência após o cozimento e a menor desintegração (BHATTACHARYA; SOWBHAGYA; INDUDHARA SWAMY, 1978).

2.3.3. Farelo de arroz

Dentre os subprodutos do arroz, encontra-se o farelo que é formado pelas camadas exteriores do arroz integral, ou arroz descascado, composto por pericarpo, tegumento, capa aleurônica incluindo parte do endosperma e gérmen. Da operação

de polimento do arroz integral, ou ainda arroz branco, resulta o farelo, também chamado de farelo gordo, que possui cerca de 15 a 20% de lipídeos. A proporção de farelo, em relação ao arroz com casca, é de aproximadamente 8%, e em relação ao arroz polido é de 10%. O teor de farelo, resultante do polimento, varia conforme a intensidade da operação e com ela também a parcela de endosperma amiláceo que é retirada. Isto, naturalmente, influi na composição do farelo, aumentando o teor de carboidratos (FONSECA et al., 1984). Por ser um subproduto rico em gordura e devido à intensa atividade das lipases sobre o glicerol e ácidos graxos livres na presença de lipoxigenase endógena, deteriora-se rapidamente por rancificação (WARREN; FARRELL, 1990). Portanto, a utilização comercial do farelo de arroz exige extração do óleo e inativação enzimática, o que dá origem ao farelo estabilizado com baixo teor de gordura (SAUDERS, 1990).

FIGURA 4: Grão de arroz (*Oryza sativa* L.) e suas partes principais. Fonte: FONSECA et al., 1984.

2.3.3.1. Estabilização do Farelo de arroz por Extrusão/Pelletização

A tecnologia de extrusão em virtude da sua versatilidade operacional e suas múltiplas funções tem encontrado um vasto campo de aplicações, seja na área alimentar para consumo humano ou animal, seja na área industrial. Na área de alimentos para consumo humano a diversidade de produtos envolve as áreas de panificação (pão chato “flat bread”, biscoitos, pastas alimentícias, crackers, wafers, etc.), na área de cereais (“snacks” prontos para o consumo e ingredientes para outros produtos) na área de texturizados (proteína de soja texturizada, análogos de

carne, ingredientes para sopas, para bebidas, cereais fortificados e outros). A extrusão de alimentos é um processo que requer rígido controle de muitas variáveis para obter os atributos desejados do produto, resultando em um produto com características físicas e químicas diferentes daquelas do alimento original. Estas diferenças dependem dos parâmetros de extrusão (por exemplo, tempo, energia e do tipo de extrusora utilizado) e propriedades físico-químicas (umidade, gordura e teor de fibra) da matéria-prima, essas variáveis induzem as reações que podem afetar o valor nutricional, a textura, sabor, cor e qualidade microbiológica (CHOUDHURY & GAUTAM, 2003; KAHN; EDWARDS; CHOW, 1998). O cozimento por extrusão é uma tecnologia versátil e muito eficiente amplamente utilizado no processamento de grão, em produtos como o farelo de arroz esta tecnologia pode ser usada para inativar as lipases, através do aumento da temperatura do material extrusado, pois o mecanismo envolve a mudança de energia mecânica em calor pelo atrito, no final do processo após a secagem o produto extrusado torna-se pellets de vida de prateleira estável destinado exclusivamente a ração animal (CASTILLO et al., 2005; CHEN & YEH, 2001; ILO; LIU; BERGHOFER, 1999).

2.3.3.2. Farelo de arroz como subproduto potencial

Recentemente o farelo de arroz tem recebido destaque em pesquisas por ser reconhecido como uma excelente fonte potencial de baixo custo, rico em fibras, minerais, vitaminas E, e do complexo B (tiamina, riboflavina e niacina), ácidos graxos essenciais, proteínas de alta qualidade e compostos bioativos considerados benéficos à saúde (PARRADO et al., 2006; IQBAL; BHANGER; ANWAR, 2005; HAMADA, 2000; KIM et al., 1999; JULIANO, 1993).

Na **TABELA 3** observa-se que dentre os principais farelos de cereais consumidos mundialmente o farelo de arroz apresenta os maiores teores de alguns nutrientes como ferro, potássio, niacina e ácidos graxos essenciais à saúde.

TABELA 3: Composição aproximada de alguns nutrientes em farelos de cereais

Componente* (em 100g)	Farelo de arroz	Farelo de trigo	Farelo de milho	Farelo de cevada	Farelo de aveia
Proteína (gN x 6,25)	12,8	15,6	7,9	10,8	16,7
Lipídeos totais (g)	19,1	4,1	0,8	3,7	6,5
Carboidratos totais (g)	44,9	60,8	79,9	47,2	60,1
Fibra bruta (g)	7,0-11,4	#n.d	#n.d	18,3	#n.d
Fibra total digerível	19,2	40,8	77,2	#n.d	14,2
Fibra insolúvel	15-27	#n.d	#n.d	#n.d	#n.d
Cinzas (g)	9,1	5,5	0,3	6,0	2,7
Cálcio (mg)	52	70	38	43	53
Potássio (mg)	1360	1128	40	580	521
Fósforo (mg)	1536	967	65	396	675
Ferro (mg)	17	10	2,5	9,5	5,0
Zinco (mg)	5,5	7	1,4	#n.d	3
Tiamina (mg)	2,5	0,5	0,01	0,6	1,1
Riboflavina (mg)	0,3	0,6	0,09	0,2	0,2
Niacina (mg)	31	13	2,5	6,2	0,86
Ácidos graxos totais (%)	19,2	3,5	0,8	#n.d	6,5
16:0 palmítico (%)	23,5	16,0	14,0	#n.d	17,4
18:0 esteárico (%)	2,4	1,1	1,9	#n.d	1,1
18:1 oléico (%)	24,0	17,8	30,6	#n.d	36,5
18:2 linoléico (%)	47,0	58,6	51,4	#n.d	40,9
18:3 α -linolênico (%)	2,0	4,8	1,6	#n.d	1,9

* Dados calculados a 14% de umidade

#n.d – não detectado

Fonte: JULIANO, 2003.

Vários trabalhos apontam o farelo de arroz como fonte potencial de fibras. Estas são bem conhecidas pelos benefícios que podem oferecer à saúde, incluindo prevenção ou diminuição de males tais como doenças cardiovasculares, diabetes e câncer de colón. Análises de composição revelam que o farelo de arroz contém aproximadamente 27% de fibras alimentares e que estas tem demonstrado efeitos positivos como laxantes e habilidade em reduzir o colesterol. Isto sugere que o farelo de arroz é uma boa fonte de fibras alimentares e pode ser utilizado como matéria prima seja para agregar valor ou pelas melhorias das propriedades físico-químicas em vários produtos alimentícios, especialmente no desenvolvimento de novos alimentos com propriedades funcionais (ABDUL-HAMID; LUAN, 2000, ROUANET; LAURENT; BESANÇON, 1993).

Trabalhos mostram que o farelo de arroz é composto de 12% a 20% de proteínas e pode ser uma fonte potencial de baixo custo de proteínas de alta qualidade, podendo ser empregado para agregar valor a novos produtos alimentícios. Além do valor nutritivo elevado, a proteína do arroz é considerada hipoalergênica, podendo ser utilizada, por exemplo, em formulações alimentícias infantis, sendo também relatadas suas propriedades anticarcinogênicas. Na indústria alimentícia os peptídeos da proteína do farelo são utilizados como realçadores de sabor em novos produtos. O farelo de arroz desengordurado é vendido como alimento para ração animal de baixo custo, mas podendo ser mais bem aproveitado se melhor estudado com relação à sua fração protéica além de outros compostos bioativos. O principal problema que limita o uso da proteína do farelo é a alta insolubilidade, sendo necessário um prévio tratamento enzimático (PARRADO et al., 2006; TANG et al., 2003; HAMADA, 2000; HAMADA et al., 1998).

Na **TABELA 4** pode-se notar que o processo de parboilização favoreceu a retenção de maiores teores de nutrientes em relação ao farelo de arroz na sua forma crua, com ou sem o desengorduramento do farelo.

TABELA 4: Composição nutricional aproximada dos farelos de arroz integral, parboilizado e desengordurado.

Componentes * (em 100g)	Farelo de Arroz		Farelo de Arroz Desengordurado	
	Cru	Parboilizado	Cru	Parboilizado
Umidade (g)	8-12	7-9	6-9	6-9
Energia (J)	1330-1480	1480	885	590
Proteína (g)	12-16	17-20	15-20	23-27
Lipídeos totais (g)	17-22	25-32	0,5-1,5	0,5-1,5
Cinzas (g)	7,10	8-10	9,12	11-14
Fibra bruta (g)	8-12	12-15	10-15	16-20
Fibras totais (g)	18-23	29-31	22-26	41-47
Fibras solúveis (g)	1,6-2,4	1,8-2,3	1,8-2,2	2,3-2,7

* Dados calculados a 14% de umidade Fonte: JULIANO, 2003.

2.3.3.3. Utilização do farelo de arroz no combate a fome

O farelo de arroz devido ao seu alto valor nutricional foi utilizado no Programa de Alimentação Alternativa, desenvolvido pela Pastoral da Criança, órgão social ligado a Conferência Nacional dos Bispos do Brasil, criando-se a Multimistura que é usada como um complemento alimentar composto das partes usualmente não consumidas dos alimentos: folhas (mandioca, batata-doce), cascas (ovo, banana), sementes (girassol, abóbora) e farelos (trigo e arroz). O emprego das alternativas alimentares no Brasil teve início com o aproveitamento integral dos alimentos, visando combater a fome e minimizar as deficiências nutricionais a partir de subprodutos alimentares. Com o decorrer do tempo, este trabalho difundiu-se em todo o Brasil, mobilizando um grande número de profissionais, organizações governamentais e não governamentais (BRANDÃO, 1989, 1988 e 1997).

2.3.3.4. Farelo de arroz como matéria prima na indústria alimentícia

Diversos trabalhos relatam que o farelo de arroz vem sendo utilizado devido as suas propriedades funcionais, como ingrediente ou aditivo em alimentos, em mistura de farinhas como a de arroz e trigo na produção de panificados e massas, no desenvolvimento de novos e atrativos produtos como os *snacks* (salgadinhos) de arroz, barra de cereais, granola em tabletes (KADAN et al., 2001; PSZCSOLA, 2001; JULIANO; HICKS, 1996; LAM-SÁNCHEZ et al., 1993).

Com o beneficiamento, o arroz polido se torna pobre em micronutrientes. Resta o endosperma, que basicamente contém o amido (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002). Por sua vez, o farelo de arroz é um subproduto de maior valor agregado, quase que totalmente empregado em formulações para alimentação animal (JULIANO, 1993).

Tal situação tende a modificar-se, no sentido de viabilizar o uso do farelo na alimentação humana, não só pelo seu aproveitamento na indústria de extração do óleo, como também pela utilização direta do farelo estabilizado, tornando-se entre outros, um alimento alternativo e funcional.

Órgãos internacionais, como a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – FAO, têm salientado a importância do contínuo desenvolvimento de pesquisas sobre o arroz, devido a sua posição estratégica em programas para diminuir a fome, pobreza e má nutrição humana.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar a variação da composição de nutrientes de amostras de farelo de arroz fornecidas pela EMBRAPA e Agroindústrias Beneficiadoras de Arroz, obtidas a partir do beneficiamento de arroz cultivado nos sistemas irrigado e de sequeiro submetidas a diferentes técnicas de estabilização, com ênfase em sua potencial utilização como um alimento e/ou ingrediente com propriedades nutricionais favoráveis.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar a composição físico-química de farelos de cultivares de arroz (irrigado e sequeiro) submetidos a diferentes técnicas de estabilização em relação a:

- 1 Composição centesimal (umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos e fibras);
- 2 Caracterização do amido (amilose);
- 3 Análise de Minerais;
- 4 Perfil de Ácidos Graxos;
- 5 Comparar a composição e os diferentes tratamentos de estabilização de farelos de arroz de diferentes sistemas de cultivo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. AMOSTRAS

Cultivares de arroz de Terras Altas e Irrigado utilizadas neste projeto foram produzidas pela Embrapa Arroz e Feijão – Santo Antônio de Goiás/GO. Foram criteriosamente selecionadas pelo Programa de melhoramento genético de arroz por possuírem ótimas características agronômicas, ainda sendo atualmente consideradas como padrões para cada sistema de cultivo.

A cultivar de arroz de terras altas BRS Primavera foi cultivada na Fazenda Capivara, no município de Santo Antônio de Goiás – GO, na Embrapa Arroz e Feijão, enquanto que a cultivar de arroz de várzea BRS Formoso foi cultivada na Fazenda Palmital, município de Brazabrantes – GO. Todas foram colhidas entre os meses de Abril a Maio/ 2006, sendo observado o melhor “ponto de colheita” ou quando cerca de 2/3 dos grãos das panículas estavam maduros.

Cerca de 120 kg de arroz em casca de cada uma das cultivares foram limpos, expurgados com gás fosfina, produzido a partir de pastilhas de fosfeto de alumínio, para evitar o desenvolvimento de pragas por contaminação de insetos, e armazenados em câmara com temperatura controlada (25°C) antes do uso. Estas amostras de arroz foram submetidas ao beneficiamento padrão para coleta do farelo por meio do uso do moinho de provas (Suzuki) do Laboratório de Melhoramento Genético de Arroz da Embrapa Arroz e Feijão. Para a realização dos ensaios, foram preparadas sub-amostras deste farelo em quantidades suficientes para os tratamentos e as análises a serem efetuadas.

4.1.1. Tratamento caseiro das amostras

O farelo de arroz, para ser consumido pelo homem deve ser primeiramente estabilizado, evitando assim a rancificação de sua fração lipídica e condição higiênica de consumo. Dando continuidade ao trabalho desenvolvido por Oliveira et al., (2008) em colaboração com EMBRAPA Arroz e Feijão – GO, sobre estudo da

estabilidade do farelo de arroz destinado ao consumo humano, analisou-se o efeito dos diferentes tratamentos de estabilização com relação aos nutrientes, utilizando-se sub-amostras dos cultivares de sequeiro e irrigado que sofreram tratamentos para inativação enzimática. Para tanto, os farelos produzidos pela EMBRAPA foram submetidos a tratamento térmico em fogão da marca DAKO 6 chamas, em panela de aço inox de 20 cm de diâmetro previamente aquecida (até atingir 2/3 do volume da panela). A estabilização foi feita em temperatura aproximada de 80°C por 6 minutos, sendo as amostras homogeneizadas (manualmente com colher de pau) durante todo o processo. Também realizou-se tratamento térmico em forno de microondas da marca Samsung na potência 5, considerada potência média, durante 6 minutos, sendo as amostras homogeneizadas (manualmente) a cada 2 minutos (para cada 200g de amostra). Essas condições para inativação enzimática foram estabelecidas e realizadas em trabalho desenvolvido previamente por Oliveira et al., (2008).

4.1.2. Tratamento industrial das amostras

Com a finalidade de serem comparados os resultados do efeito de diferentes tratamentos de estabilização sobre a composição das amostras, duas Agroindústrias (Agroindustrial Urbano Ltda., de Sinop- MT [I] e Agroindústria Irgovel – Indústria Rio Grandense de Óleos Vegetais Ltda., Pelotas- RS [II]), prepararam amostras que fizeram parte do presente trabalho.

O efeito do tratamento de estabilização definido como “caseiro” (torração em forno de microondas e fogão), foi reproduzido pela EMBRAPA (EMBRAPA – ARROZ e FEIJÃO – GO). Este foi comparado com os tratamentos industriais de estabilização direta (extrusão termoplástica) ou indireta (proveniente do beneficiamento do arroz após parboilização, cujo tratamento hidrotérmico parece exercer efeito estabilizador na atividade lipásica).

A agroindústria [I] forneceu amostras caracterizadas como farelo de arroz integral estabilizado método não revelado (ou mais comumente denominado “farelo gordo” estabilizado) e farelo parboilizado, ambos oriundos do sistema de cultivo em terras altas.

A agroindústria [II] forneceu as amostras constituídas por farelo de arroz proveniente do sistema de cultivo irrigado que sofreu o processo de extrusão seguido de peletização, portanto esta amostra estava na forma peletizada, forma esta normalmente utilizada para a elaboração de ração animal.

O período de colheita destas amostras de arroz em casca foi entre abril/maio de 2006, não se tendo informação sobre as cultivares adotadas. A amostra de farelo de arroz integral obtida da Agroindustrial Urbano Ltda. foi dividida em sub-amostras submetidas aos mesmos tratamentos térmicos anteriormente descritos para as amostras cultivadas na EMBRAPA em trabalho realizado por OLIVEIRA et al., 2008.

Diferentes lotes das amostras de farelo de arroz, fornecidas pela Embrapa e pelas agroindústrias, foram acondicionados em embalagens de polipropileno transparentes vedadas e armazenadas a - 12° C, até sua utilização.

Para as análises de composição centesimal as amostras foram primeiramente trituradas em moinho analítico, até passar por peneira de 32 *mesh* (abertura em 0,50 mm), acondicionadas em frascos de polietileno e armazenadas em dessecador. Todas as análises foram feitas em triplicata, com exceção das análises de fibras alimentares, feitas em quadruplicata e em seus cálculos foram considerados a média e o desvio-padrão.

4.2.REAGENTES E ENZIMAS

- Todos os reagentes utilizados nas análises tiveram grau P.A.;
- Os gases utilizados para a cromatografia gasosa (CG) foram He₂, N₂ e H₂ ultra puros e ar sintético super seco;
- As enzimas utilizadas para análise de fibras foram a α -amilase termoresistente (Sigma A 3306), amiloglicosidase (Sigma A-3306) e a Protease (Sigma P-3910).

4.3.PADRÕES

- Os padrões usados para determinação do teor de amilose foram a amilose de batata (Sigma A-0512) e amilopectina (Sigma S-9765);
- Os padrões usados em cromatografia gasosa (CG) para determinação dos perfis dos ácidos graxos, todos foram da marca Sigma[®].

4.4.EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Os principais equipamentos usados foram:

- Agitador de tubos
- Balança semi-analítica Gehaka, mod. BG-200 e balança analítica;
- Banho-maria com controle de temperatura;
- Banho-maria com controle de temperatura e agitação horizontal;
- Cadinhos filtrantes de borossilicato, 50 mL, com placa de vidro sinterizado, porosidade nº 2 (40-60 µm);
- Conjunto para determinação de proteínas tipo Kjeldahl;
- Cromatógrafo gasoso GC 17A da Shimadzu;
- Espectrofotômetro marca Beckman, modelo DU-70;
- Extrator de gordura “ Soxhlet”;
- Estufa marca Fanem com circulação forçada de ar;
- Lã de vidro;
- Moinho de prova marca Suzuki, modelo MT-88 da Suzuki S/A;
- Moinho analítico da Analytical Mill A-10 – Kinematica AG. Luzen, Suíça;
- Mufla com controle de temperatura;
- Pipetas automáticas e ponteiras;
- PHmetro,

além de vidrarias, materiais e equipamentos comuns de laboratório.

4.5. METODOLOGIAS

4.5.1. Umidade

O teor de umidade foi determinado com base no método oficial nº/925.09B da AOAC (1995). A determinação foi realizada, em estufa a 105°C por 3 horas e posteriormente, as amostras foram resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente, e pesadas. A operação foi repetida com aquecimento por mais 2 horas até peso constante.

4.5.2. Resíduo mineral fixo (cinzas)

Esta determinação foi realizada com base no método oficial nº/923.03 da AOAC (1995). Pesou-se aproximadamente 5g de amostra em cadinhos de porcelana previamente tarados. Posteriormente, numa chapa elétrica, a amostra foi carbonizada e em seguida incinerada em mufla a 550°C, até eliminação completa da matéria orgânica.

Quando as cinzas ficaram brancas ou levemente acinzentadas, modificação ocorrida num período de 8 horas, as amostras foram resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e posteriormente pesadas.

4.5.3. Extrato etéreo (lipídeos)

O extrato etéreo foi determinado pelo método oficial nº/920.39C da AOAC (1995). A extração foi contínua em éter etílico, realizada em aparelho de Soxhlet por 8 horas.

4.5.4. Proteínas (nitrogênio total)

O teor de proteínas foi determinado por meio do conteúdo de nitrogênio total da amostra, utilizando fator de conversão nitrogênio-proteína para arroz 5,95,

empregando o método de micro-Kjeldahl nº/ 960.52 da AOAC (1995).

4.5.5. Fibras totais, solúveis e insolúveis

As frações solúveis e insolúveis da fibra alimentar foram determinadas segundo método da AOAC (1995) sob o número 991.43, pelo princípio enzimático e gravimétrico. Este método constou das seguintes etapas:

Foram pesados 2g de amostra de farelo de arroz previamente desengordurado e levados ao aparelho de Soxhlet para extração com éter etílico por 8h. A seguir, adicionou-se meio tamponado, e realizou-se gelatinização com α -amilase termo-estável em banho a 95° C por 30 minutos. Depois da digestão com protease em banho a 60°C com agitação (130rpm) por 30 minutos, o pH foi ajustado entre 4,0-4,7, seguindo-se incubação com amiloglucosidase em banho a 60°C com agitação (130rpm) por mais 30 minutos. Estes procedimentos são para remover as proteínas e o amido. A solução digerida foi filtrada com auxílio de um sistema de vácuo em cadinho filtrante contendo lã de vidro anteriormente tarado. O soluto preso à lã contém as fibras insolúveis as quais foram lavadas com etanol 95% e acetona. Em seguida o cadinho foi deixado em estufa a 105°C, por uma noite, e depois deixado em dessacador por 1h para esfriar e ser pesado.

O líquido filtrado contendo as fibras solúveis foi transferido para um béquer de 600 mL. Um quarto de volume de etanol 95% (aquecido a 60°C) foi, então adicionado ao precipitado solúvel. A precipitação foi realizada à temperatura ambiente durante 60 min. O resíduo foi então lavado em cadinho filtrante contendo lã de vidro com etanol 78%, etanol 95% e acetona. O resíduo do cadinho foi seco em estufa 105° C por uma noite, depois deixado em dessecador por 1h para esfriar e pesado. Os valores obtidos pelo método enzimático foram corrigidos por meio da análise de nitrogênio pelo método de micro-Kjeldahl nº/ 960.52 da AOAC (1995) e a análise de cinzas pelo método oficial nº/923.03 da AOAC (1995). A fibra alimentar total foi obtida pela soma das frações insolúveis e solúveis como preconiza o método.

4.5.6. Carboidratos

A quantificação dos carboidratos foi realizada por cálculo de diferença entre 100 e a soma dos teores de umidade, resíduo mineral fixo, extrato etéreo, proteínas e fibras (solúveis e insolúveis).

4.5.7. Minerais

A técnica para a determinação de minerais foi a da Análise por Ativação com Nêutrons Instrumental (AANI), realizada no Instituto de Pesquisa Energéticas Nucleares (IPEN-CNEN) em São Paulo.

As amostras foram submetidas à irradiação com nêutrons em reator e posteriormente, foram feitas as leituras da atividade gama induzida nos espectrômetros de raios gama. Utilizou-se a AANI comparativa onde cada amostra foi irradiada, conjuntamente duas amostras, uma amostra de material de referência e dois padrões sintéticos (MAIHARA et al., 2001).

4.5.8. Ácidos Graxos

Os ácidos graxos foram extraídos pelo método de Folch et al., (1957) e esterificados de acordo com o método de Hartman e Lago (1973).

As condições de análise foram as seguintes:

Cromatógrafo gasoso GC 17A da Shimadzu, equipado com detector de ionização de chama (FID), injetor automático AOC-20, Workstation Class GC10 e coluna capilar de sílica fundida SP-2560 (bis cianopropil polisiloxana) de 100m de comprimento x 0,25mm de diâmetro interno x 0,25µm da Supelco.

Programação de temperatura da coluna: isotérmica a 140°C por 5 minutos e então aquecimento a 4° C/ min até 240°C, permanecendo nesta temperatura por 20

minutos. A temperatura do vaporizador foi 250°C e do detector de 260°C. O gás hélio foi utilizado como gás de arraste 20 cm/s a 175°C. A razão de divisão da amostra no injetor foi de 1/50. Um microlitro do extrato lipídico esterificado foi injetado e os tempos de retenção dos ácidos graxos foram comparados aos de padrões (Sigma®) de ésteres metílicos de ácidos graxos.

Os cálculos foram realizados da seguinte forma:

Os ácidos graxos das amostras foram identificados por meio da comparação dos tempos de retenção com padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos, comparação com cromatogramas do método Ce 1h-05 da (AOCS, 2004), e os reportados em Ratnayake et al. (2002) e Ratnayake, Hansen e Kennedy (2006). A quantificação dos ácidos graxos foi feita por normalização de área e as porcentagens multiplicadas pelo fator de conversão de Holland (HOLLAND; WELCH; BUSS, 1994). Este fator é empregado para converter a gordura em ácidos graxos. O fator utilizado foi 0,956. A quantificação em g por porção de 100g foi feita por normalização de área e multiplicada pelos teores de lipídeos e pelo fator, com os resultados idênticos aos obtidos com o uso de padronização interna realizados em algumas amostras.

4.5.9. Amilose Aparente

A estimativa do teor de amilose foi baseada no método simplificado de JULIANO, 1971 e no método de JULIANO et al., 1981. As amostras foram desengorduras previamente por extração contínua em éter etílico, realizada em aparelho de Soxhlet por 8 horas.

Seguindo o método simplificado do JULIANO, 1971, as amostras foram submetidas à tratamento alcalino (NaOH 1N) e etanol 95% (v/v) a 100°C por 10 minutos, diluídas, adicionadas do complexante iodo/iodeto e o meio tamponado com ácido acético (pH ~ 4.5). Pelo método de JULIANO et al., 1981 a determinação quantitativa da amilose é feita pela leitura da absorbância do complexo formado iodo/amilose a $\lambda = 620\text{nm}$, em espectrofotômetro UV-visível, e da curva padrão de

amilose e amilopectina. As amostras foram previamente desengorduradas por extração contínua com éter etílico (99,5%v/v) em aparelho de Soxhlet, por 16 h. O objetivo foi diminuir a influência da competição dos lipídeos ligados ao amido na formação do complexo iodo-amilose.

4.5.10. Procedimento estatístico

Os experimentos foram realizados de forma inteiramente casualizada e todos os dados obtidos foram testados quanto à distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk) e à homogeneidade das variâncias (testes de Levene e Brown-Forsythe).

Para todos os parâmetros foram realizadas comparações no que se refere à composição centesimal, minerais, ácidos graxos e amilose.

Na constatação de que foram satisfeitas as condições para aplicação dos testes estatísticos paramétricos de comparação de médias, as seguintes análises estatísticas foram realizadas:

- a) as comparações com relação a origem do farelo de arroz (análises nas amostras cruas): sistemas de cultivo irrigado, sequeiro e o farelo de arroz da agroindustrial Urbano Ltda, foram realizadas pela Análise de Variância Unidimensional (ANOVA), seguida do teste Tukey;
- b) as comparações com relação a forma de estabilização do farelo de arroz: amostras cruas, estabilizadas em microondas, fogão ou industrialmente, também foram realizadas pela ANOVA, seguida do teste Tukey;
- c) as comparações com relação ao processo a que foi submetido o farelo de arroz: parboilização ou extrusão/peletização, foram realizadas pelo teste *t* de *Student*.

Nos conjuntos de dados em que não foram observadas distribuição normal e, principalmente, a homogeneidade das variâncias, testes estatísticos não-paramétricos foram adotados. Para comparação de dois grupos foi utilizado o teste de Mann-Whitney e para mais de dois grupos foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis.

Os resultados foram expressos como média dos resultados $\pm$ desvio padrão. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa STATISTICA 7.0 e adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o beneficiamento do arroz partes consideráveis das camadas externas dos grãos são removidas e há concentração dos principais elementos nutritivos no farelo, o que o torna ótima matéria-prima para processos industriais e para alimentação humana, mas sua utilização está limitada pela atividade enzimática que se desenvolve a partir do beneficiamento. Como o farelo de arroz é rico em lipídeos, a intensa atividade das lipases sobre o composto lipídico na presença de lipoxigenase endógena, provoca a rápida deterioração por rancificação. Por causa dessa suscetibilidade, o uso comercial do farelo de arroz requer a inativação enzimática, imediatamente após a separação do farelo, evitando-se a liberação de ácidos graxos, favorecendo sua conservação e comercialização para dieta humana (Wada, 2001). Essa inativação pode ser feita com o emprego de altas temperaturas acima de 60°C. Para tanto, os farelos produzidos pela Embrapa Arroz e Feijão foram submetidos a tratamentos térmicos em fogão e em forno de microondas. Estes tipos de tratamentos são conhecidos como formas caseiras de estabilização e são comumente praticados por quem busca este produto, pois é adquirido diretamente nas beneficiadoras de arroz na sua forma crua, uma vez que, é ainda difícil encontrar no mercado brasileiro o farelo já estabilizado para consumo humano, com algumas exceções.

Amostras de farelo de arroz parboilizado foram estudadas, pois acredita-se que o processo de parboilização pode ser uma forma de inativar as enzimas, como já detalhado no **item 2.2.1.2**. Este processo inclui etapas com emprego de altas temperaturas, como a de encharcamento no qual a temperatura pode variar de 58 a 70°C por várias horas e a etapa de vaporização que usa altas temperaturas (100 - 130°C) por tempos mais curtos (ordem de 3 minutos) e ainda alia a pressão (0,1-1.2 KPa) que visa também a inativação das enzimas lipolíticas. Assim, com o beneficiamento dos grãos de arroz parboilizado, obtém-se o farelo de arroz parboilizado, que pode vir a ser considerado um produto prático em função do tratamento hidrotérmico aplicado, o qual propiciaria uma estabilização prévia e, assim, o farelo obtido já estaria pronto para o consumo humano. Entretanto, esta hipótese ainda necessita de comprovação científica.

Nas agroindústrias uma das formas comuns de estabilização do farelo de arroz é o processo de extrusão termoplástica podendo ser seguida de peletização, sendo esse produto, destinado basicamente à ração animal. Estes processos sofrem variações dependendo do produto desejado e do maquinário disponível, mas de forma geral são aplicadas pressões e altas temperaturas, normalmente aos farelos previamente desengordurados (por métodos físicos – prensa ou químicos – solventes orgânicos). No caso das amostras fornecidas pela Agroindústria Irgovel – Indústria Rio Grandense de Óleos Vegetais Ltda., Pelotas-RS, os processamentos utilizados foram desengorduramento por processo químico com solvente orgânico seguido de extrusão e peletização, não tendo sido revelados os detalhes dos processos por se tratarem de ajustes técnicos mantidos em sigilo pelas indústrias por razões econômicas óbvias. De qualquer modo, sabe-se que os procedimentos industriais empregados na estabilização do farelo de arroz não destoam muito do que dita a literatura disponível.

5.1. Composição Centesimal

Na **TABELA 5** são apresentados os resultados da composição centesimal das amostras de farelo de arroz dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro em diferentes formas de estabilização. No geral, os resultados foram coerentes com os dados descritos na literatura (ver **TABELAS 1 e 3**) e com os dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - USP (TBCA-USP) (2008) referente a composição centesimal em farelo de arroz integral apresentada como comparativo. A seguir discutiremos as variações nos teores de alguns nutrientes devido aos sistemas de cultivo ou técnicas de estabilização.

TABELA 5: Composição centesimal dos farelos de arroz dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro em diferentes formas de estabilização e dados comparativos com os apresentados na TBCA-USP.

Composição (g/ 100g) (base seca) ^a										
Amostras	Umidade	Fração mineral	Lípidos Totais	Proteínas (N x 5,95)	Fibra Insolúvel	Fibra Solúvel	Fibra Alimentar total	Carboidratos Totais#	Energia (Kcal)	
Farelo de arroz - cru TBCA - USP**	4,98	12,07	19,30	14,19	22,42	1,92	24,34	49,46	331,00	
Técnicas de Estabilização “Caseiras”										
Farelo de arroz do sistema irrigado de cultivo - EMBRAPA										
Cru	9,18±0,03	9,85±0,03	14,82±0,20	14,49±0,08	25,63±0,15	0,02±0,35	25,65	51,66	397,98	
Estabilizado em microondas	7,07±0,20	9,75±0,05	13,78±0,20	16,56±0,40	25,05±0,27	0,06±0,08	25,11	52,84	401,62	
Estabilizado em fogão	2,01±0,06	10,34±0,05	15,39±0,20	15,44±0,20	26,90±0,03	0,85±0,14	27,75	56,82	427,55	
Farelo de arroz do sistema sequeiro de cultivo - EMBRAPA										
Cru	8,41±0,20	8,13±0,04	17,87±0,30	16,61±0,20	22,67±0,41	1,48±0,02	24,15	48,98	423,19	
Estabilizado em microondas	6,28±0,10	6,98±0,04	20,05±0,40	19,38±0,30	24,64±0,23	0,74±0,24	25,38	47,31	447,21	
Estabilizado em fogão	5,14±0,10	8,52±0,02	18,34±0,10	18,93±0,20	20,34±0,21	0,11±0,01	20,45	49,07	437,06	
Farelo de arroz do sistema sequeiro de cultivo – Agroindustrial Urbano Ltda.										
Cru	7,16±0,30	6,90±0,10	27,67±0,20	19,23±0,40	26,96±0,26	0,46±0,06	27,42	39,04	482,11	
Estabilizado em microondas	6,84±0,64	6,71±1,36	22,24±0,31	17,68±1,46	24,27±0,30	2,52±0,18	26,79	46,53	457,00	
Estabilizado em fogão	3,60±2,40	5,97±0,76	22,23±0,37	17,80±1,06	21,94±0,06	1,09±0,09	22,42	50,40	472,87	
Técnicas Industriais de Estabilização										
Farelo de arroz integral estabilizado na agroindústria										
	4,72±0,40	5,48±0,24	22,96±0,08	16,26±0,56	21,52±0,08	0,28±0,08	21,80	50,58	474,00	
Farelo de arroz parboilizado	7,40±0,07	5,72±0,83	25,81±0,77	21,60±1,47	28,15±0,34	0,23±0,02	28,38	39,47	476,57	
Farelo de arroz extrusado/peletizado	10,62±0,30	13,00±0,07	1,86±0,05	19,60±0,30	28,99±0,19	1,85±0,09	31,14	54,92	314,82	

& Umidade conforme está tabela.

****Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – USP (TBCA-USP) (2008)**

Resultados de triplicatas, exceto para a fibra alimentar em quadruplicata.

Calculado por diferença: 100g - total em g (umidade, proteínas, lipídeos e fração mineral); portanto inclui a fração fibra alimentar total.

Cada valor representa a média ± desvio padrão de 6 análises. Comparações entre as amostras cruas, estabilizadas em microondas, fogão ou na agroindústria realizadas por ANOVA seguida de Tukey ou pelo seu equivalente não-paramétrico Kruskal-Wallis, quando apropriado. Comparações entre as amostras de farelo de arroz parboilizado e peletizado realizadas pelo teste de t Student ou pelo seu equivalente não-paramétrico Mann-Whitney, quando apropriado. Diferenças estatisticamente significativas indicadas na descrição dos resultados no decorrer da discussão.

Os resultados da **TABELA 5** mostram a existência de diferenças nos teores de lipídeos ($p < 0,05$) nas diversas amostras analisadas, o que pode ser explicado pelos diferentes processamentos de estabilização. Como já demonstrado por outros autores, diferentes técnicas de estabilização podem inibir mais ou menos a atividade enzimática, resultando em uma maior ou menor extração do óleo (LAKKAKULA; LIMA; WALTER, 2004). Além disto, diferenças no processamento de estabilização com emprego de altas temperaturas podem reduzir significativamente as concentrações de muitos compostos valiosos para a nutrição humana como a perda das atividades antioxidantes dos orizanois e tocoferóis, os quais estão presentes no farelo de arroz não estabilizado (LLOYD; SIEBENMORGEN; BEERS, 2000).

A análise dos resultados da **TABELA 5** com relação às origens das amostras dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro mostram que os teores de nutrientes foram diferentes entre si ($p < 0,05$), com exceção da fração mineral, que não mostrou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os dois sistemas de cultivo. Verificou-se também que lipídeos e proteínas apresentaram maiores teores no sistema de cultivo sequeiro. Amostras do sistema de cultivo irrigado, porém, apresentaram maior teor de fibras alimentares.

Na avaliação da conservação da composição das amostras frente as diferentes técnicas de estabilização empregadas, em comparação as amostras não estabilizadas (cruas), observou-se que no geral houve diferença ($p < 0,05$), podendo diferentes técnicas de estabilização alterar a constituição do farelo. Os resultados de umidade em função da estabilização em fogão foram os menores para todas as amostras analisadas. Estes dados sugerem que a torração em fogão parece ser eficiente, pois apresentou os menores teores de umidade e melhor conservação da composição nutricional, permitindo assim, maior tempo de vida-de-prateleira do farelo de arroz, garantindo um maior aproveitamento dos seus benefícios nutricionais. Este resultado foi também observado por pesquisadores da EMBRAPA ARROZ e FEIJÃO (GO) que realizaram ensaios microbiológicos, avaliando diferentes tempos de armazenamento de amostras de farelos de arroz submetidos a diferentes técnicas de estabilização, observando que apenas as amostras estabilizadas em fogão no tempo máximo de armazenamento ainda apresentavam condições adequadas para o consumo humano (OLIVEIRA et al., 2008).

Os resultados da composição centesimal das amostras peletizadas apresentaram conservação dos componentes nutricionais, com exceção da considerável redução no teor de lipídeos totais observada, fato este já esperado neste tipo de processo, pois a peletização envolve a granulação do farelo após o seu desengorduramento por solvente seguido de extrusão, com a finalidade de prolongar a vida-de-prateleira deste produto destinado exclusivamente à ração animal.

O farelo de arroz parboilizado apresentou teores elevados de certos nutrientes, destacando-se os resultados obtidos para proteínas, lipídeos e fibras alimentares que foram os maiores valores se comparados com as demais amostras. Isto pode ser resultante do próprio processo de parboilização, no qual os nutrientes hidrossolúveis presentes na película que recobre o grão de arroz migram para partes internas do mesmo, enquanto que as gorduras concentram-se nas camadas mais externas (JULIANO, 2003; SONDI; REDDY; BHATTACHARYA, 1980).

Como observado na **TABELA 5**, os dados apresentados pela TBCA-USP, apesar de muitas vezes serem semelhantes aos da presente pesquisa, são difíceis de serem comparados, uma vez que não existe a informação sobre os mesmos quanto a metodologia de estabilização.

Todas as amostras analisadas, apresentaram menor teor de umidade após estabilização em fogão, razão pela qual o processo é o mais indicado se comparado ao microondas, permitindo assim um maior tempo de armazenamento.

5.2. Análise de Minerais

A importância do estudo dos minerais é que estes cumprem as mais variadas funções no organismo, tais como construtora (formação de osso, dentes, músculos, células sangüíneas, sistema nervoso), formação de hormônios (Iodo na tiroxina), formação de vitaminas (Cobalto na vitamina B12), formação da hemoglobina e mioglobina (Ferro), função reguladora (pressão osmótica, equilíbrio hídrico, equilíbrio ácido-base), estímulos nervosos (Ca, Mg, Na, K), ritmo normal do coração (K) e

regulação de atividades metabólicas (ativam enzimas) (STORK, 2004).

Os resultados da **TABELA 6** mostram que o sistema de cultivo em condições de sequeiro apresentou teores dos minerais (cálcio, ferro, sódio e zinco) inferiores ($p < 0,05$) às amostras do sistema de cultivo irrigado. De maneira geral, observa-se que as técnicas de estabilização parecem influenciar os conteúdos de minerais nas diversas matérias-primas. Na maioria das vezes, estes resultados se apresentaram superiores aos das amostras cruas, o que demonstra que o tratamento favoreceu a liberação dos minerais das suas estruturas originais. As amostras estabilizadas em fogão apresentaram os melhores resultados de conservação nos teores dos minerais. O processo conjugado de extrusão/peletização gerou um farelo de arroz cuja composição nos principais minerais foi conservada.

Apesar de descrito na literatura que os minerais solúveis em água, presentes nas camadas externas (casca e farelo), migram para o endosperma amiláceo, ocasionando aumento nos teores destes componentes, melhorando o valor nutritivo nos grãos e tendo como consequência deste processo perdas dos minerais presentes no farelo (AMATO; ELIAS, 2005; BRASIL, 1988; SONDI; REDDY; BHATTACHARYA, 1980), nas amostras analisadas de farelo de arroz submetidas ao processo de parboilização, os teores de alguns minerais como cálcio, ferro e zinco aumentaram consideravelmente, se comparados com os teores da mesma amostra crua da Agroindustrial Urbano Ltda. A explicação para este fato segundo os autores Storck, (2004) e Walter, Marchezan e Avila (2008) é de que possivelmente os efeitos mencionados de transferências de minerais do pericarpo (camadas externas) para o endosperma do grão, por ocasião da parboilização, não sejam verdadeiros para todos os minerais, pois avaliaram individualmente e observaram comportamentos diferenciados, indicando que os minerais apresentam diferentes padrões de migração durante a parboilização, afetando diretamente suas concentrações tanto no grão como no farelo de arroz. Em trabalho realizado por Heinemann et al. (2005) foram observadas reduções nos teores de alguns minerais nos grãos de arroz parboilizado analisados e estas sugeriram que o fato pode indicar a difusão para as camadas mais externas do grão, sendo após, removidas com o polimento.

TABELA 6: Análise de alguns minerais dos farelos de arroz dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro em diferentes formas de estabilização, cálculos efetuados em base seca[&].

Amostras	As (ng/g)	Br (µg/g)	Ca (µg/g)	Co (ng/g)	Cr (µg/g)	Cs (ng/g)	Fe (µg/g)	K (µg/g)	Na (µg/g)	Rb (µg/g)	Sb (ng/g)	Sc (ng/g)	Zn (µg/g)
Técnicas de Estabilização “Caseiras”													
Farelo de arroz do sistema irrigado de cultivo - EMBRAPA													
Cru	134±9	3,07±0,0	790±60	163±3	*n.d	162±2	128±14	11484±564	32±4	68±8	*n.d	0,3±0,00	116±7
Estabilizado em microondas	97±20	*n.d	*n.d	180±2	*n.d	164±5	123±7	14808±333	34±5	87±7	349±57	0,34±0,0	125±10
Estabilizado em fogão	134±22	3,72±0,5	526±183	240±12	*n.d	168±0,4	145±5	15914±357	33±5	94±8	372±2	0,36±0,0	120±10
Farelo de arroz do sistema sequeiro de cultivo - EMBRAPA													
Cru	*n.d	1,40±0,1	438±41	20±3	*n.d	28±1	94±0,0	11293±960	17±2	37±3	*n.d	*n.d	72±5
Estabilizado em microondas	*n.d	1,24±0,0	733±186	10±1	*n.d	38±4	115±7	5418±305	12±1	42±1	370±21	0,03±0,0	140±10
Estabilizado em fogão	*n.d	1,63±0,1	*n.d	*n.d	*n.d	31±7	115±7	15824±355	15±2	49±4	418±43	0,14±0,0	84±7
Farelo de arroz do sistema sequeiro de cultivo - Agroindustrial Urbano Ltda.													
Cru	*n.d	1,13±0,0	974±91	11±6	0,20±0,0	209±2	99±3	3675±503	11±1	44±7	335±9	*n.d	129±8
Estabilizado em microondas	*n.d	1,52±0,3	623±7	14±3	*n.d	207±40	98±1	9453±337	15±0,3	53±9	326±9	*n.d	63±15
Estabilizado em fogão	*n.d	1,48±0,3	928±46	5±1	*n.d	216±24	107±2	10074±359	13±3	57±12	338±9	*n.d	94±42
Técnicas Industriais de Estabilização													
Farelo de arroz integral estabilizado na agroindústria	*n.d	1,80±0,1	*n.d	19±2	*n.d	123±45	106±28	10465±373	14±1	61±6	383±9	*n.d	52±2
Farelo de arroz parboilizado	*n.d	1,43±0,2	1003±117	16±6	0,2±0,1	73,5±18	125±18	3123±142	10±0,7	26±7	459±35	*n.d	142±7
Farelo de arroz extrusado/pelletizado	917±61	5,56±0,1	*n.d	594±60	0,45±0,1	352±30	181±10	16428±747	89±6	139±2	378±26	0,16±0,0	98±7

Resultados de duplicatas.

& Unidade conforme TABELA 5.

*n.d - não detectado por esta técnica.

Cada valor representa a média ± desvio padrão de 6 análises. Comparações entre as amostras cruas, estabilizadas em microondas, fogão ou na agroindústria realizadas por ANOVA seguida de Tukey ou pelo seu equivalente não-paramétrico Kruskal-Wallis, quando apropriado. Comparações entre as amostras de farelo de arroz parboilizado e pelletizado realizadas pelo teste de t Student ou pelo seu equivalente não-paramétrico Mann-Whitney, quando apropriado. Diferenças estatisticamente significativas indicadas na descrição dos resultados no decorrer da discussão.

5.3.Perfis de Ácidos Graxos

NA **TABELA 7** apresentam-se os resultados dos principais ácidos graxos presentes nos farelos de arroz dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro em diferentes formas de estabilização. Os resultados foram coerentes com os dados descritos na literatura (**TABELA 3**), sendo que serão discutidas a seguir, as variações nos teores de alguns ácidos graxos devido aos sistemas de cultivo ou técnicas de estabilização.

Os resultados apresentados na **TABELA 7** indicam que os diferentes tratamentos podem alterar o perfil de ácidos graxos. As amostras do sistema de cultivo em sequeiro apresentaram maior ($p<0,05$) teor de ácidos graxos em relação às amostras do sistema de cultivo irrigado. Já as amostras fornecidas pela Agroindustrial Urbano submetidas ao processo de parboilização, apresentaram maiores teores de ácidos graxos do que as demais amostras, podendo ser explicado, como já demonstrado por alguns trabalhos e descrito anteriormente, que no processo de parboilização observa-se migração de alguns nutrientes hidrossolúveis para dentro dos grãos e da gordura para a parte mais externa, facilitando sua extração e quantificação (SONDI; REDDY; BHATTACHARYA, 1980). Outra justificativa para os menores teores de ácidos graxos apresentados nas amostras não parboilizadas, seria a provável degradação do óleo além do nível de agressividade pelo calor do tratamento, degradando-o.

Os resultados deste trabalho são concordantes com aqueles de Kim et al. (1999) em que mais de 70% dos ácidos graxos presentes no óleo do farelo são insaturados, sendo a maior proporção de ácido oléico, seguido do linoléico e do α -linolênico; o restante corresponde aos ácidos graxos saturados, principalmente os ácidos palmítico e esteárico. A maior proporção de ácidos graxos insaturados presentes no farelo, possibilita seu emprego em dietas para adultos, com o objetivo de diminuir a ingestão de ácidos graxos saturados (WADA, 2001), sendo ainda fonte de ácidos graxos essenciais. Estudos mostram que os ácidos graxos polinsaturados são efetivos no que diz respeito à redução dos níveis de colesterol no sangue, prevenindo doenças como arteriosclerose e infarto do miocárdio causado por problemas circulatórios, o que torna promissor o uso do farelo na dieta humana, já que é boa fonte destes ácidos graxos (KIM et al., 1999).

TABELA 7: Principais ácidos graxos dos farelos de arroz dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro em diferentes formas de estabilização, cálculos efetuados em base seca*, expressos em g/100g.

Amostras	Saturados	Palmitico	Estearico	Monoinsaturados	Oléico	Polinsaturados	Linoléico	α -linolênico
Técnicas de Estabilização "Caseiras"								
Farelo de arroz do sistema irrigado de cultivo - EMBRAPA								
Cru	2,97± 0,01	2,47±0,01	0,29±0,00	6,25±0,01	6,05±0,01	4,63±0,00	4,42±0,00	0,22±0,00
Estabilizado em microondas	2,84±0,01	2,29±0,00	0,26±0,00	5,85±0,00	5,63±0,00	4,48±0,01	4,26±0,01	0,22±0,00
Estabilizado em fogão	3,12±0,01	2,52±0,01	0,29±0,00	6,43±0,02	6,18±0,02	4,86±0,03	4,62±0,02	0,24±0,00
Farelo de arroz do sistema sequeiro de cultivo - EMBRAPA								
Cru	3,37±0,34	2,73±0,34	0,37±0,02	7,10±0,04	6,86±0,03	6,61±0,31	6,35±0,29	0,26±0,03
Estabilizado em microondas	3,61±0,01	2,85±0,01	0,51±0,00	8,51±0,03	8,14±0,02	7,05±0,03	6,85±0,03	0,20±0,00
Estabilizado em fogão	3,21±0,01	2,46±0,01	0,34±0,00	7,22±0,02	6,91±0,02	7,11±0,03	6,84±0,02	0,27±0,00
Farelo de arroz do sistema sequeiro de cultivo - Agroindustrial Urbano Ltda.								
Cru	5,01±0,01	3,95±0,01	0,51±0,00	11,8±0,02	11,46±0,09	9,64±0,02	9,34±0,02	0,30±0,00
Estabilizado em microondas	4,16±0,02	3,36±0,01	0,38±0,01	9,16±0,02	9,00±0,02	7,93±0,04	7,70±0,02	0,23±0,01
Estabilizado em fogão	4,14±0,02	3,32±0,01	0,37±0,00	9,19±0,02	9,05±0,02	7,92±0,01	7,68±0,01	0,23±0,01
Técnicas Industriais de Estabilização								
Farelo de arroz integral estabilizado na agroindústria	4,29±0,06	3,45±0,04	0,39±0,01	9,50±0,01	9,34±0,01	8,16±0,06	7,92±0,06	0,24±0,00
Farelo de arroz parboilizado	4,74±0,01	3,80±0,01	0,44±0,00	11,05±0,01	10,87±0,01	8,88±0,01	8,63±0,00	0,25±0,00
Farelo de arroz extrusado/peletizado	0,33±0,01	0,28±0,00	0,02±0,00	0,43±0,02	0,42±0,01	0,55±0,03	0,50±0,02	0,05±0,00

* Unidade conforme TABELA 5.

Cada valor representa a média ± desvio padrão de 6 análises. Comparações entre as amostras cruas, estabilizadas em microondas, fogão ou na agroindústria realizadas por ANOVA seguida de Tukey ou pelo seu equivalente não-paramétrico Kruskal-Wallis, quando apropriado. Comparações entre as amostras de farelo de arroz parboilizado e peletizado realizadas pelo teste de t Student ou pelo seu equivalente não-paramétrico Mann-Whitney, quando apropriado. Diferenças estatisticamente significativas indicadas na descrição dos resultados no decorrer da discussão.

5.4. Teor de Amilose

Na **TABELA 8** apresentam-se os resultados dos teores de amilose determinados através do complexo azul iodo-amilose das amostras de farelo de arroz dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro em diferentes formas de estabilização.

Na análise dos resultados de forma geral, os teores de amilose para o farelo de arroz foram baixos, entre 0,90% a 5,57%, o que pode decorrer do processo de polimento, em que apenas as camadas superiores do endosperma amiláceo do grão de arroz são retiradas e a quantidade varia conforme o grau de polimento.

Não foram encontrados na literatura dados referentes aos teores de amilose e amilopectina em farelo de arroz. Segundo Juliano (2003) os teores de amilose presente nos grãos de arroz são classificados em glutinosos (0-5%), muito baixos (5,1-12%), baixos (12,1-20%), intermediários (20,1-25%) e altos (acima de 25%) de amilose aparente determinados pelo método do complexo iodo-amilose. Este método apresenta valores de teor de amilose aparente pois não se considera a interferência do complexo iodo-amilopectina na análise.

Tradicionalmente o conteúdo de amilose do arroz pode ser relacionado diretamente com a expansão em volume e a absorção de água durante a cocção do arroz, e com a textura, brancura e sabor do arroz cozido (JULIANO, 2003). Recentes trabalhos apontam a relação direta entre o conteúdo de amilose e a formação de amido resistente, sendo este definido como aquele que resiste à digestão no intestino delgado, mas é fermentado no intestino grosso pela microflora bacteriana, podendo-se dizer então, que o amido resistente é a fração que não fornecerá glicose ao organismo, mas que será fermentada no intestino grosso para produzir gases e ácidos graxos de cadeia curta, principalmente. Devido a esta característica, considera-se que os efeitos benéficos do amido resistente sejam, em alguns casos, comparáveis ao da fibra alimentar e, por este motivo, normalmente é considerado como um componente desta (WALTER; SILVA; EMANUELLI, 2005; SILVA et al., 2003).

TABELA 8: Teores de amilose dos farelos de arroz dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro em diferentes formas de estabilização.

Amostras**	TEOR DE AMIOLOSE (%) (base seca)
Técnicas de Estabilização “Caseiras”	
Farelo de arroz do sistema irrigado de cultivo - EMBRAPA	
Cru	3,00±0,36
Estabilizado em microondas	5,21±0,31
Estabilizado em fogão	4,61±0,12
Farelo de arroz do sistema sequeiro de cultivo - EMBRAPA	
Cru	1,12±0,27
Estabilizado em microondas	*n.d
Estabilizado em fogão	0,90±0,11
Farelo de arroz do sistema sequeiro de cultivo - Agroindustrial Urbano Ltda.	
Crua	*n.d
Estabilizado em microondas	5,18±1,18
Estabilizado em fogão	5,46±0,73
Técnicas Industriais de Estabilização	
Farelo de arroz integral estabilizado na agroindústria	5,75±0,43
Farelo de arroz parboilizado	1,02±0,02
Farelo de arroz extrusado/peletizado	3,61±0,23

Resultados de triplicatas.

****Todas as amostras foram desengorduradas antes da análise.**

***n.d - não detectado por esta técnica.**

Cada valor representa a média ± desvio padrão de 6 análises. Comparações entre as amostras cruas, estabilizadas em microondas, fogão ou na agroindústria realizadas por ANOVA seguida de Tukey ou pelo seu equivalente não-paramétrico Kruskal-Wallis, quando apropriado. Comparações entre as amostras de farelo de arroz parboilizado e peletizado realizadas pelo teste de *t* Student ou pelo seu equivalente não-paramétrico Mann-Whitney, quando apropriado. Diferenças estatisticamente significativas indicadas na descrição dos resultados no decorrer da discussão.

6. CONCLUSÕES

Pela análise dos resultados do presente trabalho pode-se concluir que:

- ✓ Com relação à origem, as amostras de farelo de arroz provenientes dos sistemas de cultivo irrigado e sequeiro apresentaram diferenças significativas nos teores de alguns nutrientes ($p < 0,05$). Os lipídeos, proteínas e ácidos graxos apresentaram maiores teores no sistema de cultivo sequeiro, sendo que as fibras alimentares e minerais apresentaram maiores teores no cultivo irrigado. Os teores de resíduos minerais fixos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os dois sistemas de cultivos, não sendo possível afirmar que estas características são influenciadas pelos sistemas de cultivo por se

tratarem de cultivares diferentes por serem adaptados a cada sistema de cultivo.

- ✓ A extrusão/peletização não provocou alteração nos teores da maioria dos nutrientes a não ser a considerável perda de lipídeos que ocorre neste tipo de processo e conseqüentemente apresentando baixos teores de ácidos graxos de interesse.
- ✓ A técnica de estabilização feita na Agroindustrial Urbano apresentou as maiores perdas dos nutrientes com relação à mesma amostra sem estabilização, indicando ser uma técnica agressiva ou necessidade de melhor ajuste do processo usado, prejudicando o valor nutricional original do alimento.
- ✓ Dentre os resultados obtidos foi verificado que o tratamento realizado em fogão apresentou menor teor de umidade e melhor conservação da composição dos nutrientes o que pode indicar ser um tratamento térmico eficiente para o aumento da vida útil.
- ✓ O processo de parboilização foi favorável para uma maior concentração de nutrientes nas amostras, principalmente com relação a alguns minerais e ácidos graxos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-HAMID, A.; LUAN, Y.S. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. **Food Chemistry**, v.68, n.1, p.15-19, 2000.

ADHIKARITANAYAKE, T.B.; NOOMHORM, A. Effect of continuous steaming on parboiled rice quality. **Journal of Food Engineering**, v.36, n.1, p.135-143, 1998.

AMATO, G.W.; ELIAS, M.C. **A parboilização do arroz**. Porto Alegre: Ricardo Lenz,

2005. p.49-132.

AMATO, G.W.; CARVALHO, J.L.V.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002. 240p.

AMATO, G.W.; SILVEIRA-FILHO, S. Parboilizado importância e perspectivas. **Lavoura Arrozeira**, v.41, n.382, p.9-11, 1988.

ALARY, R.; LAIGNELET, B.; FEILLET, P. Effect of amylose content on some characteristics of parboiled rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.25, n.2, p.261-264, 1977.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16.ed. Arlington: AOAC, 1995.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 5.ed. Champaign: AOCS, 2004. p.1-2 [Official method Ce 1h-05-Determination of cis-, trans-, saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids in vegetable or non-ruminant animal oils and fats by capillary GLC].

BILIADERIS, C.G.; TONOGAI, J.R.; PEREZ, C.M.; JULIANO, B.O. Thermophysical properties of milled rice starch as influenced by variety and parboiling method. **Cereal Chemistry**, v.70, n.5, p.512-516, 1993.

BISWAS, S.K.; JULIANO, B.O. Laboratory parboiling procedures and properties of parboiled rice from varieties differing in starch properties. **Cereal Chemistry**, v.65, n.5, p.417-423, 1988.

BHATTACHARYA, K.R.; SOWBHAGYA, C.M.; INDUDHARA SWAMY, Y.M. Importance of insoluble amylose as a determinant of rice quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.29, n.4, p.359-364, 1978.

BHATTACHARYA, S. Kinetics on colour changes in rice due to parboiling. **Journal of Food Engineering**, v.29, n.1, p.99-106, 1996.

BRANDÃO, C.T.T. **Alternativas alimentares**. Londrina: Pastoral da Criança, 1988. 49p.

BRANDÃO, C.T.T. **Alimentação alternativa**: alternativas alimentares. Brasília: Ministério da Saúde, Divisão Nacional de Educação para a Saúde, 1989. 68p.

BRANDÃO, T.C.; BRANDÃO, R.F. **Alimentação alternativa**. 2.ed. Brasília: Ministério da Saúde, 1997. 95p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Legislação. SISLEGIS – Sistema de Consulta à Legislação. **Portaria n.o 269 de 17 de novembro de 1988**. Aprova a norma anexa, assinada pelo Secretário de Serviços Auxiliares de Comercialização e pelo Secretário Nacional de Abastecimento, a ser observada a classificação, embalagem e marcação do arroz. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1033>. Acesso em: 16. set.2008.

BRASIL. Portaria n.01, de 04 de janeiro de 1989. Regulamento técnico que aprova o roteiro e os critérios para a uniformização da classificação do arroz. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1 fev. 1989. Seção 1, pt.1.

CARVALHO, J.L.V.; AMATO, G.W.; MAZZARINI, M.R.; GERMANI, R. Retenção de vitaminas B₁ e B₂ em arroz parboilizado processado em autoclave e em estufa no Brasil. **Lavoura Arrozeira**, v.45, n.403, p.12-14, 1992.

CASTILLOA, B. E.; MONTELLANO, V.R.; TOVARA, S.A.S.; FUENTESB, S.A.J.; BAZÚAA, D.C. Extrusion deactivation of rice bran enzymes by pH modification. **Europe Journal Lipids Science Technology**, v. 107, p. 871-876, 2005.

CHEN, C-M.; YEH, A-I., Effect of amylose content on expansion of extruded rice pellet. **Cereal Chemistry**, v. 78, n. 03, p. 261-266, 2001.

CHOUDHURY, G.S.; GAUTAM, S. Effects of hydrolysed fish muscle on intermediate process variables during twin-screw extrusion of rice flour. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.** v. 36, p. 667-678, 2003.

DEOBALD, H.J. Rice flours. In: HOUSTON, D.F., ed. **Rice: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1972. p.264-269. (American Association of Cereal Chemists. Monograph Series, v.4).

ELBERT, G.; TOLABA, M.P.; SUÁREZ, C. Effects of drying conditons on head rice yield and browning index of parboiled rice. **Journal of Food Engineering**, v.47, n.1, p.37-41, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Comissão Internacional do Arroz: resultados da 20ª Sessão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 56p. [Documentos, 172]. Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_172.pdf. Acesso em: 16. set. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistemas de Produção. Arroz: Cultivo do Arroz Irrigado no Estado do Tocantins. **Introdução e importância econômica**. nov. 2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoTocantins/clima.htm>. Acesso em: 06. nov. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistemas de Produção. Arroz: Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil. **Consumo, Mercado e Comercialização do Arroz no Brasil**. nov. 2005. Disponível em: www.cpact.embrapa.br/publicacoes/catalogo/tipo/sistemas/arroz/cap08.htm. Acesso em: 06. nov. 2007.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENÇÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Disponível em: <http://www.epagri.rct-sc.br/>. Acesso em: 18. set. 2008.

FALCONE, M. Fabricação de arroz parbolizado. **Revista Politécnica**, v.81, n.190, p.34-37, 1985.

FAO, 2000. Information Network on Post-Harvest Operations. Informations tirées de DeLucia et Assennato, 1994. FAO, Bulletin des Services Agricoles, no.93. *apud* EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Comissão Internacional do Arroz: resultados da 20ª Sessão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 56p. [Documentos, 172]. Disponível em:

http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_172.pdf. Acesso em: 18.set.2008.

FERREIRA, S.M.R. Classificação de arroz, *Oryza sativa* L. **Higiene Alimentar**, v.16, n.99, p.35-45, 2002.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE STANLEY, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v.226, n.1, p.497-509, 1957.

FONSECA, H.; SOAVE, J.; AZZINI, L.E.; BENZATTO, N.V.; CAMARGO, O.B.A. **Arroz: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia; Piracicaba: FEALQ, 1984. v.1. (Série Extensão Agroindustrial, n.1).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Nutrition Country Profiles India. Rome Italy, 1998. *apud* EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Comissão Internacional do Arroz: resultados da 20ª Sessão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 56p. [Documentos, 172]. Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_172.pdf. Acesso em: 18.set.2008.

GALERA, J.S. **Substituição parcial da farinha de trigo por farinha de arroz (*Oryza sativa* L.) na produção de sonho: estudo modelo**. São Paulo, 2006. p.26-77. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C. Estudo comparativo das operações unitárias de parboilização de arroz realizadas em escala industrial e laboratorial **Lavoura Arroeira**, v.45, n.404, p.3-8, 1992.

GUIMARÃES, E.P.; SANT'ANA, E.P. Sistema de cultivo. In: VIEIRA, N.R.A.; SANTOS, A.B.; SANT'ANA, E.P., eds. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. cap.1, p.18-32.

HAMADA, J.S.; SPANIER, A.M.; BLAND, J.M.; DIACK, M. Preparative separation of

value-peptides from rice bran proteinases by high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography, A**, v.827, p.319-327, 1998.

HAMADA, S.J. Characterization and functional properties of rice bran proteins modified by commercial exoproteases and endoproteases. **Journal of Food Science**, v.65, n.2, p.305-310, 2000.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl ester from lipids. **Laboratory Practice**, v.22, p.475-476, 1973.

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

HERZOG, A. Arroz parboilizado: seu significado e importância. **Lavoura Arrozeira**, v.30, n.302, p.10-14, 1977.

HOLLAND, B.; WELCH, A.A.; BUSS, D.H., eds. **McCance and Widdowson's the composition of foods**. 5.ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1994, p.8-9.

ILO, S.; LIU, Y.; BERGHOFER, E. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.**, v. 32, p. 79-88, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Confronto das Safras 2007 e 2008 – Brasil – Junho 2008**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_2008034.shtm. Acesso em: 18. set.2008.

IMOUDU, P.B.; OLUFAYO, A.A. The effect of sun drying on milling yield and quality of rice. **Bioresource Technology**, v.74, n.3, p.267-269, 2000.

IQBAL, S.; BHANGER, M.I.; ANWAR, F. Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. **Food Chemistry**, v.93, p.265–272, 2005.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Science OnLine. World Rice Statistics. Disponível em: <http://www.irri.org/science/ricestat/index.asp>. Acesso em: 12.nov.2005.

JULIANO, B.O. A simplified assay for milled-rice amylose. **Cereal Science Today**, v.16, n.10, p.334-360, 1971.

JULIANO, B.O.; PEREZ, C.M.; BLAKENEY, A.B.; CASTILLO, T.; KONGSEREE, N.; LAIGNELET, B.; LAPIS, E.T.; MURTY, V.V.S.; PAULE, C.M.; WEBB, B.D. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. **Starch/Stärke**, v.33, n.5, p.157-162, 1981.

JULIANO, B.O. **Rice in human nutrition**. Rome: International Rice research Institute, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1993. 162p. (FAO Food and Nutrition Series, n.26).

JULIANO, B.O.; HICKS, P.A. Rice functional properties and rice food products. **Food Reviews International**, v.12, n.1, p.71-103, 1996.

JULIANO, B.O. **Rice: chemistry and quality**. Muñoz: Philippine Rice Research Institute, 2003. 480p.

KADAN, R.S.; ROBINSON, M.G.; THIBODEAUX, D.P.; PEPPERMAN, A.B. Texture and other physicochemical properties of whole rice bread. **Journal of Food Science**, v.66, n.7, p.940-944, 2001.

KAHLON, T.S.; EDWARDS, R.H.; CHOW, F.I. Effect of extrusion on hypocholesterolemic properties of rice, oat, corn, and wheat bran diets in Hamsters. **Cereal Chemistry**, v. 75, n. 6, p. 897-903, 1998.

KAR, N.; JAIN, R.K.; SRIVASTAV, P.P. Parboiling of dehusked rice. **Journal of Food Engineering**, v.39, n.1, p.17-22, 1999.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genitic resources perspective. **Food Chemistry**, v.80, p.589-596, 2003.

KIM, H.-J.; LEE, S.-B.; PARK, K.-A.; HONG, I.-K. Characterization of extraction and separation of rice bran oil rich in EFA using SFE process. **Separation and Purification Technology**, v.15, n.1, p.1-8, 1999.

LAKKAKULA, N.R.; LIMA, M.; WALKER, T. Rice bran stabilization and rice bran oil extraction using ohmic heating. **Bioresource Technology**, v.92, n.2, p.157–161, 2004.

LAM-SANCHEZ, A.; SANTOS, J.E.; TAKAMURA, K.; TREPTOW, R.M.O.; OLIVEIRA, J.E.D. Estudos nutricionais com arroz (*Oriza sativa*, L.). **Alimentos e Nutrição**, v.5, p.37-48, 1993.

LLOYD, B.J.; SIEBENMORGEN, T.J.; BEERS, K.W. Effects of commercial processing on antioxidants in rice bran. **Cereal Chemistry**, v.77, n.5, p.551–555, 2000.

LOPES, C.C. **Estudo do mecanismo de quebra dos grãos de arroz**. Campinas, 1989. 128p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia dos Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

LUNDUBWONG, N.; SEIB, P.A. Rice isolation by alkaline protease digestion of wet-millet rice flour. **Journal of Cereal Science**, v.31, p.63-74, 2000.

MAIHARA, V.A.; FÁVARO, D.I.; SILVA, V.N.; GONZAGA, I.B.; SILVA, V.L.; CUNHA, I.I.; VASCONCELLOS, M.B.A.; COZZOLINO, S.M.F. Determination of mineral constituents in duplicate portion diets of two university student groups by instrumental neutron activation analysis. **Journal of Radionalytical and Nuclear Chemistry**, v.249, n.1, p.21-24, 2001.

MARSHALL, W.E.; WADSWORTH, J.I.; VERMA, L.R.; VELUPILLAI, L. Determining the degree of gelatinization in parboiled rice: comparison of a subjective and objective method. **Cereal Chemistry**, v.70, n.2, p.226-230, 1993.

NISHIDA, K.D.; ROBERTS, R.L.; BEAN, M.M.; KENNEDY, B.M. Development of a yeast-leavened rice-bread formula. **Cereal Chemistry**, v.53, n.5, p.626-635, 1976.

NUMES, G.S.; PIMENTA, A.S.; NASCENTES, C.G.; CRUZ, R. Inibição química do escurecimento do arroz durante o processo de parboilização. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.36, n.1, p.1-12, 1993.

NUNES, G.S.; PIMENTA, A.S.; NASCENTES, C.C.; Inibição da reação de escurecimento do arroz parboilizado pelo íon dissulfeto. 1. Modelo estatístico. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.38, n.1, p.35-43, 1995.

OLIVEIRA, M.G.C.; BASSINELLO, P.Z.; SILVA-LOBO, V.L.; RINALDI, M.M.; CARMO, E.J.S. Avaliação visual e umidade de farelo de arroz proveniente de diferentes fontes. Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_196/trabalhos/CBC-TRAB_64-2.pdf. Acesso em: 18. set. 2008.

PARRADO, J.; MIRAMONTES, E.; JOVER, M.; GUTIERREZ, F.C.O.J.; TERAÑ, C. L.; BAUTISTA, J. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. **Food Chemistry**, 2006.

PINTO, E.A. **Caracterização sensorial e de vitaminas hidrossolúveis em arroz (*Oryza sativa* L.) parbolizado**. São Paulo, 2005. 101p. Tese de Doutorado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

PORTILLO PRIETO, R. **Contribuição ao estudo de comportamento de 6 variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) no processo de parboilização**. São Paulo, 1981. 155p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica – Departamento de Engenharia Química – Universidade de São Paulo.

PSZCZOLA, D.E. Rice: not just for throwing. **Food Technology**, v.55, n.2, p.53-59, 2001.

POLANCO, I.; MOLINA, M.; PIETRO, G.; CARRACO, S.; LAMA, R. Dieta y enfermedad celíaca. **Alimentaria**, v.33, n.264, p.91-93, 1995.

RAMESH, M.N. Moisture transfer properties of cooked rice during drying. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie**, v.32, p.245-355, 2003.

RATNAYAKE, W.M.N.; PLOUFFE, L.J.; PASQUIER, E.; GAGNON, C. Temperature-sensitive resolution of cis and trans fatty acid isomers of partially hydrogenated vegetable oils on SP-2560 and CP-Sil 88 capillary columns. **Journal of AOAC International**, v.85, n.5, p.1112-1118, 2002.

RATNAYAKE, W.M.N.; HANSEN, S.L.; KENNEDY, M.P. Evaluation of the CP-Sil 88 and SP-2560 GC columns used in the recently approved AOCS official method Ce 1h-05: determination of cis-, trans, saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids in vegetable or non-ruminant animal oils and fats by capillary GLC method. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.83, n.6, p.475-488, 2006.

ROUANET, J.-M.; LAURENT, C.; BESANÇON, P. Rice bran and wheat bran: selective effect on plasma and liver cholesterol in high-cholesterol fed rats. **Food Chemistry**, v.47, p.67-71, 1993.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science and Technology International**, v.8, n.3, p.121-137, 2002.

SAUNDERS, R.M. The properties of rice bran as a foodstuff. **Cereal Foods World**, v.35, n.7, p.632-636, 1990.

SILVA, L.P. da/ PICOLLI, L. ; NÖRNBERG, José Laerte ; EMANUELLI, Tatiana ; FAGUNDES, Carlos Alberto Alves ; ORTOLAN, F. ; DENARDIN, C. . Uso de diferentes metodologias para a determinação de amido resistente em arroz: um estudo preliminar. In: Tercera conferencia internacional do arroz de clima templado, 2003, Punta del Este. **Tercera conferencia internacional de clima templado**, 2003.

SILVEIRA-FILHO, S. Benefícios econômicos e sociais da parboilização do arroz. **Lavoura Arrozeira**, v.39, n.369, p.19-26, 1996.

SHIH, F.F.; CHAMPAGNE, E.T.; DAIGLE, K.; ZARINS, Z. Use of enzymes in the processing of protein products from rice bran and rice flour. **Nahrung**, v.43, n.1, p.14-18, 1999.

SHÜLER, E. Secagem com programa escalonado produz quebra do grão. **Lavoura Arrozeira**, v.48, n.424, p.14-15, 1995.

SONDI, A.B.; REDDY, I.M.; BHATTACHARYA, K.R. Effect of processing conditions on the oil content of parboiled-rice bran. **Food Chemistry**, v.5, n.4, p.277-282, 1980.

STORK, R.C. **Variação na composição química de cultivares de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos**. Santa Maria, 2004. 110p. Dissertação de Mestrado – Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Santa Maria.

STATISTICA. Version 8.0 for Windows. Tulsa: StatSoft, 2007. v.1.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de ciências Farmacêuticas. Departamentos. Alimentos. Atividades de Extensão. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TBCA-USP**. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela/>. Acesso em: 18.set. 2008.

TANG, S.; HETTIARACHCHY, N.S.; HORAX, R.; ESWARANANDAM, S. Physicochemical properties and functionality of rice bran protein hydrolyzate prepared from heat-stabilized defatted rice bran with the aid of enzymes. **Journal of Food Science**, v.68, n.1, p.152-157, 2003.

TORRES, R.L.; GONZÁLEZ, R.J.; SÁNCHEZ, H.D.; OSELLA, C.A.; TORRE, M.A.G. Comportamiento de variedades de arroz em la elaboración de pan sin gluten. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.49, n.2, 1999. Disponível em: <http://www.alanrevista.org/ediciones/1999-2/variedades arroz elaboracion pan sin gluten.asp#>. Acesso em: 20.maio.2005.

UNNIKRISHNAN, K.R.; BHATTACHARYA, K.R. Influence of varietal difference on properties of parboiled rice. **Cereal Chemistry**, v.64, n.5, p.315-320, 1987a.

UNNIKRISHNAN, K.R.; BHATTACHARYA, K.R. Properties of pressure parboiled rice as effected by variety. **Cereal Chemistry**, v.64, n.5, p.321-323, 1987b.

WADA, H.K. **Avaliação do farelo de arroz irradiado como fonte de ferro**. São

Paulo, 2001. 57p. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades em Nutrição Humana Aplicada - Faculdade de Saúde Pública – Universidade de São Paulo.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L.A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1184-1192, 2008.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, v.35, n.4, p.974-980, 2005.

WARREN, B.E.; FARRELL, D.J. The nutritive value of full-fat and defatted Australian rice bran chemical composition. **Animal Feed Science and Technology**, v.27, n.3, p.219-228, 1990.

XAVIER, I.J.; RAJ, S.A. Enzyme change in rough rice during parboiling. **Journal of Food Biochemistry**, v.19, n.5, p.381-389, 1996.

ZAKIUDDIN-ALI, S.; BHATTACHARYA, K.R. Changes in sugars and amino acids during parboiling of rice. **Journal of Food Biochemistry**, v.4, p.169-179, 1981.

Anexo 1 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz do sistema de cultivo irrigado/Embrapa – cru, coluna capilar SP-2560 de 100m

Anexo 2 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz do sistema de cultivo irrigado/Embrapa – estabilizado em microondas, coluna capilar SP-2560 de 100m

Anexo 3 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz do sistema de cultivo irrigado/Embrapa – estabilizado em fogão, coluna capilar SP-2560 de 100m

Anexo 4 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz do sistema de cultivo terras altas/Embrapa – cru, coluna capilar SP-2560 de 100m

Anexo 5 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz do sistema de cultivo terras altas/Embrapa – estabilizado em microondas, coluna capilar SP-2560 de 100m

Anexo 6 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz do sistema de cultivo terras altas/Embrapa – estabilizado em fogo, coluna capilar SP-2560 de 100m

Anexo 7 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz do sistema de cultivo terras altas/Agroindustrial Urbano Ltda. – cru, coluna capilar SP-2560 de 100m

Anexo 8 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz do sistema de cultivo terras altas/Agroindustrial Urbano Ltda. – estabilizado em microondas, coluna capilar SP-2560 de 100m

Anexo 9 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz do sistema de cultivo terras altas/Agroindustrial Urbano Ltda. – estabilizado em fogão, coluna capilar SP-2560 de 100m

Anexo 10 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz do sistema de cultivo terras altas/Agroindustrial Urbano Ltda. – estabilizado na própria agroindústria, coluna capilar SP-2560 de 100m

Anexo 11 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz do sistema de cultivo terras altas/Agroindustrial Urbano Ltda. – parboilizado, coluna capilar SP-2560 de 100m

Anexo 12 – Cromatograma dos ácidos graxos presentes no farelo de arroz da Indústria Irgovel - RS – extrusado/peletizado, coluna capilar SP-2560 de 100m