BIBLIOTECA
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Universidade de São Paulo

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

**Características nutricionais e tecnológicas de cultivares de
arroz (*Oryza sativa* L.) branco polidos e parboilizados**

Selma Nakamoto Koakuzu

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

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

**São Paulo
2004**

47895

BIBLIOTECA
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Universidade de São Paulo
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos
Área de Bromatologia

**Características nutricionais e tecnológicas de cultivares de
arroz (*Oryza sativa* L.) branco polidos e parboilizados**

Selma Nakamoto Koakuzu

**Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE**

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

**São Paulo
2004**

DEDALUS - Acervo - CQ

30100005987

Ficha Catalográfica

Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

Koakuzu, Selma Nakamoto

K75c Características nutricionais e tecnológicas de cultivares de
arroz (*Oryza sativa* L.) branco polidos e parboilizados / Selma
Nakamoto Koakuzu. -- São Paulo, 2004.
87p.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
da Universidade de São Paulo. Departamento de Alimentos e
Nutrição Experimental.

Orientador: Penteadó, Marilene De Vuono Camargo

1. Alimento : Análise : Ciência dos alimentos 2. Arroz :
Ciência dos alimentos I. T. II. Penteadó, Marilene De Vuono
Camargo, orientador.

641 CDD

Selma Nakamoto Koakuzu

**Características nutricionais e tecnológicas de cultivares de arroz
(*Oryza sativa* L.) branco polidos e parboilizados**

**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, 01 de Junho de 2004.

Aos meus pais, Hideo e Thereza,
que me ensinaram a grandeza da vida

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Profª Marilene De Vuono Camargo Penteado, pela compreensão, paciência, orientação e, principalmente, pela credibilidade confiada em minha pessoa.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, particularmente ao Centro de Pesquisa em Arroz e Feijão, de Goiânia, por ter possibilitado o término deste trabalho.

Às minhas amiga e irmãs, Noemi e Emy, por todo apoio e preciosa ajuda.

Aos meus amigos de Goiânia, Anna Cristina, Leonardo, Rodrigo e Priscila, que me incentivaram e sempre acreditaram em mim.

Às minha amigas do Laboratório de Análise de Alimentos – FCF/USP, por toda ajuda e carinho.

Às Profª Úrsula e Profª Lígia pela ajuda e empréstimo de material de laboratório.

Ao Dr. Emílio da Embrapa Arroz e Feijão pela ajuda e incentivo.

Aos funcionários da SPG da FCF/USP, Elaine e Jorge, pela paciência e auxílio.

Agradeço a todos, que direta ou indiretamente, com sugestões, dúvidas e críticas me ajudaram na realização deste trabalho.

À CNPq pela apoio financeiro e bolsa concedida.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE GRÁFICOS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. PRODUÇÃO E CULTIVO DO ARROZ (<i>Oryza sativa</i> L.)	3
2.1.1. Situação mundial.	3
2.1.2. Situação nacional	5
2.1.3. Sistemas de cultivo	6
2.1.4. Programa de melhoramento genético de arroz	7
2.1.5. Características de algumas cultivares e linhagem de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) do Brasil	8
2.2. ASPECTOS MORFOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DO GRÃO DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i> L.)	11
2.2.1. Taxionomia e estrutura morfológica	11
2.2.2. Composição química e valor nutricional do arroz	13
2.2.2.1. Carboidratos	14
2.2.2.2. Proteínas	17
2.2.2.3. Lipídeos	18
2.2.2.4. Fibra alimentar	20
2.2.2.5. Micronutrientes: resíduo mineral e vitaminas	20
2.2.3. Arroz parboilizado	21

2.3. QUALIDADE TECNOLÓGICA DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i> L.)	25
2.3.1. Comportamento no beneficiamento	26
2.3.2. Centro Branco	27
2.3.3. Temperatura de gelatinização	28
2.3.4. Teor de amilose	29
2.4. PARBOILIZAÇÃO	31
2.4.1. Origem e história	31
2.4.2. Princípios do processo	31
2.4.2.1. Encharcamento do arroz em casca	32
2.4.2.2. Cozimento do arroz úmido	33
2.4.2.2.a. Cozimento por microondas	34
2.4.2.3. Secagem	35
3. OBJETIVOS	37
4. MATERIAIS E MÉTODOS	38
4.1. AMOSTRAS	38
4.2. REAGENTES E ENZIMAS	39
4.3. PADRÕES	39
4.4. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS	39
4.5. METODOLOGIAS	40
4.5.1. PROCESSO DE PARBOILIZAÇÃO	40
4.5.1.1. Separação e limpeza das amostras	40
4.5.1.2. Determinação das curvas de absorção de água	40
4.5.1.3. Encharcamento das amostras	41

4.5.1.4. Tratamento térmico das amostras maceradas	42
4.5.1.5. Secagem	42
4.5.2. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	42
4.5.2.1. Beneficiamento das amostras	42
4.5.2.2. Avaliação de centro branco	43
4.5.2.3. Classificação visual	44
4.5.2.4. Determinação da temperatura de gelatinização	45
4.5.2.5. Teor de amilose	46
4.5.2.6. Umidade	47
4.5.2.7. Resíduo mineral fixo	47
4.5.2.8. Proteínas	47
4.5.2.9. Extrato etéreo	48
4.5.2.10. Fibra alimentar total	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1. TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO	48
5.2. CLASSIFICAÇÃO VISUAL E CENTRO BRANCO	49
5.3. PARBOILIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ARROZ	51
5.4. RENDIMENTO DE BENEFICIAMENTO	53
5.4.1. Efeito da parboilização sobre o rendimento de beneficiamento	55
5.5. TEOR DE AMILOSE	56
5.5.1. Comparação entre dois métodos para determinar o teor de amilose no arroz	58
5.5.2. Influência da parboilização sobre o teor de amilose	60

5.6. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS AMOSTRAS DE ARROZ	61
5.6.1. Proteínas	61
5.6.1.1. Efeito da parboilização sobre o conteúdo de proteínas das amostras	62
5.6.2. Resíduo mineral fixo	63
5.6.2.1. Influência da parboilização sobre o resíduo mineral	63
5.6.3. Extrato etéreo	65
5.6.3.1. Efeito da parboilização no extrato etéreo	65
5.6.4. Fibra alimentar total	67
5.6.4.1. Influência da parboilização sobre o teor de fibra alimentar total	67
6. CONCLUSÕES	70
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
8. RESUMO	80
9. SUMMARY	81

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: Principais países produtores de arroz (safra 2002)	3
TABELA 2: Área de plantio, produção e produtividade do arroz (em casca) dos principais Estados produtores do Brasil, safras 2001/02 e 2002/03	5
TABELA 3: Características de algumas cultivares e linhagens de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) brasileiras	9
TABELA 4: Composição e balanço energético de alguns grãos de cereais	14
TABELA 5: Composição centesimal e vitamínica (complexo B) aproximada do arroz branco e parboilizados polidos	24
TABELA 6: Padrões selecionados para o comprimento do grão de arroz	44
TABELA 7: Padrões selecionados para a largura do grão de arroz	44
TABELA 8: Temperatura de gelatinização das amostras branco polidas	49
TABELA 9: Classificação visual e centro branco nas amostras branco polidas	50
TABELA 10: Rendimento de beneficiamento dos arrozes não parboilizados e parboilizados	53
TABELA 11: Teor de amilose das amostras branco e parboilizadas polidas, pelos métodos de JULIANO, 1971 e JULIANO <i>et al.</i> , 1981	57

TABELA 12: Tipo de amilose das cultivares e linhagens de arroz estudadas	60
TABELA 13: Composição centesimal das amostras branco polidas e parboilizadas	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Curvas de absorção de água das amostras de arroz a temperatura de 58°C	51
GRÁFICO 2: Comparativo entre rendimento de inteiros dos arrozes não parboilizados e parboilizados	55
GRÁFICO 3: Comparativo entre conteúdo de amilose das amostras branco polidas pelos métodos JULIANO, 1971, e JULIANO <i>et al</i> , 1981	58
GRÁFICO 4: Comparativo entre o conteúdo de proteínas das amostras branco polidas e parboilizadas	62
GRÁFICO 5: Comparativo das frações minerais das amostras branco polidas e parboilizadas	64
GRÁFICO 6: Comparativo dos extratos etéreos das amostras branco polidas e parboilizadas	66
GRÁFICO 7: Comparativo entre o conteúdo de fibra alimentar total das amostras branco polidas e parboilizadas	68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Gráfico do consumo e estoques mundiais de arroz (beneficiado), de 1973/74 a 2002/03	4
FIGURA 2: Estrutura do grão de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	12

LISTA DE ABREVIATURAS

FAO - Food and Agriculture Organization of the United States

AOAC - Association of Official Analytical Chemists

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IRRI - International Rice Institute

IDR - Ingestão Diária Recomendada

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical

TG - Temperatura de Gelatinização

TA - Teor de amilose

AACC - American Association of Cereal Chemists

1. INTRODUÇÃO

O arroz ocupa uma posição de destaque na alimentação mundial. Em países em desenvolvimento, onde o consumo de arroz é elevado (715 kg/*per capita*/dia), é considerado a principal fonte de energia, proteínas e lipídeos, além de contribuir com o fornecimento de importantes micronutrientes essenciais à saúde humana, como a tiamina, riboflavina, niacina e zinco (KENNEDY *et al.*, 2002; FAO, 2004b).

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.

Dentre os vários fatores que podem influenciar o conteúdo de nutrientes no arroz estão a variabilidade genética, as técnicas agronômicas, as condições ambientais e de solo, e as atividades pós-colheita (armazenamento, processamento, beneficiamento, lavagem e cocção) (JULIANO, 1993).

O beneficiamento do arroz retira a casca, produzindo o arroz integral ou pardo, seguido por uma espécie de polimento ou brunimento, que retira todas as camadas externas e o embrião (RUITEN, 1985), onde estão concentrados a maior parte dos nutrientes no grão e, portanto, provoca perdas significativas de proteínas, fibras, lipídeos, ferro e vitaminas do complexo B (FAO, 2004b).

Entre as principais medidas recomendadas para reduzir as perdas nutricionais do arroz branco estão: consumir o arroz integral ao invés de branco polido; não lavar o arroz antes de cozinhar; enriquecer artificialmente o arroz branco polido com vitaminas; consumir arroz parboilizado (PRIETO, 1981).

A parboilização é, muitas vezes relacionada com um enriquecimento "natural" do arroz que, em geral aumenta o aporte nutricional, principalmente de micronutrientes como vitaminas e minerais. Além disso, propicia uma

economia para a indústria arroseira, reduzindo perdas no beneficiamento, armazenamento e por contaminação microbiológica (AMATO *et al.*, 2002; BHATTACHARYA, 1985).

Outra preocupação dos pesquisadores do arroz é o acesso da população mundial carente à esse alimento. As estatísticas alarmantes dos últimos anos (MORCELI, 2003) com relação à produção, ao estrangulamento dos preços internacionais e à redução da área de plantio, seja por políticas econômicas, substituição da cultura do arroz por outra mais rentável, ou pela diminuição dos recursos hídricos, demonstra a necessidade de desenvolvimento tecnológico da cultura, principalmente em países onde o arroz é a base da dieta alimentar, como o Brasil.

Esse desenvolvimento tecnológico diz respeito não só ao aumento de produtividade mas também ao melhor aproveitamento dos vários sistemas de plantio, redução do impacto ambiental e alta qualidade de produto, atendendo à padrões internacionais.

Diferentes propriedades definem a qualidade do arroz, desde as práticas pós-colheita, como bom rendimento no beneficiamento, e propriedades físico-químicas que determinam a qualidade de cocção e as características organolépticas do arroz cozido, particularmente o teor de amilose, a estrutura da amilopectina, o conteúdo de proteínas e a temperatura de gelatinização. No mais, a aparência e o tipo do grão são outras importantes características de qualidade que refletem no preço do produto (RAMESH *et al.*, 2000; VIEIRA & CARVALHO, 1999; JULIANO, 1993).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PRODUÇÃO E CULTIVO DO ARROZ (*Oryza sativa* L.)

2.1.1. Situação mundial

O arroz é cultivado por cerca de 113 países, em quase todos os continentes, exceto na Antártica. Segundo a FAO, 2003, a produção mundial de arroz cresceu cerca de 3% da safra de 2002 para a safra de 2003, totalizando aproximadamente 591 milhões de toneladas (arroz em casca), ocupando uma área aproximada de 147 milhões de hectares (FAOSTAT, 2003).

Os principais países produtores de arroz estão no continente asiático e Oceania, sendo a China o maior produtor mundial. O Brasil ocupa a décima posição, sendo o principal produtor de arroz fora do continente asiático. A **TABELA 1** apresenta a produção da safra 2002 dos cinco maiores produtores de arroz, destacando-se a elevada diferença entre estes e o Brasil (FAOSTAT, 2003).

TABELA 1: Principais países produtores de arroz (safra 2002)

País	Produção de arroz (em casca) (milhões de toneladas)
China	176,6
Índia	116,6
Indonésia	51,6
Bangladesh	38,1
Vietnã	34,0
Brasil	10,5

Fonte: FAOSTAT, 2003

A produção mundial de arroz, nos últimos anos, tem apresentado flutuações (IRRI, 2003), gerando certa inconstância na oferta total. Somando-se a esse fato, o consumo mundial de arroz aumentou, fazendo com que haja uma redução no volume dos estoques reguladores (FAO, 2003).

A **FIGURA 1** permite visualizar a redução na relação estoque final *versus* consumo de arroz beneficiado no mundo. Segundo análise de MORCELI, 2003, até a safra 2000/01 a relação estoque e consumo era de 37,38%, sofrendo, a partir de então, um processo de queda até 19,98% para safra 2002/03, ou seja uma redução na relação de aproximadamente 44,29% em apenas três safras.

FIGURA 1: Consumo e estoques mundiais de arroz (beneficiado), de 1973/74 a 2002/03 (MORCELI, 2003)

Este comportamento da oferta e demandas mundiais gera ambiente favorável à elevação dos preços internacionais.

Segundo YOKOYAMA *et al.*, 1999, os principais países produtores de arroz são também os maiores consumidores. Estes têm utilizado tecnologias mais aprimoradas a fim de aumentar suas produtividades, evitando, assim, que os preços internacionais do produto ultrapassem as médias históricas, e que a

redução dos estoques reguladores não comprometam o abastecimento mundial de arroz (FAO, 2003).

2.1.2. Situação nacional

A produção brasileira de arroz estimada pelo IBGE, 2003, foi de 10,5 milhões de toneladas (arroz em casca) na safra de 2002/03, ocupando para o plantio cerca de 3 milhões de hectares.

A orizicultura é amplamente difundida no Brasil sendo o arroz cultivado praticamente em todos os Estados e, em alguns deles, constitui a principal fonte de renda agrícola (YOKOYAMA *et al.*, 1999). A TABELA 2 apresenta um comparativo entre produção, área cultivada e produtividade média dos principais Estados produtores de arroz no Brasil nas safras 2001/02 e 2002/03, destacando-se o Rio Grande do Sul como maior produtor.

TABELA 2: Área de plantio, produção e produtividade do arroz (em casca) dos principais Estados produtores do Brasil, safras 2001/02 e 2002/03

UF	Área (em 1.000 ha)			Produção (em 1.000 t)			Produtividade (em t/ha)		
	2001/02	2002/03	VAR (%)	2001/02	2002/03	VAR (%)	2001/02	2002/03	VAR (%)
RS	985	955	- 3,0	5.465	5.064	- 7,3	5,5	5,3	- 4,5
MT	440	432	- 2,0	1.216	1.208	- 0,6	2,76	2,8	1,4
SC	141	145	3,0	929	986	6,1	6,6	6,8	3,0
MA	480	498	3,7	624	747	19,7	1,3	1,5	2,3
PA	266	277	4,0	467	512	9,6	1,76	1,85	5,4
BRASIL	3.219	3.172	-1,5	10.626	10.616	- 0,1	76,34	78,33	2,6

Fonte: CONAB, 2004

Nos últimos anos a produção brasileira tem se mantido estável, com pouco ou nenhum aumento, porém o mesmo não ocorreu com a área plantada,

quem vem diminuindo de ano a ano. Isso evidencia um crescimento da produtividade da cultura, o qual, infelizmente, não é suficiente para elevar a taxa de crescimento anual da cultura do arroz no Brasil (MORCELI, 2003).

Segundo MORCELI, 2003, a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) está prevendo a demanda de 12,9 milhões de toneladas (arroz em casca), sendo 12,1 milhões de consumo tradicional e 800 mil toneladas atribuídas à inclusão de consumo com a implantação efetiva do Programa Fome Zero. Tendo em vista os primeiros resultados do levantamento de intenções de plantio para safra 2003/04, realizada pela CONAB, 2003, estima-se uma produção entre 11,4 e 11,7 milhões de toneladas, baseada já em um incremento médio de 11,5% na produção brasileira.

O suprimento nacional de arroz tem sido complementado com as ofertas de produto em poder do governo federal e com as aquisições oriundas, principalmente da Argentina e Uruguai, acrescentando-se, ainda, as importações de terceiros mercados, como dos Estados Unidos, Vietnã, Tailândia e Paquistão (MORCELI, 2003).

2.1.3. Sistemas de cultivo

Embora a planta do arroz seja uma espécie hidrófila, tem se adaptado às mais diversas condições ambientais. De uma maneira geral, o arroz é cultivado sob dois grandes ecossistemas, relacionados principalmente quanto à disponibilidade hídrica (EMBRAPA, 1981). O ecossistema de terras altas, abrange os sistemas de cultivo de sequeiro (sem irrigação) e os sistemas com irrigação suplementar por aspersão. O ecossistema de várzeas, engloba o arroz irrigado por inundação controlada, em várzeas sistematizadas, e o arroz cultivado em várzeas úmidas não sistematizadas (GUIMARÃES & SANT'ANA, 1999).

No mundo, a maior parte da produção é cultivada sob o sistema de várzeas. O sistema de terras altas é encontrado predominantemente no Brasil

e, em menor proporção, no continente africano (GUIMARÃES & SANT'ANA, 1999).

Vale ressaltar que os dois grandes sistemas de cultivo de arroz possuem características muito diferentes. O sistema de terras altas caracteriza-se pela condição aeróbica de desenvolvimento radicular da planta e o sistema de várzeas (solo inundado) implica numa condição anaeróbica, que acarreta diversas transformações químicas, microbiológicas e físicas, e influenciam não só o desenvolvimento da planta mas também a absorção de nutrientes (PINHEIRO, 1999). Conseqüentemente pode refletir na composição química do grão de arroz.

A maior parte da produção de arroz no Brasil é proveniente do sistema irrigado por inundação, predominante na Região Sul do país. As Regiões Centro-Oeste e parte da Região Norte têm sido consideradas mais favoráveis ao cultivo de arroz de terras altas (GUIMARÃES & SANT'ANA, 1999), principalmente devido à baixa fertilidade, pH ácido do solo, e disponibilidade hídrica (MORAES, 1999).

Durante os anos 70, o cultivo de arroz de terras altas foi muito utilizado como elemento de abertura de áreas no cerrado brasileiro para implantação de pastagens melhoradas e outras culturas como o milho e a soja. Com o desenvolvimento de novas tecnologias de cultivo para o sistema de terras altas, ofertas de sementes de boa qualidade e o lançamento de cultivares melhoradas, o arroz passou a ser visto como uma alternativa economicamente rentável para os sistemas agrícolas destas regiões (BRESEGHELLO *et al.*, 1998).

2.1.4. Programa de melhoramento genético do arroz

Conscientes da crescente necessidade de melhorar a produtividade, a qualidade e eficiência dos sistemas de produção de arroz, as instituições de pesquisa têm se dedicado ao desenvolvimento científico e tecnológico dessa

cultura. O esforço conjunto para determinar o genoma inteiro do arroz e a diversificação da variabilidade genética ajudará na criação de novas gerações de variedades de arroz melhoradas, principalmente com relação ao valor nutricional (FAO, 2004a).

Os programas de melhoramento de arroz de várzeas e de terras altas, da Embrapa Arroz e Feijão, têm se dedicado ao estudo de novas cultivares mais produtivas e resistentes a pragas e doenças, principalmente a brusone, e com boas qualidades tecnológicas (EMBRAPA, 1981).

As novas cultivares são obtidas de cruzamentos, utilizando a variabilidade genética de germoplasmas provenientes do exterior e de coletas feitas em pequenas lavouras. Em geral, as introduções do exterior são constituídas por linhagens obtidas de cruzamentos realizados no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, e no International Rice Research Institute (IRRI), na Filipina, sendo posteriormente avaliadas e selecionadas pela Embrapa (FREIRE *et al.*, 1999).

Desde a criação do Programa Nacional de Avaliação de Linhagens de Arroz, em 1982 (EMBRAPA, 1994), e da implementação da Lei de Proteção de Cultivares, em 1997 (BRASIL, 1997), diversas linhagens foram caracterizadas, registradas/protegidas e novas cultivares foram disponibilizadas aos agricultores.

2.1.5. Características de algumas cultivares e linhagem de arroz (*Oryza sativa* L.) do Brasil

A TABELA 3 apresenta o resumo de algumas características das cultivares e linhagem estudadas neste trabalho. A cultivar BRS Metica 1 foi apresentada na tabela somente para comparação das características de arroz de várzeas (irrigado), já que é freqüentemente utilizada como testemunha nos ensaios realizados pela Embrapa Arroz e Feijão - Goiânia.

TABELA 3: Características de algumas cultivares e linhagem de arroz (*Oryza sativa* L.) brasileiras

Cultivares / linhagem	Ref.	Sistema de cultivo	Ano de lançamento	Produtividade média (Kg/ha)	Ciclo médio ^a (dias)	Classe de grão [‡]	Rendimento	
							de grãos inteiros [¶] (%)	Resistência a brusone
BRS Primavera	PEREIRA <i>et al.</i> , 1998	terras altas	1994/1995	3510 [*]	105 (precoce)	Longo-fino	56	Moderadamente susceptível
BRS Soberana	EMBRAPA, 2002	terras altas	2002/2003	3069 [*]	105 (precoce)	Longo-fino	55	Tolerante
BRS Talento	CASTRO <i>et al.</i> , 2002	terras altas	2002/2003	3727 [*]	110 (semiprecoce)	Longo-fino	54	Moderadamente susceptível
BRS Curinga	CASTRO, 2003	terras altas	2003/2004	3718 [*]	110 (semiprecoce)	Longo-fino	49	Tolerante
BRS Aroma	CASTRO & MORAES, 2004	terras altas	2003/2004	3708 [*]	115 (semiprecoce)	Longo-fino	53	Tolerante
CNAI 8502	EMBRAPA, 2000	várzeas	— [*]	5550 ^{**}	120 (semiprecoce)	Longo-fino	62	tolerante
BRS Metica 1	EMBRAPA, 2003	várzeas	1985/1986	6718 ^{**}	médio	Longo-fino	55	susceptível

^a Número de dias transcorridos da semeadura até o "ponto de colheita" (cerca de 2/3 dos grãos da panícula estão maduros) ou umidade dos grãos entre 20 a 25%.

[‡] Classificado com base nas medidas de comprimento, espessura e largura, em amostras de 30 grãos, sem casca e sem polimento.

[¶] Calculado em relação aos grãos em casca.

^{*} Resultados médios obtidos em ensaios conduzidos nas Regiões Norte e Centro, nos anos 2002 e 2003.

^{*} CNAI 8502 não é cultivar lançada.

^{**} produtividade média de 11 ensaios conduzidos nas Regiões Norte e Centro, no ano agrícola 1999/2000.

A linhagem CNAi 8502 foi extensivamente estudada pelo programa de melhoramento de arroz de várzeas da Embrapa Arroz e Feijão. Apresentou bom rendimento em grãos inteiros, mesmo em condições de estresse hídrico, e boa resistência à mancha de grãos e a brusone, mas um desempenho ruim em testes de cocção, tornando-se pegajosa após o cozimento. Devido a esse fator negativo, não foi lançada como nova cultivar.

A BRS Aroma é oriunda de cruzamentos múltiplos que envolveram, entre seus genitores, a cultivar "Basmati 370", conhecida por suas características aromáticas. Vários compostos químicos parecem estar envolvidos no aroma desta cultivar, mas o principal é o 2-acetil-1-pirrol, responsável por um aroma parecido ao de pipoca (CASTRO & MORAES, 2004).

No Brasil, o interesse por este tipo de produto ainda é muito pequeno, talvez pelo desconhecimento da produção pela maioria dos consumidores. Segundo CASTRO & MORAES, 2004, principalmente em alguns países da Ásia, na Europa e nos Estados Unidos, o arroz aromático já é bastante difundido, representando em torno de 20% do comércio internacional do arroz.

Dentre as diversas doenças que atacam a planta de arroz, a brusone, causada pelo fungo *Pyricularia grisea*, é a mais expressiva no Brasil e no mundo, causando perdas significativas no rendimento de cultivares suscetíveis e em condições favoráveis. A brusone ocorre em todo território brasileiro e as perdas na produtividade dependem, principalmente, do grau de resistência da cultivar, do estágio em que a lavoura é afetada e da severidade da doença (PRABHU *et al.*, 2002).

2.2. ASPECTOS MORFOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DO GRÃO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.).

2.2.1. Taxionomia e estrutura morfológica

O conhecimento da estrutura do grão de arroz é importante para entender suas propriedades físicas e químicas. Os nutrientes se apresentam compartimentalizados em células dos diversos tecidos que compõem o grão; estes tecidos diferem drasticamente tanto na estrutura, composição e função.

Segundo a classificação botânica, o arroz pertence a classe da Monocotyledonae, ordem Glumiflorae, família Poaceae e subfamília Pooidae, tribo Oryzae, subtribo Oryzineae e gênero *Oryza* (USDA, 2004b; PINHEIRO, 1999). O gênero *Oryza* L., possui vinte e cinco espécies mas somente duas são cultivadas, *Oryza sativa* L. e *Oryza glaberrima* Steud, sendo esta última encontrada apenas na região norte da África e que vem sendo gradativamente substituída pela primeira (FAO, 2004c).

A *Oryza sativa* L., por sua vez, subdivide-se em diversos grupos ou subespécies, sendo as mais importantes a Índica - com grãos longos e finos; a Japônica - com grãos curtos e arredondados, e a Javânica - com grãos longos e espessos (VIEIRA & CARVALHO, 1999; FAO, 2004c).

O fruto da planta de arroz (**FIGURA 2**) é um fruto-semente conhecido como cariópse ou grão, envolto em uma casca rígida que tem a principal função de protegê-lo do ataque de insetos e fungos. A casca do arroz é composta de duas folhas modificadas (lema e pálea), das glumelas e da raquila, e representam cerca de 20% do peso do grão (flutuando entre 16 a 28%, base úmida), as glumas são frágeis, leves, porosas e nenhum outro subproduto da agricultura aproxima-se do seu conteúdo de sílica (15 a 18%). A cariópse, por sua vez, é formada pelo endosperma e o embrião, envoltos por várias camadas que são a aleurona, a nucela, o tegumento e o pericarpo (VIEIRA & CARVALHO, 1999).

FIGURA 2: Estrutura do grão do arroz (*Oryza sativa* L.) (VIEIRA & CARVALHO, 1999)

O pericarpo é a parede do ovário maduro, o qual se degenera durante o desenvolvimento da cariópse. Junto ao pericarpo está o tegumento, formado por uma só camada de células. Os pigmentos que dão cores à cariópse do arroz podem estar situados tanto no pericarpo quanto no tegumento. A camada seguinte é a aleurona, que engloba completamente o endosperma e a parte externa do embrião, suas células são ricas em proteínas e lipídeos (JULIANO & BECHTEL, 1985).

O embrião (germe) é pequeno e localiza-se na parte ventral da base do grão. As duas maiores partes do embrião são o escutelo (cotilédone) e a base embrionária (a plúmula e a radícula) (VIEIRA & CARVALHO, 1999).

O endosperma está dividido em duas regiões, a subaleurona localizada abaixo da camada de aleurona, e a região central que consiste do resto do endosperma (endosperma amiláceo). O endosperma amiláceo é composto por grânulos de amido (3 - 9µm de diâmetro) e alguns corpos protéicos e representa cerca de 89 a 94% do grão (base úmida) (VIEIRA & CARVALHO, 1999; JULIANO & BECHTEL, 1985).

Durante o beneficiamento, a remoção da casca produz o arroz integral, o qual é brunido (polido) para se obter o arroz branco. Nesse processo parte das camadas externas (pericarpo, tegumento e aleurona) e o embrião são eliminados, constituindo o que conhecemos como farelo do grão de arroz (RUITEN, 1985).

2.2.2. Composição química e valor nutricional do arroz

Dentre os principais cereais consumidos mundialmente (TABELA 4), o arroz integral apresenta os menores conteúdos de proteínas e fibras, mas fornece o maior valor de proteína utilizável e bons índices de energia digerível, provavelmente devido ao baixo conteúdo de fibra alimentar e taninos (JULIANO, 1993; JULIANO, 1985a).

Com relação à nutrição mundial, devido ao seu elevado consumo, o arroz representa aproximadamente 20% das proteínas dietéticas, 3% das fibras e 27% das fontes de energia. Contribui também com o fornecimento de micronutrientes, principalmente a tiamina, riboflavina, niacina e zinco (FAO, 2004b)

TABELA 4: Composição e balanço energético de alguns grãos de cereais

Componente *	Arroz integral	Trigo	Milho	Cevada	Sorgo	Centeio	Aveia
Proteína (N x 6,25) (%)	7,3	10,6	9,8	11,0	8,3	8,7	9,3
Lipídeos Totais (%)	2,2	1,9	4,9	3,4	3,9	1,5	5,9
Carboidratos disponíveis (%)	64,3	69,7	63,6	55,8	58,0	71,8	62,9
Fibra Total (%)	0,8	1,0	2,0	3,7	4,1	2,2	5,6
Cinzas (%)	1,4	1,4	1,4	1,9	2,6	1,8	2,3
Proteína utilizável (%)**	73,8	53,0	58,0	62,0	50,0	59,0	59,1
Energia digerível (kJ / 100g)	1610	1570	1660	1630	1610	1570	1640

* Dados calculados a 14% de umidade

** Da ingestão de nitrogênio

Fonte: JULIANO, 1985a

No Brasil, considerando um consumo médio de 108,1g/habitante/dia, o arroz fornece 13,5% de energia, 10,2% de proteína e 0,8% de lipídeos (KENNEDY *et al.*, 2002).

Ao analisarmos e compararmos os dados disponíveis de composição nutricional do arroz muitas dificuldades são encontradas, principalmente na falta de padronização da apresentação dos resultados. Variações nas unidades, falta de informação sobre o teor de umidade das amostras, poucos dados sobre a variedade, etc, foram alguns dos problemas já apontados por KENNEDY & BURLINGAME, 2003.

2.2.2.1. Carboidratos

Os carboidratos constituem o principal componente, cerca de 90% (base seca) do arroz polido, dos quais aproximadamente 78% estão no amido, o restante se compõem de carboidratos solúveis, como frutose e glicose (JULIANO & BECHTEL, 1985; JULIANO, 1985b).

Os grânulos de amido do arroz têm em média 3 a 8 μm de tamanho, são poligonais, mas irregulares na forma. Formam aglomerados contendo cerca de 20 a 60 grânulos individuais, onde os espaços entre eles são preenchidos por células do endosperma. Porém, em variedades glutinosas, o endosperma é opaco devido à presença de ar nos espaços entre os grânulos (ZHOU *et al.*, 2002; JULIANO, 1985b)

O amido do arroz é constituído por duas frações: a amilopectina, formada por cadeias curtas de (α -1,4)-D-glucosil com 5-6% de ligações α -1,6 distribuídas; e uma fração linear, a amilose, formada por unidades (α -1,4)-D-glucopiranosil (VANDEPUTTE *et al.*, 2003).

A proporção entre as duas frações, amilose e amilopectina, o comprimento das cadeias e a distribuição espacial das moléculas dos polissacarídeos, influencia profundamente as propriedades físico-químicas do amido e, por consequência, na qualidade de cocção e/ou palatabilidade (textura) do arroz cozido (RAMESH *et al.*, 1999b; JULIANO, 1985c), como será detalhado no item 2.3.3.2.

Muitos métodos têm sido indicados para se determinar o conteúdo de amilose do amido. Desde métodos tradicionais utilizando medidas titulométricas (BATES *et al.*, 1943), amperométricas (LARSON *et al.*, 1953) e colorimétricas (JULIANO *et al.*, 1981; JULIANO, 1971; WILLIAMS *et al.*, 1958) do complexo formado entre o iodo e a fração solúvel do amido, até técnicas mais sofisticadas como espectroscopia na região de absorção no infravermelho próximo (NEAR – INFRARED) (DELWICHE *et al.*, 1995; VILLAREAL *et al.*, 1994), calorimetria diferencial (DSC) (SIEVERT & HOLM, 1993) e métodos cromatográficos (RAMESH *et al.*, 1999b; JANE *et al.*, 1999), com tratamento enzimático ou não da amostra.

A partir dos estudos realizados por JULIANO, 1971, um método simplificado foi proposto para determinar o conteúdo de amilose em arroz. Os autores adaptaram o método padrão de WILLIAMS *et al.*, 1958, utilizado até

então pelos pesquisadores de arroz, reduzindo as diversas variações, inclusive a instabilidade do complexo azul iodo-amilose a pH alcalino. Este método têm sido extensivamente utilizado em diversos programas de melhoramento de arroz (JULIANO, 1993; VIEIRA & CARVALHO, 1999; MARTINEZ & CUEVAS, 1989), e até em trabalhos científicos mais recentes (KANG *et al.*, 2003; ADU-KWARTENG *et al.*, 2003). O teor de amilose determinado por este método é muito usado como indicativo de qualidade de textura do arroz cozido.

Baseado no teor de amilose (TA), determinado pelo método de JULIANO, 1971, as diversas variedades de arroz foram divididas em categorias: arroz glutinoso (1 a 2%); arroz com TA muito baixo (2 a 12%); arroz com TA baixo (12 a 20%); arroz com TA intermediário (20 a 25%) e arroz com TA alto (acima de 25%) (JULIANO, 1993; JULIANO, 1985b).

Alguns estudos demonstram que o conteúdo real máximo de amilose que pode ser encontrado é 20% e que compostos adicionais complexados com iodo são devido a cadeias lineares da amilopectina (JULIANO, 1993). Portanto, valores de amilose obtidos pelo método colorimétrico de WILLIAMS *et al.*, 1958, e JULIANO, 1971, são comumente definidos como "amilose aparente".

Outro interferente neste método colorimétrico de determinação de amilose são os ácidos graxos derivados dos lipídeos, que reduzem a cor azul do complexo amilose-iodo por competição com o iodo (JULIANO, 1971).

Em 1981, um estudo realizado por JULIANO *et al.*, 1981, para reduzir a interferência da amilopectina e dos lipídeos na formação do complexo azul iodo-amilose, propôs uma nova adaptação do método colorimétrico, utilizando uma curva padrão amilose/amilopectina, e a soma de 2 pontos percentuais ao valor final de TA, como uma forma de compensar a interferência dos lipídeos.

O conteúdo de amilose parece influenciar também no Índice Glicêmico (IG) do alimento e, portanto, tem sérias implicações para a saúde humana. O IG é uma escala subjetiva que mede a velocidade com que o alimento aumenta

a taxa de açúcar no sangue, quando comparado com a glicose ou pão branco (padrão para índice de 100), por isso, é muitas vezes usado para formular dietas especiais para pessoas obesas e diabéticas (KENNEDY & BURLINGAME, 2003).

2.2.2.2. Proteínas

As proteínas são o segundo constituinte mais abundante do arroz. As camadas externas (embrião e aleurona) do grão de arroz são ricas em albumina e globulina, entretanto o endosperma é rico em glutelina ou orizenina (proteínas álcali-solúveis), constituindo assim a principal fração protéica do arroz polido. As proteínas álcool-solúveis (prolamina) estão em menores níveis no grão de arroz e essa diferença torna o arroz um alimento indicado para pessoas portadoras da doença celíaca (LÁSZTITY, 1996).

Em geral, as proteínas dos cereais são ricas em aminoácidos sulfurados como a cisteína e metionina, e pobres em lisina, aminoácido essencial para a dieta humana. Porém, devido ao baixo conteúdo de prolamina e alto de glutelina, as proteínas do arroz, juntamente com as da aveia, apresentam níveis mais altos de lisina do que os outros cereais e, quando combinadas com leguminosas como o feijão, proporcionam uma mistura com valor protéico ainda mais valioso (CASTRO *et al.*, 1999; LÁSZTITY, 1996).

Um estudo realizado pelo IRRI (International Rice Research Institute) em mais de 2000 variedades de *Oryza sativa* L., originárias de diferentes regiões do mundo, mostrou uma variação de 4,5 a 15,9% (base seca) de conteúdo de proteína, sendo que a América do Sul apresentou o maior conteúdo médio (9,0%) (KENNEDY & BURLINGAME, 2003; KENNEDY *et al.*, 2002).

A nível regional, LAM-SÁNCHEZ *et al.*, 1993/94, num estudo sobre a melhor utilização de farelo de arroz, analisou a variabilidade do conteúdo de

proteínas de cerca de 625 linhagens e cultivares, encontrando teores de 4,00 a 14,31 g/100g.

O conteúdo protéico do arroz é usualmente determinado através do teor de nitrogênio pelo método de Kjeldahl, multiplicado pelo fator 5,95 (LÁSZTITY, 1996; SOTELO *et al.*, 1990; JULIANO, 1985b), baseado no conteúdo de nitrogênio (16,8%) da glutelina, proporcionalmente a proteína mais presente no arroz. Existem controvérsias sobre o fator de conversão mais adequado, sendo que na literatura são encontrados trabalhos utilizando o fator 6,25 e 5,95 (ZHAI *et al.*, 2001) (ver **TABELA 5**). Segundo JULIANO, 1993, pode-se estar superestimando o valor de proteínas, e um fator mais realista seria entre 5,1 a 5,7.

Proteínas ligadas aos grânulos de amido perfazem aproximadamente 0,7% e são identificadas como proteínas do gene glutinoso ou que sintetizam as ligações entre os grânulos de amido ("granule-bound synthase"). Elas são ricas em pontes dissulfeto e são encontradas em maior quantidade no arroz com alto teor de amilose. Quando as pontes dissulfeto são destruídas, os grânulos de amido tendem a aumentar de tamanho e, como consequência, aumenta o grau de gelatinização do amido (ZHOU *et al.*, 2002).

Experimentos controlados demonstraram que a radiação solar, nitrogênio do solo, grau de maturação da planta, aplicação de fertilizante e períodos curtos de maturação dos grãos influenciam no conteúdo de proteína do arroz (JULIANO, 1993).

2.2.2.3. Lipídeos

O grão de arroz tem, relativamente, um baixo conteúdo de lipídeos. Quimicamente são separados em lipídeos neutros, glicolipídeos e fosfolipídeos, distribuídos de forma heterogênea no grão (FUJINO, 1978). A maior parte está concentrada no pericarpo, no embrião e na aleurona, podendo constituir cerca

de 20% da massa do farelo do arroz (base seca), enquanto o endosperma apresenta uma concentração maior de lipídeos polares, distribuídos nas camadas periféricas e diminuindo progressivamente até o centro do grão (JULIANO & BECHTEL, 1985).

O conteúdo de lipídeos varia de 0,3 a 1,0% para arroz branco polido (base seca) (**TABELA 5**) dependendo da cultivar e das condições de desenvolvimento da planta (ZHOU *et al.*, 2002; JULIANO, 1985b).

Baseados na distribuição celular e de suas associações, os lipídeos do arroz são geralmente classificados em lipídeos ligados ao amido ou não (JULIANO, 1985b). Os lipídeos não ligados ao amido são aqueles determinados, principalmente, por extração com solvente (éter etílico, éter de petróleo, misturas clorofórmio/metanol e solução saturada de álcool butílico). Constituem-se, majoritariamente, dos ácidos graxos linoléico, oléico e palmítico (JULIANO, 1985b; JULIANO, 1993)

Os lipídeos ligados ao amido são na maioria monoacilipídeos (ácidos graxos livres e lisofosfatídeos) complexados com a amilose, abrangem cerca de 0,5 a 1,0% no arroz branco polido e geralmente estão presentes em maior quantidade, provavelmente devido ao beneficiamento, do que os lipídeos não ligados ao amido (ZHOU *et al.*, 2002). Entretanto, esse fato não é uma regra e há diferenças entre as variedades glutinosas ou não (JULIANO, 1993).

Os métodos para extração dos lipídeos ligados ao amido geralmente usam solventes alcoólicos polares e/ou temperaturas elevadas. Dentre eles, os mais efetivos são: extração com solução aquosa de metanol em refluxo; 1-butanol: água (65 : 35, v/v) a 70°C e solução saturada de butanol a 90-100°C (JULIANO, 1985b; MORRISON, 1988).

Os complexos lipídeos-amido têm influência sobre a formação do amido resistente, produzido durante o processamento do arroz (ex. parboilização).

Segundo MANGALA *et al.*, 1999, a remoção dos lipídeos acarreta um aumento substancial no teor de amido resistente.

2.2.2.4. Fibra alimentar

As fibras alimentares estão, em sua maioria, nas partes externas do grão (farelo) e na casca. O arroz branco polido apresenta 0,3 a 0,5 (fibra bruta), 0,7 a 2,3 (fibra detergente neutro) e 1,3 a 1,69 (fibra alimentar total) (g/100g; base úmida) (**TABELA 5**). As fibras dietéticas do arroz são compostas de pectinas, hemicelulose, α -celulose e lignina. O endosperma tem um baixo conteúdo de lignina mas alto de pectinas, as quais apresentam maior quantidade de ácido urônico e pouco de arabinose/xylose. A hemicelulose também está presente no endosperma (JULIANO & BECHTEL, 1985).

Muito tem se discutido sobre o amido resistente como fibra alimentar ou não. Segundo revisão da AACC, 2001, o amido resistente pode demonstrar efeitos fisiológicos benéficos de fibra dietética porém, na prática sua resistência à digestão é difícil de ser controlada e portanto, o amido resistente pode não ser considerado como fibra alimentar.

2.2.2.5. Micronutrientes: Resíduo mineral e vitaminas

O conteúdo e a composição de minerais (cinzas) do grão de arroz depende consideravelmente da disponibilidade desses nutrientes no solo, da água de irrigação e da aplicação de fertilizantes (KENNEDY *et al.*, 2002; JULIANO, 1993). Concentra-se nas partes externas do grão (porção farelo), principalmente o ferro, fósforo e potássio. Entretanto alguns minerais demonstram uma distribuição mais uniforme, como o sódio e cálcio (JULIANO, 1993).

O resíduo mineral no arroz pode variar de 0,3 a 0,8 (arroz branco polido) (**TABELA 5**). Basicamente estão presentes no arroz branco polido (14% umidade) os macroelementos: fósforo (0,8 a 1,5 mg/g); potássio (0,7 a 1,3 mg/g); magnésio (0,2 a 0,5 mg/g) e cálcio (0,01 a 0,03 mg/g). Dentre os micronutrientes estão: sódio (5 a 86 µg/g); zinco (0,6 a 2,3 µg/g) e ferro (0,2 a 2,8 µg/g) (JULIANO & BECHTEL, 1985; JULIANO, 1993; KENNEDY & BURLINGAME, 2003).

Com relação às vitaminas, o arroz apresenta teores de vitaminas do complexo B (tiamina (B₁), riboflavina (B₂), niacina (PP) e a piridoxina (B₆)) e o α -tocoferol (vitamina E), mas contém pouco ou nenhuma vitamina C, D ou beta-caroteno, precursor da vitamina A (JULIANO, 1993).

No arroz, as vitaminas do complexo B estão concentradas nas camadas externas, assim como o α -tocoferol. Calcula-se que a perda no beneficiamento do arroz seja aproximadamente de 65% da tiamina, 39% da riboflavina e 54% da niacina, embora a maior ou menor retenção das vitaminas dependa das práticas de beneficiamento e do grau de polimento do arroz. Além disso, incluem-se ainda as perdas no armazenamento e manipulação, como a lavagem do arroz, e na cocção (KENNEDY *et al.*, 2002; JULIANO, 1993).

2.2.3. ARROZ PARBOILIZADO

O arroz parboilizado é o produto de um tratamento hidrotérmico que sofre o arroz em casca, detalhado no **item 2.4.** Recebe também outras denominações como arroz malekizado, arroz cozido, arroz macerado, arroz aferventado e arroz hidrotérmico (AMATO *et al.*, 2002). Nas Normas de Classificação do Arroz (BRASIL, 1988), o arroz parboilizado está descrito como "produto que, ao ser beneficiado, os grãos apresentam uma coloração amarelada, em decorrência do tratamento hidrotérmico".

Durante a parboilização, o arroz sofre modificações físicas, químicas, microbiológicas e organolépticas, os quais conferem ao arroz parboilizado vantagens práticas, econômicas e principalmente nutricionais (PRIETO, 1981).

As principais vantagens da parboilização são:

- O conteúdo de proteínas, lipídeos, vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina e piridoxina) e sais minerais, tende a ser maior que o arroz branco polido. Este fato é explicado tanto pela aderência de parte do germe e camadas de aleurona, provocando menos perdas desses nutrientes no brunimento, quanto pela redistribuição desses componentes através da migração para o endosperma do grão;
- O grão é mais facilmente beneficiado, gasta-se menos trabalho mecânico nas etapas de descasque, e o brunimento produz menos quebras devido à resistência mecânica do endosperma, que torna-se compacto com a gelatinização do amido;
- O arroz parboilizado pode ser armazenado por mais tempo. O tratamento térmico paralisa processos biológicos, como a germinação, inativa enzimas, como as lipases, evitando a hidrólise de ácidos graxos que oxidam durante o armazenamento, e os fungos, insetos e seus ovos são completamente destruídos.
- O arroz parboilizado fica solto e apresenta pouca pegajosidade quando cozido, provavelmente devido a presença de complexos de amilose insolúvel (AMATO *et al.*, 2002; CARVALHO *et al.*, 1992; AMATO *et al.*, 1995; BHATTACHARYA, 1985; PRIETO, 1981; PRIESTLEY, 1976).

A maior ou menor vantagem nutricional do arroz parboilizado parece estar relacionada com as várias operações do processo de parboilização, além de outros fatores que influenciam o aporte nutricional da matéria prima (condições de cultivo, grau de maturação e variabilidade genética) (AMATO *et al.*, 2002; PRIETO, 1981).

Apesar dos aspectos nutricionais favoráveis do arroz parboilizado, este representa somente cerca de 20% do consumo total de arroz no Brasil. Segundo informações da ABIAP, 2004, o consumo de arroz parboilizado no Brasil é de 2,1 milhões de toneladas de arroz em casca (1,4 milhões de toneladas de arroz beneficiado) e o consumo *per capita* é de somente 8,4 kg/ano. As principais razões apontadas são: o aspecto e odor característicos desse produto, e o maior tempo requerido para a cocção (VIEIRA & CARVALHO, 1999).

Um estudo feito por ALARY *et al.*, 1977, recomenda arrozes com alto conteúdo de amilose para parboilização. Segundo os autores, o conteúdo de amilose parece influenciar pouco sobre o rendimento no beneficiamento, mas existe uma correlação com a cor e a firmeza do arroz parboilizado cozido, portanto o conteúdo de amilose pode ser um parâmetro para melhorar a qualidade do arroz parboilizado.

Com relação ao tamanho dos grãos, a parboilização parece não afetar as dimensões dos grãos crus e, não provoca um aumento consistente do peso dos grãos em casca (BISWAS & JULIANO, 1988), mas aumenta o volume dos grãos quando cozidos, provavelmente devido à maior quantidade de água absorvida.

A **TABELA 5** apresenta um resumo da composição centesimal e vitamínica (complexo B) aproximada do arroz branco e parboilizado polidos, das principais tabelas de composição nutricional disponíveis.

TABELA 5: Composição centesimal e vitamínica (complexo B) aproximada do arroz branco e parboilizado polidos

Componente	ARROZ BRANCO POLIDO				ARROZ PARBOILIZADO	
	(em 100g) (base úmida)	JULIANO, 1993; JULIANO & BECHTEL, 1985	SOUCL, <i>et al</i> , 1989	USDA, 2004	USP, 2004	USDA, 2004
Proteína (g)		6,3 - 7,1 ¹	6,53 - 7,31 ²	7,13 ³	6,73 ¹	6,79 ³
Lipídeos totais (g)		0,3 - 0,5	0,5 - 1,0	0,66	0,89	0,56
Fibras (g)		0,2 - 0,5 ^{##} 0,7 - 2,3 ^{###}	1,39 [#]	1,3 [#]	1,69 [#]	1,7 [#]
Fração mineral (g)		0,3 - 0,8	0,4 - 0,6	0,64	0,48	0,77
Carboidratos totais [@] (g)		77 - 89	77,7	79,95	79,57	81,72
Tiamina (mg)		0,02 - 0,11	0,04 - 0,093	0,07	----	0,10
Riboflavina (mg)		0,02 - 0,06	0,022 - 0,055	0,049	----	0,07
Niacina (mg)		1,3 - 2,4	1,0 - 1,5	1,6	----	3,63
Piridoxina (mg)		0,04 - 0,12	0,11 - 0,20	0,16	----	0,35

[@] Calculado por diferença

¹ (N x 5,95)

² (N x 5,8)

³ (N x 6,25)

[#] Fibra dietética total

^{##} Fibra bruta

^{###} Fibra por detergente neutro

2.3. QUALIDADE TECNOLÓGICA DO ARROZ (*Oryza sativa* L.)

Para o agricultor a qualidade do arroz se refere a boas sementes e grãos com um mínimo de umidade e de deterioração microbiana e fungos. Para a indústria de processamento e beneficiamento, o importante é a baixa umidade dos grãos, integridade de variedades e altos rendimentos de inteiros. Os consumidores, no entanto, valorizam a aparência dos grãos, a qualidade de cocção e palatabilidade, e o valor nutricional (JULIANO, 1985c). É bem verdade que os critérios de avaliação dependem da finalidade do consumo, do grupo étnico envolvido, do tipo de processamento, entre outros fatores.

A qualidade tecnológica do arroz é o resultado da ação de vários fatores, alguns relacionados com as propriedades físico-químicas dos grãos como aparência (forma, tamanho, pigmentação, etc), temperatura de gelatinização, teor de amilose, etc, enquanto que outros se referem à colheita e o manejo, incluindo a secagem, transporte, armazenamento, o processamento e/ou comportamento no beneficiamento (VIEIRA & CARVALHO, 1999; JULIANO, 1993).

No Brasil, a Portaria nº 269/88, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, define as características de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz em casca (natural ou parboilizado), do arroz beneficiado (integral, parboilizado integral e polido), e dos fragmentos de arroz que se destinam à comercialização (BRASIL, 1988).

O desenvolvimento varietal de arroz para consumo de mesa relaciona a qualidade de cocção com o tempo de cozimento, a absorção de água, a perda de sólidos solúveis e o ganho de volume durante o cozimento, enquanto a palatabilidade, está mais relacionada com o aspecto, o aroma, a consistência e principalmente, a textura do arroz cozido (VIEIRA & CARVALHO, 1999).

2.3.1. Comportamento no beneficiamento

A qualidade de beneficiamento refere-se ao desempenho adequado durante o beneficiamento, com bons rendimentos de grãos inteiros, almejado por produtores e cerealistas, uma vez que o índice de quebra durante o processamento dos grãos para consumo afeta o valor do produto no mercado e consiste em fator determinante da aceitabilidade de novas variedades (RUITEN, 1985).

Variações na ocorrência e intensidade de baixos rendimentos de grãos inteiros no beneficiamento são mais preocupantes no caso do arroz de terras altas, porque sob esse sistema de cultivo, o arroz está mais sujeito aos efeitos das variações climáticas do que o arroz irrigado (BRESEGHELLO *et al.*, 1998), como estresses ambientais e deficiências hídricas.

Segundo BHATTACHARYA, 1979, além dessas condições ambientais, vários outros fatores influenciam o rendimento no beneficiamento como ocorrência de doenças ou ataque de insetos, condições de processamento e manejo pós-colheita e algumas propriedades do grão como dimensões e formato, dureza e aparência do endosperma. Ademais, o teor de umidade dos grãos, na época de colheita ou do beneficiamento, influencia grandemente na recuperação de grãos inteiros durante o processo de descasque e polimento.

O arroz tem propriedades higroscópicas e, portanto possui a capacidade de absorver água do meio ambiente. As moléculas de água movem-se por difusão através da casca, farelo e endosperma. Bruscas variações nos teores de umidade dos grãos parecem causar uma tensão superficial, provocando fissuras no endosperma (KUNZE & WRATTEN, 1985).

Segundo MARTINEZ & CUEVAS, 1989, grãos de arroz com áreas opacas no endosperma (centro branco) e os grãos imaturos estão mais sujeitos a quebras no beneficiamento.

Para se determinar o rendimento de beneficiamento de arroz em casca, primeiro se separa todo material estranho como restos de plantas. O arroz é então debulhado para remoção da casca (arroz integral), brunido ou polido, perdendo parte das camadas externas (pericarpo, tegumento e aleurona) e o embrião, produzindo o farelo. Após esses processos, os grãos inteiros são separados dos quebrados, em geral por um separador mecânico. O rendimento de beneficiamento é calculado somando os grãos inteiros e quebrados produzidos por uma determinada quantidade de arroz em casca, enquanto o rendimento em inteiros refere-se apenas aos grãos inteiros, o resultado é expresso em porcentagem (MARTINEZ & CUEVAS, 1989; RUITEN, 1985).

2.3.2. Centro branco

Entre as propriedades que influenciam na aparência do grão de arroz estão a opacidade, transparência, brancura e a presença de defeitos (JULIANO, 1985c), seja por mau processamento ou não, como grãos não gelatinizados para arroz parboilizado, grãos vermelhos e presença de centro branco.

O centro branco, ou barriga branca, é uma opacidade que ocorre devido à falta de compactação dos grânulos de amido e proteínas nas células do endosperma. Nessas áreas opacas os grânulos de amido são esféricos e pouco compactos, em contraste com os grânulos poliédricos e compactos das áreas translúcidas do endosperma do arroz (MARTINEZ & CUEVAS, 1989).

Segundo VIEIRA & CARVALHO, 1999, o centro branco não deve ser confundido com a opacidade apresentada pelos grãos de variedades conhecidas como glutinosas, cujo endosperma é naturalmente opaco, e nem com o gessamento do endosperma (grãos gessados), que ocorre quando o arroz é colhido ainda imaturo e com alto teor de umidade (acima de 22%) ou em grãos danificados por insetos.

A presença e a intensidade do centro branco nos grãos de arroz são parcialmente controladas geneticamente. Contudo, a temperatura parece ter forte influência, principalmente após o florescimento da planta. Altas temperaturas tendem a aumentar a incidência de centros brancos (MARTINEZ & CUEVAS, 1989).

Embora essa opacidade ou centro branco desapareça após a cocção do arroz, a presença desse defeito tem influência direta na escolha do produto pelo consumidor (VIEIRA & CARVALHO, 1999).

2.3.2.1. Temperatura de gelatinização

A temperatura final de gelatinização (TG) do amido de arroz refere-se a temperatura da água na qual cerca de 90% dos grânulos de amido estão gelatinizados, perdendo a birrefringência e inchando irreversivelmente (JULIANO, 1993).

Dependendo da TG, o amido do arroz é, convencionalmente classificado em: baixa (55 a 69,5°C); intermediária (70 a 74°C) e alta (74 a 80°C). Amido com alta temperatura de gelatinização parece ter baixo conteúdo de amilose e variedades com alta TG e altos teores de amilose não são comuns (JULIANO, 1985b).

A temperatura de gelatinização ou índice de gelatinização do arroz tem sido muito utilizada para categorizar as propriedades do arroz cozido. Estudos revelaram que arrozes com diferentes propriedades de palatabilidade podem ter conteúdos de amilose e gelatinização similares (ONG & BLANSHARD, 1995). Segundo JULIANO, 1993, a temperatura de gelatinização é positivamente correlacionada com o tempo de cocção, baixa TG reduziria o tempo de cocção mas os grãos podem perder rapidamente a integridade, tomando-se excessivamente macios (VIEIRA & CARVALHO, 1999; MARTINEZ & CUEVAS, 1989).

Conforme VANDEPUTTE *et al.*, 2003, as características de gelatinização parecem estar relacionadas com aspecto estrutural do amido como o conteúdo de amilose absoluto, livre e complexado com lipídeos, a distribuição das cadeias da amilopectina e a relativa cristalinidade.

Métodos para estimar a temperatura de gelatinização do amido foram extensivamente revisados por JULIANO, 1985c. Em estudos mais recentes, a técnica de calorimetria diferencial (DSC) tem fornecido informações importantes sobre as características de gelatinização. As formações e dissociações estruturais do amido induzidas pela temperatura são acompanhadas por variações de entalpia detectadas por um calorímetro (MIAH *et al.*, 2002).

No entanto, o método comumente utilizado em programas de melhoramento genético do arroz é bem mais simples, baseia-se em uma medida indireta, através do grau de dispersão e clarificação dos grãos submetidos à ação de solução alcalina (VIEIRA & CARVALHO, 1999; MARTINEZ & CUEVAS, 1989; JULIANO, 1985c).

2.3.2.2. Teor de amilose

Segundo JULIANO, 1993, o conteúdo de amilose do arroz é 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.

As variedades de arroz não glutinosas constituem a maioria dos arrozes no mundo, e têm de 2 até mais de 25% de amilose “aparente” (pelo método do complexo iodo-amilose) (JULIANO, 1993; JULIANO, 1985b).

As variedades não glutinosas com baixo conteúdo de amilose (12 a 20%), características das variedades japônicas, tornam-se úmidas, pegajosas e de aparência brilhante após a cocção, são muito encontradas na China, Coréia,

Indonésia, Japão, Estados Unidos, Egito, etc, enquanto que as de muito baixo teor de amilose (2 a 12%) são pouco encontradas, a maioria em Mianmar. As variedades com alto conteúdo de amilose (acima de 25%) predominam em países da Ásia como Bangladeshi, Vietnã, Tailândia, além da Nigéria, Colômbia, entre outros, e caracterizam-se por tornarem soltos e secos após a cocção, mas endurecem ao esfriar. Os tipos intermediários (20 a 25%) têm as mesmas características organolépticas após a cocção que as variedades com alto conteúdo de amilose, mas permanecem com uma textura suave quando esfriam, são os preferidos pela maioria dos países da América Latina e têm grande aceitação no mercado mundial (JULIANO, 1993; MARTINEZ & CUEVAS, 1989).

Segundo RAMESH *et al.*, 2000, muitos estudos demonstraram que há uma limitação da correlação entre o teor de amilose aparente (complexo azul amilose-iodo) e a textura do arroz cozido, quando a variedade possui altos teores de amilose. Conforme os mesmos autores, o índice de amilose insolúvel em água quente, ou simplesmente amilose insolúvel, apresenta boa correlação com a textura do arroz com altas quantidades de amilose.

Embora o teor de amilose seja o principal indicativo de qualidades de cocção e palatabilidade, variedades de mesmo conteúdo de amilose podem diferir nas suas propriedades culinárias (VIEIRA & CARVALHO, 1999). A análise em conjunto de fatores como temperatura de gelatinização, consistência de gel ou viscosidade, conteúdo de proteínas e até grau de polimento do arroz beneficiado, além do conteúdo de amilose solúvel e insolúvel, é o mais adequado para se prever o comportamento culinário de cada variedade (JULIANO, 1985c).

2.4. PROCESSO DE PARBOILIZAÇÃO DO ARROZ

2.4.1. Origem e história

Apesar dos poucos registros a cerca da origem do processo de parboilização, alguns autores citam que primeiramente foi usado na Índia e tornou-se popular nesta região. Segundo BHATTACHARYA, 1985, a história associa o consumo de arroz parboilizado, em alguns países asiáticos, como forma de combater a epidemia de beribéri. É mais provável que este tratamento tenha sido difundido, principalmente, como uma maneira de reduzir quebras durante o beneficiamento.

Da produção mundial de arroz (em casca), estima-se que cerca de 50% seja parboilizado. Em países como a Índia e Bangladesh, aproximadamente 60 a 90% do total de arroz consumido é parboilizado. O processo de parboilização é amplamente praticado em vários países como Paquistão, Mianmar, Malásia, Sirilanka, Guiné, África do Sul, Itália, Espanha, Tailândia, Suíça, Estados Unidos e França (MIAH *et al.*, 2002; BHATTACHARYA, 1985).

Conforme AMATO, 1988, a parboilização foi introduzida no Brasil em 1953, no Rio Grande do Sul, e utilizava um processo tradicional conhecido como Malek. Hoje, apesar de existirem algumas unidades produtoras na Região Centro-Oeste (principalmente no Estado de Goiás) e na Região Norte do Brasil, os Estados do Sul concentram mais de 250 indústrias de parboilização, sendo que o Paraná apresenta o menor número.

2.4.2. Princípios do processo

O processo de parboilização está baseado no tratamento hidrotérmico a que é submetido o arroz em casca, e pode ser resumido em três etapas principais:

- Encharcamento ou maceração: o arroz em casca é colocado em água quente por algumas horas até obter a umidade necessária para continuidade do processo.
- Cozimento: o arroz úmido é submetido a uma temperatura mais elevada, seja por vapor sob pressão (autoclave) ou não (recipiente aberto), microondas, etc, ocorrendo desta forma uma alteração na estrutura do amido, de cristalino para amorfo.
- Secagem: o arroz é secado para posterior descascamento, polimento e seleção.

Segundo SAN MARTIN MARTINEZ, 1984, e PRIETO, 1981, cada uma destas etapas tem influência direta na qualidade do produto.

2.4.2.1. Encharcamento do arroz em casca

O encharcamento, maceração, embebição ou hidratação do arroz é um processo de difusão e, é necessário para dar ao amido o teor de umidade suficiente para que ocorra a gelatinização na operação de aquecimento. Segundo BHATTACHARYA, 1985, a umidade requerida para a eficiente gelatinização do amido é de pelo menos 30% (base seca).

Em diversos processos em pequenas escalas, como na Ásia e na África, o arroz em casca é embebido a temperatura ambiente, em água fria, por 24-48h, o qual produz elevadas quantidades de bactérias anaeróbicas, *staphylococci* e leveduras, produzindo odor e sabor desagradáveis (MIAH *et al.*, 2002).

A elevação da temperatura da água de encharcamento pode, além de minimizar esse problema, aumentar a velocidade de absorção da água e reduzir o tempo de encharcamento. Porém, segundo BHATTACHARYA, 1985, quando a absorção de água pelo grão excede 30-32% e a temperatura de encharcamento ultrapassa a temperatura de gelatinização do amido, a casca

pode romper provocando danos à integridade do grão. Além disso, o aumento de temperatura pode também causar uma coloração mais escura, seja pelo favorecimento da hidrólise do amido, produzindo açúcares redutores que podem reagir com aminoácidos, produzindo o escurecimento, ou pela absorção de pigmentos da casca pelo endosperma (AMATO *et al.*, 1989; BHATTACHARYA, 1985).

Em geral, a taxa de hidratação do amido aumenta exponencialmente no início, até atingir um equilíbrio ou saturação. A temperatura parece influenciar diretamente no comportamento da taxa de hidratação, proporcionando incrementos contínuos à medida que a temperatura se eleva (SAN MARTIN MARTINEZ, 1984).

Segundo revisão de AMATO *et al.*, 1989, muitos autores indicam temperaturas na faixa de 60 a 70°C como ideais para a etapa de encharcamento.

Em estudo realizado por SAN MARTIN MARTINEZ, 1984, a temperatura de maceração entre 58 a 63°C e a absorção de água entre 30 e 32% foram as condições que apresentaram as melhores características de qualidade tecnológica (cor, rendimento no beneficiamento e tempo de cocção) do arroz parboilizado por processo convencional e por microondas.

2.4.2.2. Cozimento do arroz úmido

O cozimento do arroz úmido tem por objetivo a gelatinização do amido. Nessa etapa ocorrem as principais transformações químicas e físicas, detalhadas no item 2.2.3..

Segundo BHATTACHARYA, 1985, se a hidratação do amido não for adequada e uniforme, a gelatinização do amido não ocorre por completo e,

conseqüentemente a qualidade do produto fica prejudicada, principalmente com relação ao rendimento de beneficiamento.

A técnica mais comum de cozimento do arroz úmido é o cozimento com vapor, e pode ser feito de duas maneiras: à pressão ambiente, injetando o vapor de água no produto em recipiente aberto, ou sob pressão elevada, utilizando sistemas de autoclave (recipiente fechado) (AMATO *et al.*, 2002; BISWAS & JULIANO, 1988).

A extensão da gelatinização do amido pode ser medida pela presença de grãos não-gelatinizados. Segundo AMATO, 1988, pode-se definir como grãos não-gelatinizados (GNG) os grãos que não se apresentarem totalmente opacos ou leitosos quando submetidos à ação da luz polarizada. Sob aspectos gerais, a ausência de GNG indica um cozimento perfeito.

2.4.2.2.a. Cozimento por microondas

Muitos estudos têm sido feitos sobre a aplicabilidade da microonda como fonte de energia no processamento de alimentos. O termo “microondas” refere-se a radiação emitida por ondas, numa determinada frequência, e que se localiza entre as ondas de rádio e o infravermelho distante, no espectro eletromagnético.

A grande vantagem da utilização das microondas consiste na alta habilidade de penetração, causando aquecimento interno através da vibração das moléculas de água e, portanto, provocando um aumento de temperatura rápido e uniforme em todo material (SAN MARTIN MARTINEZ, 1984).

ROBERTS, 1977 estudou os efeitos da energia de microondas na gelatinização do arroz em casca e demonstrou que arroz com alto teor de umidade (30 – 35%) após tratamento com microondas por cerca de 2 a 5

minutos apresentaram características semelhantes ao parboilizado convencional.

SAN MARTIN MARTINEZ, 1984, analisou vários parâmetros como umidade e tempo de radiação sobre qualidades tecnológicas (rendimento de beneficiamento, cor e tempo de cocção) do arroz parboilizado por microondas e comparou com o método convencional por autoclave. Segundo ele, a cor do arroz parboilizado por microondas foi mais influenciada pela temperatura de maceração e absorção de água, como no método convencional, e pouco influenciada pelo tempo de radiação, contudo o cozimento por microondas proporcionou uma cor menos acentuada do que o convencional. Aumentos no tempo de radiação parece ter efeito positivo no rendimento de beneficiamento e na diminuição do tempo de cocção. As condições indicadas para uma adequada parboilização por microondas foram 31% de umidade, 40°C de temperatura de maceração e 6 minutos de radiação.

2.4.2.3. Secagem

Depois da parboilização, o arroz em casca geralmente contém aproximadamente 35% de umidade. A secagem tem por objetivo reduzir a umidade até cerca de 14% para que o arroz possa ser armazenado e beneficiado. Os métodos de secagem podem influenciar profundamente as qualidades de beneficiamento (BHATTACHARYA, 1985; BHATTACHARYA, 1979).

Se o arroz parboilizado é seco à temperatura ambiente, o rendimento pode ser elevado mas, se for exposto ao sol ou a aplicação de calor excessivo, ocorre um decréscimo de grãos inteiros no beneficiamento. Conforme IMOUDU & OLUFAYO, 2000, amostras de arroz parboilizado, quando desidratadas até 12 a 14% umidade, a temperatura ambiente (30 a 40°C), apresentaram um rendimento de beneficiamento melhor, com menos de 34% de grão quebrados.

Pesquisas demonstram que a umidade crítica é 16 a 18%, a redução até esse limite não causa muitos danos aos grãos mas, as diferenças de temperatura e os gradientes de umidade entre o grão e o meio ambiente até a desidratação atingir 14% de umidade, podem causar fissuras no grão (BHATTACHARYA, 1979).

Segundo SAN MARTIN MARTINEZ, 1984, as fissuras parecem estar relacionadas com tensões na superfície do grão devido a perda não uniforme de água, e se forças externas forem aplicadas no grão, como no beneficiamento, ele pode se quebrar.

Em geral, o arroz parboilizado é rapidamente seco, logo após o cozimento, em estufas de aeração forçada ou secadores automáticos, até a umidade crítica ($\pm 16\%$) e o processo de desidratação é interrompido, deixando os grãos descansar por um período até que o gradiente de umidade seja próximo do zero. Este período denominado "acondicionamento" pode variar de acordo com as variedades de arroz e a intensidade de tratamento (BHATTACHARYA, 1985).

3. OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho foram:

- 1 - Avaliar o comportamento de 6 cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) de terras altas e uma linhagem de arroz (*Oryza sativa* L.) de várzeas, antes e após a parboilização, com relação à composição nutricional e à qualidade tecnológica.
- 2 – Colaborar com dados sobre cultivares brasileiras que possam ser utilizados em tabelas nacionais de composição de alimentos e em Programas de Melhoramento Genético de Arroz.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. AMOSTRAS

Todas as cultivares de arroz de terras altas (Primavera, Colosso, Curinga, Talento, Soberana e Aroma) e de várzeas (CNAi 8502) foram desenvolvidas pela Embrapa Arroz e Feijão - Goiânia. Foram criteriosamente escolhidas do Programa de melhoramento genético de arroz por possuírem ótimas características agronômicas.

As cultivares de arroz de terras altas foram cultivadas na Fazenda Capivara, no município de Santo Antônio de Goiás – GO, enquanto a linhagem CNAi 8502 foi cultivada na Fazenda Palmital, município de Goianira – GO. Todas colhidas entre os meses de Abril a Maio/2003, sendo observado o melhor “ponto de colheita” ou quando cerca de 2/3 dos grãos das panículas estavam maduros.

Após a colheita, todas as cultivares foram limpas, expurgadas com gás fosfina, produzido a partir de pastilhas de fosfeto de alumínio, para evitar o desenvolvimento de pragas por contaminação de insetos, e armazenadas em câmara fria com temperatura controlada (25°C) por 2-3 meses antes do uso. Para a realização dos ensaios, foram separadas, aproximadamente, 3 kg de cada amostra.

As amostras passaram por novo processo de limpeza (descritas detalhadamente no item 4.5.1.1.), para separar grãos imaturos. A seguir foram divididas em duas partes, sendo uma parte processada a parboilização, beneficiada, produzindo a respectiva amostra parboilizada e polida, e outra diretamente beneficiada, gerando a amostra branco polida. Neste trabalho adotaremos a designação AMOSTRA BRANCO POLIDA para aquelas que não foram submetidas à parboilização e, AMOSTRAS PARBOILIZADAS para aquelas parboilizadas e beneficiadas.

Para as análises de composição centesimal e teor de amilose, as amostras foram antes 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.

4.2. REAGENTES E ENZIMAS

Todos os reagentes utilizados nas análises obedeceram ao grau de pureza exigido para cada método.

As enzimas utilizadas foram a α -amilase termoresistente (Sigma A-3306), a amiloglicosidase (Sigma A-9913) e a Protease (Sigma P-3910).

4.3. PADRÕES

Os padrões usados foram a amilose (Sigma A-0512) e amilopectina (Sigma S-9765).

4.4. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Os principais equipamentos usados foram:

- Banho-maria com controle de temperatura;
- Banho-maria com controle de temperatura e agitação horizontal;
- Forno de microondas marca Sanyo com 0,95 kW de potência;
- Medidor dielétrico de umidade de grãos marca Kett Electric Laboratory, modelo Grainer II PM-300;
- Estufa marca Fanem com circulação forçada de ar;
- Moinho de prova marca Suzuki, modelo MT-88 da Suzuki S/A;
- Balança semi-analítica Gehaka, mod. BG-200 e balança analítica;
- Moinho analítico da Analytical Mill A-10 – Kinematica AG, Luzen, Suíça;
- Mufla com controle de temperatura;

- Conjunto para determinação de proteínas tipo Kjeldahl;
- Extrator de gordura "Soxhlet";
- pHmetro;
- Espectrofotômetro marca Beckman, modelo DU-70;
- Cadinhos filtrantes de borossilicato, 50 mL, com placa de vidro sinterizado, porosidade nº 2 (40 – 60 μm);
- Lã de vidro,

além de vidrarias e materiais comuns de laboratório.

4.5. METODOLOGIAS

4.5.1. PROCESSO DE PARBOILIZAÇÃO

As etapas de parboilização das amostras foram adaptadas de SAN MARTIN MARTINEZ, 1984, e realizadas na Embrapa Arroz e Feijão – Goiânia.

4.5.1.1. Separação e limpeza das amostras

As amostras em casca foram colocadas em um recipiente com água, agitadas por aproximadamente 30 segundos e deixadas em repouso por mais 30 segundos, os grãos que ficaram na superfície da água foram descartados (grãos imaturos), juntamente com algum material estranho (casca, insetos mortos e restos de planta). Os grãos que permaneceram no fundo do recipiente foram considerados limpos, secos à temperatura ambiente até umidade aproximada de 13% e armazenados em sacos plásticos. Parte foi usada para parboilização e parte seguiu para beneficiamento (amostras branco polidas).

4.5.1.2. Determinação das curvas de absorção de água

Para determinar as curvas de absorção, cerca de 50 g de cada cultivar em casca foi devidamente pesada (Peso inicial), a umidade dos grãos medida (Umidade inicial) em medidor dielétrico de umidade, e imersas em

aproximadamente 150 mL de água deionizada. Foram então colocadas em banho-maria com temperatura controlada (58°C). A escolha da temperatura foi devido à disponibilidade de equipamento e conforme estudos feito por SAN MARTIN MARTINEZ, 1984.

Periodicamente, as amostras foram retiradas, peneiradas, colocadas em recipientes com papel absorvente, para retirar o excesso de água, e rapidamente pesadas. Após cada etapa de pesagem, as amostras foram imersas na mesma água de maceração e novamente levadas ao banho-maria.

A porcentagem de absorção de água foi calculada por diferença de peso através da equação:

$$\% \text{ABS H}_2\text{O} = \frac{U_0 \times (M_0/100) + (M_1 - M_0)}{M_1} \times 100$$

U_0 = Umidade Inicial da amostra

M_0 = Massa inicial da amostra

M_1 = Massa úmida no tempo t_1

4.5.1.3. Encharcamento das amostras

Cerca de 200 g de amostra foram pesadas, medida a umidade inicial dos grãos, colocadas em erlenmeyer de 2 L, imersas em água deionizada (aproximadamente 600 mL) e colocadas em banho-maria com temperatura controlada a 58°C.

As amostras foram deixadas em banho-maria até atingir a % de absorção (acima de 30%) necessária para prosseguimento do processo. O tempo de encharcamento escolhido foi de 15 horas e antes da etapa de tratamento térmico, foi verificado o grau de absorção de água (%), como descrito anteriormente.

4.5.1.4. Tratamento térmico das amostras maceradas

O arroz “encharcado” foi distribuído em recipientes Pirex, em camadas de cerca de 2 cm de espessura, com água de maceração o suficiente para cobrir a amostra. Foram então radiadas em potência máxima de 0,95 kW, em forno microondas, por 8 minutos. Na metade do tempo de exposição o recipiente com a amostra foi girado em 180° para uma melhor distribuição da energia de radiação na amostra. Antes do tempo de radiação estipulado foi feito um pré-aquecimento (30 segundos) para estabilizar a temperatura da água de encharcamento e da amostra.

A efetiva gelatinização das amostras foi verificada pelo desenvolvimento da coloração amarelada dos grãos e perda da birrefringência, em análise visual conforme método de AMATO, 1988.

4.5.1.5. Secagem

As amostras foram peneiradas, retirado o excesso de água com papel absorvente, e distribuídas em recipientes. Foram então deixadas para secar à temperatura ambiente (média de 33°C), periodicamente revolvidas para facilitar a perda de água, até alcançar a umidade final de aproximadamente 13%. Foram então acondicionadas em sacos plásticos até o beneficiamento.

4.5.2. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.5.2.1. Beneficiamento das amostras

Tanto as amostras parboilizadas quanto as não parboilizadas foram debulhadas, brunidas, separadas em grão inteiros e quebrados em beneficiador mecânico. Os ajustes da máquina foram feitos de modo a obter o

mínimo de grãos quebrados e um polimento adequado, sem indícios de germe ou pericarpo nos grãos.

O rendimento em grãos inteiros foi calculado em relação à amostra em casca e o rendimento total foi determinado somando os pesos de grãos inteiros e quebrados, em relação à amostra em casca.

4.5.2.2. Avaliação de centro branco

A avaliação de centro branco foi feita por comparação visual com 6 testemunhas, preparadas de acordo com MARTINEZ & CUEVAS, 1989, e adaptadas pelo Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Arroz e Feijão. Foram avaliadas somente as amostras branco polidas.

Cerca de 70 g de grãos inteiros e polidos foram espalhados sob um fundo preto. Avaliou-se primeiramente a amostra como um todo e atribuiu-se uma nota. Os grãos imaturos foram separados para não serem confundidos com defeito de centro branco.

Para aferição dos resultados, tomaram-se 5 grãos inteiros e representativos, cada grão foi avaliado separadamente e atribuída uma nota numa escala que variava de zero a cinco. Ao zero correspondem os grãos totalmente translúcidos e ao cinco, aqueles quase tomados pelo centro branco. A média foi calculada multiplicando-se o valor da nota pela frequência de grãos correspondentes, somados e divididos por 6. O resultado foi enquadrado na seguinte escala:

- (0,0 a 0,6) – Nota 1 – Excelente
- (0,7 a 1,4) – Nota 2 – Bom
- (1,5 a 2,9) – Nota 3 – Regular
- (3,0 a 4,0) – Nota 4 – Ruim
- (4,1 a 5,0) – Nota 5 – Péssimo

4.5.2.3. Classificação Visual

A classificação das amostras nas cinco categorias estipuladas pelo MAPA, na Portaria nº 269/88 (BRASIL, 1988) em: longo-fino; longo; médio; curto e misturado, foi efetuada conforme método desenvolvido pelo Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Arroz e Feijão – Goiânia, baseia-se na comparação visual com variedades padrões selecionadas. Para o comprimento foram atribuídas 5 notas (1, 3, 5, 7 e 9) e para a largura 4 notas (1, 3, 5 e 7) e os padrões visuais empregados estão apresentados nas **TABELAS 6 e 7**.

TABELA 6: Padrões selecionados para o comprimento do grão de arroz

Notas	Classe	Variedade	Comprimento* (mm)
1	Extra-longo	CNA 7066	8,13
3	Longo à extra longo	Rio Formoso	7,28
5	Longo	CICA 8	6,52
7	Médio	Progresso	5,84
9	Curto	Cateto Grande*	5,20

* nº de registro no BAG- Embrapa Arroz e Feijão: 800.085

* média de comprimentos de 50 grãos inteiros e polidos

TABELA 7: Padrões selecionados para a largura do grão de arroz

Notas	Classe	Variedade	Largura (mm)*
1	Extra-fino	CNA 8257	1,86
3	Fino	CICA 8	2,12
5	Largo	Araguaia	2,27
7	Extra largo	IAC 47	2,53

* média da largura de 50 grãos inteiros e polidos

Todas as vezes que a amostra não se enquadrava nas notas atribuídas aos padrões, foram dadas também notas intermediárias e, se ainda houvesse dúvidas, mediu-se o comprimento, largura e espessura de 5 grãos representativos da amostra, com auxílio de paquímetro.

4.5.2.4. Determinação da temperatura de gelatinização

O método para determinação de temperatura final de gelatinização foi adaptado de MARTINEZ & CUEVAS, 1989, e realizado no Laboratório de Qualidade de Grão da Embrapa Arroz e Feijão - Goiânia. Somente as amostras branco polidas foram analisadas porque nas cultivares parboilizadas, admite-se que todo amido foi gelatinizado durante o processo.

O método baseia-se em uma determinação indireta por dispersão alcalina dos grãos de arroz. Dez grãos foram cuidadosamente escolhidos, colocados em um recipiente de plástico com 10 mL de solução KOH 1,7% (m/m) e encubados a 30°C, em estufa com temperatura controlada, por 23 horas. Foi feita então a leitura e interpretação dos resultados utilizando a seguinte escala:

- Grau 1: grão de arroz inalterado;
- Grau 2: grão inchado;
- Grau 3: grão inchado com fissuras leves, com ligeira dispersão ao redor, mas resistente ao ser tocado;
- Grau 4: grão de arroz um pouco aberto, conservando ainda sua forma, com dispersão ao redor e não apresenta resistência ao ser tocado.
- Grau 5: grão de arroz totalmente aberto, formando, muitas vezes, uma “massa” com manchas dispersas ao redor. Às vezes pode manter sua forma mas ao ser tocado desintegra-se;
- Grau 6: grão de arroz quase todo disperso, não se define sua forma;
- Grau 7: grão de arroz totalmente desintegrado, muitas vezes somente se observa os embriões.

O resultado foi calculado multiplicando o número de grãos pela respectiva nota, somados e divididos por 10. Desta forma obteve-se a nota de grau de dispersão alcalina que se relaciona com as temperaturas de gelatinização da seguinte maneira:

- Temperatura de gelatinização alta (74 a 80°C) - grau de dispersão 1, 2 e 3;
- Temperatura de gelatinização intermediária (70 a 74°C) - grau de dispersão 4 e 5;
- Temperatura de gelatinização baixa (55 a 69,5°C) - grau de dispersão 6 e 7.

Foram colocadas 3 testemunhas de graus de dispersão conhecidos, as variedades Colômbia 1 (grau 2), Bluebonnet 50 (grau 5) e IR 8 (grau 6).

4.5.2.5. Teor de amilose

A estimativa do teor de amilose foi baseada no método simplificado de JULIANO, 1971 e no método de JULIANO *et al.*, 1981.

Seguindo método simplificado de JULIANO, 1971, as amostras foram submetidas à tratamento alcalino e etanol 95% (v/v) a 100°C por 9 minutos, diluídas, adicionado o complexante iodo/iodeto, e o meio tamponado com ácido acético (pH ~ 4.5). A absorção do complexo iodo-amilose foi lido em espectrofotômetro a $\lambda = 620$ nm, e a quantificação foi através de curva padrão de amilose. Esta determinação foi feita no Laboratório de qualidade de grãos da Embrapa Arroz e Feijão, portanto somente foram efetuadas nas amostras branco polidas.

No método de JULIANO *et al.*, 1981, a extração e solubilização da fração amilose foi feita por tratamento alcalino (NaOH 1N) e solução alcoólica (Etanol 95% v/v) por cerca de 15 a 24 horas. A determinação quantitativa da

amilose foi através da absorbância do complexo iodo-amilose a $\lambda=620\text{nm}$, pH ~ 4,5 (tampão acetato), lido em espectrofotômetro, e curva padrão de amilose e amilopectina. As amostras de arroz branco polido e parboilizado da cultivar Primavera foram previamente desengorduradas por extração contínua com metanol 85% (v/v) em aparelho de Soxhlet, por 16 h (JULIANO *et al.*, 1981). O objetivo foi verificar a influência da competição dos lipídios ligados ao amido na formação do complexo iodo-amilose.

Foram analisadas também as variedades Colômbia 1, Bluebonnet 50 e IR 8, comumente utilizadas como testemunhas em análises de teor de amilose no programa de melhoramento genético de arroz, da EMBRAPA Arroz e Feijão.

4.5.2.6. Umidade

A umidade dos grãos inteiros foi determinada em aparelho automático GRAINER II PM-300, que realiza medidas dielétricas da umidade dos grãos.

Para as amostras trituradas, o procedimento foi baseado no método oficial nº 925.09B da AOAC, 1995. A umidade foi calculada por diferença de peso após 5h em estufa ventilada (105°C) ou até peso constante.

4.5.2.7. Resíduo mineral fixo

A determinação da fração mineral foi baseada no método oficial nº 923.03 da AOAC, 1995. As amostras trituradas foram incineradas em mufla a 525°C por 11h, ou até peso constante.

4.5.2.8. Proteínas

O teor de proteína foi determinado através do conteúdo de nitrogênio das amostras, por procedimento adaptado do método de micro-Kjeldahl nº 960.52 da AOAC, 1995. O fator de conversão de nitrogênio para proteínas foi 5,7, recomendado por JULIANO, 1993.

4.5.2.9. Extrato etéreo

O extrato etéreo foi obtido de acordo com adaptação do método oficial nº 920.39C da AOAC, 1995, em aparelho de Soxhlet, com extração contínua em éter etílico por 8h.

4.5.2.10. Fibra alimentar total

O procedimento para determinação de fibra alimentar total foi o enzimico-gravimétrico, baseado no método oficial nº 985.29 da AOAC, 1995.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO

Foram feitas determinações de temperatura de gelatinização, por dispersão alcalina, somente nas amostras não parboilizadas. Este parâmetro faz parte das análises comumente realizadas pelo programa de melhoramento genético de arroz, da Embrapa Arroz e Feijão, para seleção de linhagens.

A **TABELA 8** apresenta os resultados de temperatura de gelatinização (TG). Pode-se observar que todas as cultivares apresentaram comportamento de TG intermediário, relativo ao intervalo de 70 a 74°C de temperatura final de gelatinização, com exceção da Soberana, com uma TG alta (74 a 80°C).

Segundo MARTINEZ & CUEVAS, 1989, os arrozes com alta TG tendem a absorver mais água e mais tempo quando cozidos do que os com TG intermediária, e podem desintegrar-se quando muito cozido, por outro lado, tendem a ficar duros quando se emprega o tempo adequado de cocção. As cultivares com TG intermediária a alta são preferidas pelo consumidor e,

conseqüentemente este constitui um dos pré-requisitos para o lançamento de novas variedades no Brasil (VIEIRA & CARVALHO, 1999).

TABELA 8: Temperatura de gelatinização das amostras branco polidas

Cultivares/ linhagem	Temperatura de gelatinização	
	Grau de dispersão	Descrição das notas
CNAi 8502	5,2	Intermediária (70 a 74°C)
Curinga	4,0	Intermediária (70 à 74°C)
Soberana	3,1	Alta (74 à 80°C)
Talento	3,6	Intermediária (70 à 74°C)
Aroma	3,8	Intermediária (70 à 74°C)
Primavera	4,1	Intermediária (70 à 74°C)
Resultados obtidos em triplicata		

5.2. CLASSIFICAÇÃO VISUAL E CENTRO BRANCO

A classificação visual e a análise de incidência de centro branco foram feitas somente nas amostras branco polidas. Os resultados são apresentados na **TABELA 9**.

A presença de considerável porcentagem de centro branco surpreendeu pelo fato das cultivares analisadas serem reconhecidamente linhagens com baixa quantidade de centro branco e/ou com notas bom/excelente. Geralmente, os melhoristas, durante o programa de melhoramento genético de arroz, excluem todas as linhagens que apresentarem nota de centro branco acima de 3. Além disso, a presença parcial de centro branco pode ser geneticamente controlada (VIEIRA & CARVALHO, 1999).

**TABELA 9: Classificação visual e centro branco nas amostras branco
polidas**

Cultivares/ Linhagem	Centro Branco		Classificação Visual	
	Notas	Descrição	Notas (C/L) [#]	Classe
CNAi 8502	3	Regular	3/2	Longo-fino
Curinga	4	Ruim	4/3	Longo-fino
Soberana	3	Regular	3/3	Longo-fino
Talento	3,5	Ruim	3/2	Longo-fino
Aroma	3	Regular	3/1	Longo-extra fino
Primavera	4	Ruim	2/3	Longo-fino

C = comprimento e L= largura

Segundo MARTINEZ & CUEVAS, 1989, altos índices de centros brancos podem ser associados a altas temperaturas durante a época de floração. O clima típico da região de Goiânia, onde as cultivares foram produzidas, pode ter influenciado os resultados obtidos.

O centro branco no grão de arroz provoca um enfraquecimento às tensões externas, o que diminui consideravelmente o rendimento de grãos inteiros (RUITTEN, 1985). Esse fato concorda com o comportamento das cultivares no beneficiamento (detalhado no item 5.4.).

O defeito de centro branco desapareceu completamente após a parboilização das amostras, provavelmente devido à compactação do amido durante a gelatinização.

Quase todas as cultivares estudadas obtiveram a classificação de longo-fino, preferido pelo consumidor brasileiro, com exceção da Aroma, que obteve a classificação de longo-extra fino, este fato pode ser indicativo de excesso de polimento da amostra durante o beneficiamento. No geral, os resultados concordam com as informações técnicas (ver TABELA 3) fornecidas pela Embrapa Arroz e Feijão.

5.3. PARBOILIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ARROZ

O **GRÁFICO 1** mostra as curvas de absorção de água das 6 cultivares e 1 linhagem de arroz, à temperatura de 58°C. Podemos observar que as características de hidratação das amostras são semelhantes, com acentuada absorção de água com 6 a 7 horas de encharcamento, apresentando então pequenos acréscimos até estabilizar.

GRÁFICO 1: Curva de absorção de água das amostras de arroz à temperatura de 58°C

Para a escolha da temperatura para o encharcamento foram feitos testes a 58°C, 60°C e 70°C, observando-se um aumento na velocidade de encharcamento, conforme já demonstrado por SAN MARTIM MARTINEZ, 1984, e AMATO *et al.*, 2002. A temperatura de 58°C apresentou condições mínimas para que as cultivares obtivessem a % de absorção de água requerida

(30 a 32%) (BHATTACHARYA, 1985) para a etapa de gelatinização, não ultrapassando a temperatura de gelatinização e não provocando uma coloração mais escura nas amostras parboilizadas. SAN MARTIN MARTINEZ, 1984, demonstrou que a temperatura de encharcamento é positivamente correlacionada com a cor do parboilizado e menores temperaturas tornam a cor deste mais próxima do arroz branco polido.

Após 15 horas de embebição à 58°C, as cultivares apresentaram 31,87% (Curinga), 32,03% (Primavera), 30,86% (CNAi 8502), 30,11% (Aroma), 31,84% (Talento) e 31,18% (Soberana), de absorção de água. Não demonstraram supersaturação e, portanto mantiveram a integridade dos grãos. Optou-se então pelas seguintes condições de encharcamento: temperatura de 58°C e tempo de 15 horas, sem agitação.

O tratamento térmico utilizado para a gelatinização das amostras foi o microondas por ser rápido, fácil e acessível. A radiação emitida foi à potência máxima de 0,950 kW e o tempo padronizado para 8 minutos. No estudo de SAN MARTIN MARTINEZ, 1984, a melhor combinação de parâmetros para a parboilização por microondas constava o tempo de 6 minutos para a radiação, porém este autor trabalhou com potência de 1,35 kW, superior a do presente trabalho. Além disso, encontrou uma correlação positiva com o tempo de microondas e o rendimento de beneficiamento das amostras.

A efetiva parboilização das amostras foi averiguada visualmente, pela perda da birrefringência e ausência de grãos não-gelatinizados, segundo AMATO, 1988.

Embora existam diferenças entre as diversas cultivares estudadas, principalmente por terem sido cultivadas em sistemas de plantio diferentes, de todas foram obtidas um produto final parboilizado após aplicação do método escolhido.

5.4. RENDIMENTO DE BENEFICIAMENTO

Todas as amostras foram beneficiadas de maneira a se obter um produto de boa qualidade, livre de presença de restos de pericarpo ou embrião. Nesta etapa, foi também muito importante a destreza do operador, a qualidade de maquinário, e uma limpeza adequada (sem restos de plantas ou grãos imaturos) antes do beneficiamento, os quais poderiam influenciar no rendimento de beneficiamento (RUITEN, 1985).

TABELA 10: Rendimento de beneficiamento dos arrozes não parboilizados e parboilizados

Cultivares	Não parboilizados		Parboilizados	
	R(i) (%)	R(t) (%)	R(i) (%)	R(t) (%)
Primavera	45,43	69,73	65,78	73,51
Soberana	22,59	66,12	70,79	72,54
Talento	33,97	58,80	68,56	75,18
Curinga	24,43	66,23	64,84	69,87
Aroma	32,80	66,68	66,08	72,68
CNAi 8502	33,97	67,48	67,45	72,46

* Rendimento em grãos inteiros

** Rendimento total (grãos inteiros + quebrados)

O rendimento de grãos inteiros das amostras não parboilizadas (TABELA 10) foi bem abaixo do esperado. Pode-se observar que houve uma diminuição significativa no rendimento de grãos inteiros, quando comparados com as informações técnicas das próprias cultivares (49 a 62% de rendimento de inteiros) (ver TABELA 3).

Dados apresentados por SAN MARTIN MARTINEZ, 1984, (55,96%); BISWAS & JULIANO, 1988, (56%); SOTELO *et al.*, 1999, (68,9%) e NUNES *et al.*, 2001, (média 56%) de rendimento de grãos inteiros para arroz branco também foram superiores aos rendimentos apresentados neste trabalho.

Porém, os resultados de rendimento total das amostras não parboilizadas estão de acordo com ADU-KWARTENG *et al.*, 2003, que determinou de 50,0 a 71,5% de rendimento total num estudo sobre diversas variedades de arroz.

Segundo BHATTACHARYA, 1979, várias condições podem causar uma diminuição na recuperação de grãos inteiros, dentre elas o desequilíbrio higroscópico dos grãos e o grau de maturação na época da colheita. Conforme KUNZE & WRATTEN, 1985, variações na umidade dos grãos provocam fissuras no endosperma e baixa resistência a tensões durante o beneficiamento.

Conforme NUNES *et al.*, 2001, e USBERTI FILHO *et al.*, 1986, o arroz cultivado em sistema de terras altas tem um rendimento menor que o arroz de várzeas, pois sofre mais influência das condições ambientais. Entre as amostras não parboilizadas, a cultivar Primavera (terras altas) foi a que apresentou melhor rendimento de inteiros (45,43%), enquanto a linhagem CNAi 8502, única amostra de arroz de várzeas, apresentou 33,97%. Esses dados indicam que o baixo rendimento de grãos inteiros das amostras não parboilizadas pode ser devido a problemas pós-colheita, embora, estatisticamente, não se pode afirmar que não houve influência do sistema de cultivo sobre o rendimento de inteiros.

O fato de as amostras não parboilizadas apresentarem desempenho ruim na recuperação de grãos inteiros no beneficiamento, pode ter sido provocado pela brusca variação de umidade quando as amostras foram imersas em água para limpeza, causando fissuras no endosperma. Além disso, a baixa umidade relativa do ar e a alta temperatura na região de Goiânia, onde as amostras foram processadas, pode ter agravado o número de quebras durante o beneficiamento.

5.4.1. Efeito da parboilização sobre rendimento de beneficiamento

Após a parboilização houve uma melhora no rendimento de inteiros e total para todas as amostras (**TABELA 10**). As cultivares que apresentaram melhor desempenho em grãos inteiros foram a Soberana, Talento e a linhagem CNAi 8502, enquanto a Aroma, Primavera e Curinga apresentaram um desempenho intermediário.

Como podemos observar na **GRÁFICO 2** os acréscimos no rendimento de grãos inteiros das amostras após a parboilização, representaram incrementos que variaram de 1,45 (Primavera) até 3,13 (Soberana) vezes o rendimento de inteiros da mesma variedade não parboilizada. Esses resultados demonstram excelente recuperação no rendimento de beneficiamento pelo processo de parboilização e foram melhores do que a média encontrada por SAN MARTIN MARTINEZ, 1984, BISWAS & JULIANO, 1988 e PRIETO, 1981.

() Relação entre parboilizado e não parboilizado

GRÁFICO 2: Comparativo entre rendimento de inteiros dos arrozes não parboilizados e parboilizados

Os acréscimos em rendimento total, devido à parboilização, indicam maior facilidade na retirada da casca dos grãos e menores perdas no farelo.

Segundo RUITEN, 1985, a parboilização do arroz tem um importante impacto na qualidade de beneficiamento, o tratamento hidrotérmico e a gelatinização provocam a "solda" das fissuras do endosperma e a estrutura do amido do arroz torna-se mais compactada, aumentando a resistência a trabalhos mecânicos.

Além disso, durante o tratamento hidrotérmico, ocorre a abertura da casca que facilita a etapa de descasque no beneficiamento. As camadas externas do grão, principalmente a aleurona, se aderem ao endosperma reduzindo o percentual de perda no farelo (GUTKOSKI & ELIA, 1992; RUITEN, 1985).

5.5. TEOR DE AMILOSE

A TABELA 11 apresenta todos os valores determinados para teor de amilose através do complexo azul iodo-amilose, pelo método simplificado de JULIANO, 1971, e pelo método adaptado de JULIANO *et al.*, 1981, das amostras de arroz branco polidas e parboilizadas, juntamente com os valores das três testemunhas submetidas às análises com as amostras.

O método de JULIANO, 1971, foi efetuado apenas nas amostras branco polidas pois o objetivo foi somente a comparação dos dois métodos.

TABELA 11: Teor de amilose das amostras branco e parboilizadas polidas, pelos métodos de JULIANO, 1971, e JULIANO *et al.*, 1981

Cultivares / linhagem	TEOR DE AMILOSE (%) (base seca) ^a		
	JULIANO <i>et al.</i> , 1981 ^b	JULIANO, 1971 ^c	
Soberana	Branco polido	20,84 ± 0,38	25,68 ± 0,54
	Parboilizado	19,20 ± 0,23	
Curinga	Branco polido	18,43 ± 0,86	23,80 ± 0,12
	Parboilizado	18,40 ± 0,45	
Talentó	Branco polido	20,81 ± 0,57	26,35 ± 0,26
	Parboilizado	20,67 ± 0,82	
Primavera	Branco polido	24,33 ± 0,12	28,28 ± 0,43
	Parboilizado	20,18 ± 0,75	
Aroma	Branco polido	21,71 ± 0,30	26,90 ± 0,33
	Parboilizado	20,85 ± 0,13	
CNAi 8502	Branco polido	17,33 ± 0,98	20,47 ± 0,32
	Parboilizado	14,74 ± 0,28	
TESTEMUNHAS			
IR 8	Branco polido	22,81 ± 0,20	29,82
Bluebonnet 50	Branco polido	20,03 ± 0,31	26,42
Colômbia 1	Branco polido	14,74 ± 0,74	19,28

Resultados obtidos em triplicata.

^a Unidade conforme TABELA 13.

^b Curva padrão amilose/amilopectina; $\lambda = 620$ nm; tampão acetato (pH = 4,5); soma de 2% (equivalente à amostras desengorduradas).

^c Curva padrão amilose; $\lambda = 620$ nm; tampão acetato (pH = 4,5); amostras não desengorduradas.

5.5.1. Comparação entre dois métodos para determinar o teor de amilose no arroz

Como podemos observar no **GRÁFICO 3** e nos resultados apresentados na **TABELA 11**, para todas as amostras houve uma diferença entre os dois métodos realizados. A relação entre TA (método JULIANO, 1971) e TA (método JULIANO *et al.*, 1981) variou de 1,18 a 1,29 para as amostras e 1,30 para as três testemunhas.

() relação entre os teores de amilose

GRÁFICO 3: Comparativo entre conteúdo de amilose das amostras branco polidas pelos métodos JULIANO, 1971, e JULIANO *et al.*, 1981

Valores próximos foram encontrados por JULIANO *et al.*, 1981, para a relação entre os teores de amilose nos dois métodos, que variou de 1,22 a 1,72. Em amostras com teor de amilose muito baixo (2 a 12%) essa relação parece ser mais pronunciada.

As amostras de arroz branco polido e parboilizado da cultivar Primavera, que foram previamente desengorduradas, apresentaram o conteúdo de amilose de $25,34 \pm 0,32$ e $20,86 \pm 0,57$, respectivamente. A relação entre os TA das mesmas amostras desengorduradas e não desengorduradas foi de 1,13 (arroz branco polido) e 1,15 (arroz parboilizado), valores parecidos foram encontrados no trabalho de JULIANO *et al.*, 1981. Os valores de TA encontrados para as amostras de Primavera podem ser utilizado como uma checagem do método, averiguando se a soma de 2 pontos percentuais no valor total de amilose é adequado para eliminar a interferência dos lipídeos.

Como anteriormente discutido (item 2.2.2.1.) para facilitar os programas de melhoramento genético de arroz, costuma-se categorizar as cultivares. Neste aspecto o auxílio de testemunhas com TA conhecidos foi essencial, já que muitas vezes as amostras apresentaram valores que ficaram entre as categorias de arrozes com TA intermediário (20,1 a 25%) à baixo (12,1 a 20%), no mais, essa classificação confere TA alto à arrozes que apresentam acima de 25%, porém a quantidade real de amilose no amido do arroz não alcança esse índice (JULIANO, 1993). As cultivares usadas como testemunhas foram IR 8 (TA alto), Bluebonnet 50 (TA intermediário) e Colômbia 1 (TA baixo).

A categorização das cultivares e linhagem estudadas, conforme o tipo de amilose (baixo, intermediário e alto) e a possível relação com a textura do arroz cozido está apresentada na **TABELA 12**. Como detalhado no item 2.4.3.2. o teor de amilose é um dos mais importantes indicativos de qualidade do arroz cozido, sendo inversamente proporcional à pegajosidade e diretamente relacionada com à dureza (RAMESH *et al.*, 2000; MARTINEZ & CUEVAS, 1989).

Apenas a linhagem CNAi 8502 obteve a categoria de TA baixo, predizendo um aspecto pegajoso após a cocção. Isto concorda com as informações fornecidas pela EMBRAPA (ver item 2.1.5.)

TABELA 12: Tipo de amilose e possíveis características do arroz cozido das cultivares e linhagens de arroz estudadas

Cultivar / linhagem	Tipo de amilose	Características após a cocção *
Soberana	Intermediário	Secos e macios
Curinga	Intermediário	Secos e macios
Talento	Intermediário	Secos e macios
Primavera	Alto	Secos e duros
Aroma	Intermediário	Secos e duros
CNAi 8502	Baixo	Pegajoso e macio

* previsão das características do arroz cozido baseadas no teor de amilose

É válido lembrar que os diversos dados existentes sobre o conteúdo de amilose das várias cultivares de arroz existentes no mundo, apresentam os valores de teor de amilose "aparente" (JULIANO, 1993), ou seja, sem considerar a interferência do complexo iodo-amilopectina na análise, o que acarreta uma dúvida sobre o método mais adequado a um programa de melhoramento genético de arroz.

5.5.2. Influência da parboilização sobre o teor de amilose

Os dados apresentados na **TABELA 11** demonstram pouca influência do processo de parboilização sobre o conteúdo de amilose das amostras de arroz. Houve apenas uma redução no TA da cultivar Primavera, de 24,33% para 20,18%, e da linhagem CNAi 8502 de 17,33% para 14,74%.

Resultados semelhantes foram encontrados por RAGHAVENDRA & JULIANO, 1970, segundo estes, o teor de amilose no arroz não é modificado pelo processo de parboilização e as mudanças na textura do arroz parboilizado cozido, como aumento da dureza, parece estar relacionada com uma maior

adesão/coesão dos grânulos de amido do endosperma, o que pode influenciar na solubilização do amido e das proteínas na água de cocção.

5.6. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS AMOSTRAS DE ARROZ

A **TABELA 13** apresenta os resultados da composição centesimal das amostras branco polidas e parboilizadas. No geral, os resultados obtidos foram coerentes com dados descritos na literatura, apresentado na **TABELA 5**. Discutiremos alguns componentes nutricionais em separado devido à sua importância nutricional ou à influência da parboilização sobre estes.

5.6.1. Proteínas

Os resultados apresentados na **TABELA 13** para o teor de proteínas tanto das amostras branco polidas como das parboilizadas, são superiores aos dados das principais tabelas de composição nutricional (ver **TABELA 5**), sendo que a cultivar Curinga (10,28 g/100g) e a linhagem de arroz irrigado CNAi 8502 (9,38 g/100g) obtiveram os melhores índices.

Se considerarmos que na maioria dos trabalhos existentes sobre arroz, o fator de conversão de nitrogênio para proteínas varia de 5,95 a 6,25, a escolha do fator 5,7, adotado neste trabalho, ainda estaria sub estimando os resultados em comparação com a literatura.

Apesar das dificuldades de comparação, os resultados concordam com informações de KENNEDY & BURLINGAME, 2003, (4,5 a 15,9%; base seca) e com dados de LAM-SÁNCHEZ *et al.*, 1993/94, (4,00 a 14,31 g/100g), porém o fator de conversão usado foi 6,25.

Conforme ADU-KWARTENG *et al.*, 2003, que determinou conteúdo de proteínas, em média, acima de 7,0%, altos índices de proteínas podem ser atribuídos à influências varietais e ambientais, tais como altos níveis de

fertilizantes, períodos curtos de crescimento da planta, salinidade ou alcalinidade do solo.

Segundo informações obtidas da EMBRAPA Arroz e Feijão, de Goiânia, onde as cultivares foram plantadas, é prática comum aplicação de fertilizantes nitrogenados antes e durante o desenvolvimento das cultivares.

Com relação ao sistemas de plantio, não parece ter influenciado o conteúdo de proteínas das amostras. A linhagem de arroz de várzeas (CNAi 8502) apresentou resultados dentro da média dos valores de proteínas das cultivares de terras altas.

5.6.1.1. Efeito da parboilização sobre o conteúdo de proteínas

Com relação à parboilização, como podemos verificar pelo **GRÁFICO 4**, os resultados foram variáveis. A maioria das cultivares não modificou seu conteúdo de proteínas, somente na Talento e Soberana proporcionou pequenos acréscimos. Estes resultados estão de acordo com BHATTACHARYA, 1985, segundo este autor, o processo de parboilização não parece influenciar o conteúdo de proteínas do arroz mas, pode diminuir a solubilidade das proteínas.

GRÁFICO 4: Comparativo entre o conteúdo de proteínas das amostras branco polidas e parboilizadas

5.6.2. Resíduo mineral fixo

Apesar dos teores de cinzas encontrados nas amostras branco polidas (**TABELA 13**) estarem de acordo com dados apresentados por JULIANO, 1993 e SAN MARTIN MARTINEZ, 1984, a média encontra-se abaixo dos dados apresentados na **TABELA 5**, e por SOTELO *et al.*, 1990 e ADU-KWARTENG, 2003.

Os resíduos minerais das amostras parboilizadas também apresentou, em média, valores menores que a literatura (NUNES *et al.*, 1991; USDA, 2004a).

O reduzido conteúdo de minerais nas amostras branco polidas pode ser devido à perdas excessivas no beneficiamento, principalmente no brunimento (SOTELO *et al.*, 1990; JULIANO & BECHTEL, 1985).

Outros fatores que podem ter influenciado foram a disponibilidade desses nutrientes no solo e a aplicação de fertilizantes (KENNEDY *et al.*, 2002). Segundo MORAES, 1999, há predominância de solo tipo Latossolo na região de Goiás, onde as amostras foram cultivadas, e este tipo de solo caracteriza-se pela baixa fertilidade natural e pH ácido, o que pode ter provocado uma redução de minerais nos grãos de arroz. No entanto, o tipo de sistema de plantio, parece não ter influência nos teores de resíduo mineral das amostras.

5.6.2.1. Influência da parboilização sobre o resíduo mineral

Observa-se através do **GRÁFICO 5** que a parboilização das amostras proporcionou um aumento na fração mineral, com exceção da cultivar Talento (**TABELA 13**). Esse aumento foi substancial nas cultivares Soberana (91%), Primavera (60%), Aroma (61%) e CNAi 8502 (36%), enquanto que a Curinga o

incremento foi de apenas 16%. Incrementos parecidos foram obtidos por SAN MARTIN MARTINEZ, 1984, e NUNES *et al.*, 1991.

GRÁFICO 5: Comparativo das frações minerais das amostras branco polidas e parboilizadas

O aumento dos resíduos minerais nas amostras parboilizadas pode ser explicado pela migração de minerais das camadas externas para o endosperma do grão durante a parboilização. O que provoca uma redução na perda de minerais no beneficiamento do arroz (BHATTACHARYA, 1985).

Maiores teores de resíduo mineral pode ser traduzido numa melhor retenção de micronutrientes fundamentais à saúde humana, portanto, o processo de parboilização pode ser uma estratégia importante para melhorar a qualidade nutricional de arrozes produzidos em solo "pobres" em nutrientes.

Com relação à redução da fração mineral da cultivar Talento, existe duas hipóteses: ocorreu perdas dos minerais por lixiviação durante a etapa de encharcamento da parboilização, devido ao elevado tempo, ou a amostra foi excessivamente polida, perdendo esses nutrientes no farelo.

5.6.3. Extrato etéreo

O conteúdo de lipídeos extraído com éter etílico (extrato etéreo) das amostras branco polidas (**TABELA 13**) está de acordo com dados fornecidos por JULIANO, 1993, embora a média esteja abaixo dos valores encontrados em diversas tabelas de composição nutricional (ver **TABELA 5**) e em estudos de SOTELO *et al.*, 1990, (0,5 – 1,5 g/100g) e KANG *et al.*, 2003, (0,44 e 1,89 g/100g), principalmente para as cultivares Primavera (0,21 g/100g) e Soberana (0,20 g/100g).

Como já detalhado no item 2.2.2.3, lipídeos ligados ao amido do arroz são mais polares e provavelmente pouco se extrai utilizando éter etílico. Esse fato pode ser comprovado se compararmos com a extração das amostras de Primavera com metano 85% (v/v) (detalhado no item 4.6.2.5.) que resultou nos valores: 1,27 g/100g (branco polido) e 2,09 g/100g (parboilizado).

Devido ao fato dos lipídeos apolares estarem presentes, na sua maioria, nas camadas mais externas do grão, os valores baixos de extrato etéreo determinados nas amostras branco polidas da Soberana e Primavera, podem ser resultado de um excesso de polimento.

Com relação ao sistema de plantio, a amostra de arroz de várzeas obteve o maior valor de extrato etéreo em comparação com as cultivares de arroz de terras altas.

5.6.3.1. Efeito da parboilização no extrato etéreo

A média do conteúdo de lipídeos das amostras parboilizadas também foi menor que valores de USDA, 2004a e SAN MARTIM MARTINEZ, 1984, que determinou um conteúdo de 0,98 g/100g para a amostra parboilizada pelo método de microondas.

Porém, o processo de parboilização proporcionou um aumento do extrato etéreo nas cultivares Primavera (71%), Aroma (33%), Curinga (15%) e principalmente na Soberana (290%), mas provocou uma pequena redução na CNAi 8502 (-11%) e Talento (-18%) (TABELA 13) (GRÁFICO 6).

GRÁFICO 6: Comparativo dos extratos etéreos das amostras branco polidas e parboilizadas

O aumento do teor de lipídeos no arroz parboilizado é explicado pelo rompimento dos glóbulos oleosos, presentes nas camadas externas do grão (tegumento e aleurona), por causa do tratamento térmico, disseminando-os no endosperma, juntamente com substâncias lipossolúveis como vitamina E e pigmentos (PRIETO, 1981).

Ao contrário do que se imaginava, segundo BHATTACHAYA, 1985, não ocorre na realidade uma migração de lipídeos para o centro do endosperma durante a parboilização, devido às suas características hidrofóbicas. Portanto a maior ou menor retenção desses componentes provavelmente depende do grau de polimento.

Este fato indica que a redução do extrato etéreo das cultivares Talento e CNAi 8502 foi provavelmente devido a um brunimento excessivo das amostras parboilizadas.

5.6.4. Fibra alimentar total

Os resultados de fibra alimentar das amostras branco polidas e parboilizadas apresentados na **TABELA 13** foram variáveis, porém, em média, estão de acordo com dados descritos na **TABELA 5**, apesar de superiores aos valores de SOTELO *et al.*, 1990, (0,4 a 1,0 g/100g; base seca) e KANG *et al.*, 2003, (0,37 e 0,87 g/100g; base úmida).

É importante lembrar que alguns valores encontrados na literatura são de fibra bruta (método ácido-base) ou fibra por detergente neutro (JULIANO, 1993; JULIANO & BECHTEL, 1985), o que impossibilita a comparação dos resultados.

A variação entre as cultivares foi elevada, algumas apresentaram valores baixos nas amostras branco polidas, como a Soberana (0,49 g/100g) e Aroma (0,37 g/100g), enquanto a Curinga (1,70 g/100g) e CNAi 8502 (1,64 g/100g) obtiveram os maiores teores.

5.6.4.1. Influência da parboilização sobre o teor de fibra alimentar total

Outra observação interessante é com relação ao efeito da parboilização sobre o teor de fibra alimentar total (**GRÁFICO 7**), que variou desde acréscimos substanciais nas cultivares Soberana (134%) e Aroma (95%), quase sem alteração na cultivares Talento, Primavera e Curinga, se observarmos o desvio padrão da média dos resultados, e redução do teor de fibra alimentar na amostra CNAi 8502 (-31%).

GRÁFICO 7: Comparativo dos conteúdos de fibra alimentar total das amostras branco polidas e parboilizadas

Segundo NUNES *et al.*, 1991, o aumento de fibras no arroz após a parboilização pode ser devido à decomposição da lignina presente na casca que por efeito do calor, formaria estruturas poliméricas menores, os quais migrariam para as camadas externas do endosperma do grão. Portanto, o brunimento seria a influência mais marcante no teor de fibra alimentar do arroz parboilizado.

Este fato indica possível excesso de polimento nas amostras parboilizadas de CNAi 8502.

Além disso, pode ter havido problemas na técnica de determinação de fibra alimentar total no arroz pelo método enzimico-gravimétrico, que demonstrou ser pouco reprodutível (para algumas amostras as análises foram efetuadas diversas vezes), e apresentaram relativamente altos desvios padrões nas repetições.

TABELA 13: Composição centesimal das amostras branco polidas e parboilizadas

Cultivares / linhagem		Composição (g/100g) (base úmida)				
		Umidade	Fração mineral	Extrato etéreo	Proteínas (N x 5,7)	Fibra alimentar total
Primavera	Branco polido	11,93 ± 0,09	0,30 ± 0,00	0,21 ± 0,04	7,13 ± 0,01	1,13 ± 0,15
	Parboilizada	8,09 ± 0,14	0,48 ± 0,01	0,36 ± 0,01	7,20 ± 0,09	1,30 ± 0,03
Curinga	Branco polido	10,69 ± 0,20	0,45 ± 0,02	0,46 ± 0,02	10,28 ± 0,07	1,70 ± 0,21
	Parboilizada	10,00 ± 0,05	0,52 ± 0,02	0,53 ± 0,01	10,20 ± 0,06	1,51 ± 0,19
Soberana	Branco polido	12,20 ± 0,08	0,22 ± 0,03	0,20 ± 0,02	8,94 ± 0,06	0,49 ± 0,14
	Parboilizada	11,65 ± 0,08	0,42 ± 0,03	0,78 ± 0,00	9,35 ± 0,04	1,15 ± 0,19
Aroma	Branco polido	10,68 ± 0,21	0,26 ± 0,01	0,39 ± 0,01	8,87 ± 0,18	0,37 ± 0,16
	Parboilizada	11,97 ± 0,17	0,42 ± 0,01	0,52 ± 0,01	8,62 ± 0,03	0,72 ± 0,10
CNAi 8502	Branco polido	9,61 ± 0,09	0,47 ± 0,02	0,62 ± 0,01	9,38 ± 0,22	1,64 ± 0,09
	Parboilizada	9,63 ± 0,12	0,64 ± 0,01	0,55 ± 0,00	9,12 ± 0,06	1,13 ± 0,17
Talento	Branco polido	11,31 ± 0,17	0,46 ± 0,04	0,50 ± 0,03	7,58 ± 0,07	0,98 ± 0,24
	Parboilizada	8,54 ± 0,12	0,43 ± 0,02	0,41 ± 0,01	8,37 ± 0,06	1,01 ± 0,28

Resultados obtidos em triplicata; a fibra alimentar total em quadruplicata.

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

6. CONCLUSÕES

Pela análises dos resultados do presente trabalho pode concluir que:

- O método escolhido para parboilização, em escala laboratorial, foi eficaz para todas as cultivares. O uso do microondas na etapa de gelatinização do amido demonstrou ser eficiente e rápido, conforme a literatura.
- A maioria das cultivares estudadas apresentaram boa qualidade de cocção e textura, com temperatura de gelatinização intermediária a alta e teor de amilose intermediário a alto, e tipo de grãos longo-finos, atendendo às exigências do mercado consumidor brasileiro e parte do mercado internacional.
- A linhagem CNAi 8502 apresentou indicativos de que pode se tornar pegajosa após cocção e portanto não atende aos requisitos da maioria do mercado consumidor brasileiro. No entanto, obteve comportamento semelhante as outras cultivares, durante o processo de parboilização.
- O método para determinação do teor de amilose através do complexo amilose-iodo e curva padrão de amilose/amilopectina, demonstrou ser simples e aplicável como análise de rotina em programas de melhoramento genético de plantas e, os resultados mais próximos do real valor de amilose do arroz.
- A parboilização aumentou substancialmente o rendimento de grãos inteiros durante o beneficiamento, diminuindo as quebras e eliminando os defeitos de centro branco. Dentre as variedades estudadas, a cultivar Soberana apresentou as melhores características de rendimento de inteiros após a parboilização.

- A parboilização aumentou o conteúdo de resíduo mineral e extrato etéreo na maioria das variedades estudadas, mas influenciou muito pouco nos teores de proteínas e amilose.
- Dentre as variedades de arroz estudadas, as cultivares Soberana, Aroma e Primavera apresentaram os melhores índices de aumento nutricional em relação ao resíduo mineral fixo, extrato etéreo e fibra alimentar total.
- As amostras parboilizadas das cultivar Talento e a CNAi 8502 provavelmente sofreram um excessivo polimento durante o beneficiamento, o que resultou em valores baixos de extrato etéreo, fração mineral e fibra alimentar total.
- Embora a variabilidade genética tenha influenciado no conteúdo de nutrientes do produto parboilizado, o beneficiamento, mais especificamente o brunimento das amostras, demonstrou ser o fator determinante na composição nutricional do arroz parboilizado.
- Os resultados obtidos indicam a necessidade de um conhecimento mais aprofundado do grau de polimento das amostras para um estudo mais detalhado a cerca das diferenças nutricionais entre cultivares de arroz.
- O sistema de cultivo de arroz, várzeas ou terras altas, parece não exercer influência sobre a composição centesimal do arroz, embora, estatisticamente, seja necessário um estudo englobando um número maior de amostras para confirmar esta hipótese.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, v.46, n.3, p.112-129, 2001.
- ABIAP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ARROZ PARBOILIZADO. **Dados estatísticos no Brasil**. Disponível em : www.abiap.com.br/DadosBrasil.php. Acesso em: 19 de maio de 2004.
- ADU-KWARTENG, E. ELLIS, W. O. ODURO, I. MANFUL, J.T. Rice grain quality: a comparison of local varieties with new varieties under study in Ghana. **Food Control**, London, v.14, n.7, p.507-514, 2003.
- ALARY. R. LAIGNELET, B.; FEILLET, P. Effects of amylose content on some characteristics of parboiled rice. **J. Agric. Food Chem.**, Easton, v.25, n.2, p.261-264, 1977.
- 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 perspectiva. **Lav. Arrozeira**, Porto Alegre, v.41, n.382, p.9-11, 1988
- AMATO, G.W. **Arroz parboilizado: método para determinação de grãos não-gelatinizados**. Porto Alegre: Fundação da Ciência e Tecnologia – CIENTEC, 1988, 16p. [Boletim técnico, 5].
- AMATO, G.W.; BITTENCOURT, D.M.; GUINDANI, AC. **Parboilização do arroz: parâmetros de encharcamento**. Porto alegre: Fundação da Ciência e Tecnologia – CIENTEC, 1989, 41p. [Boletim técnico, 17].
- AMATO, G.W.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz parboilizado: uma recomendação da FAO e OMS**. Porto alegre: Fundação da Ciência e Tecnologia – CIENTEC, 1995, 23p. [Boletim técnico, 13].
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC**. 16.ed., Washington, 1995.
- BATES, F.L.; FRENCH, D.; RUNDLE, R.G. Amylose and amilopectina content of starches determined by their complex formation. **J. American Chem. Society**, Easton, v.65, p.142-148, 1943.
- BHATTACHARYA, K.R. Breakage of rice during milling: a review. **Tropical Sci.**, London, v.21, n.1, p.255-277, 1979.
- BHATTACHARYA, K.R. Parboiling of rice. In: JULIANO, B.O. ed. **Rice – Chemistry**

and Technology, St. Paul: American association of cereal chemists, 2.ed., 1985, cap. 8, p.289-340

- BISWAS, S.K.; JULIANO, B.O. Laboratory parboiling procedures and properties of parboiled rice from varieties differing in starch properties. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.65, n.5, p.417-423, 1988.
- BRASIL. Lei n. 9.456, de 25 de abril de 1997. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento institui a Lei de Proteção de Cultivares, e dá outras providências. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrolegis/do/consultaLei?op=viewTextual&codigo=243> . Acesso em: 25 dez. 2003.
- BRASIL. Portaria Nº 269/88 de 17 de novembro de 1988. O Ministério do Estado da Agricultura aprova a Norma de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz.. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrolegis/do/consultaLei?op=viewTextual&codigo=1033> . Acesso em: 25 dez. 2003.
- BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, A.P. de. Cultivares de arroz. In: BRESEGHELLO, F; STONE, L.F. ed. **Tecnologia para o Arroz de Terras Altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998, cap.7, p.41-53.
- CARVALHO, J.L.; AMATO, G.W.; MAZZARI, M.R.; GERMANI, R. Retenção de vitaminas B1 e B2 em arroz parboilizado processado em autoclave e em estufa no Brasil. **Lav. Arrozeira**, Porto Alegre, v.45, n.403, p.12-14, 1992.
- CASTRO, E. da M. de; VIEIRA, N.R. de A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. da. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, 30p. [Circular Técnica, 34].
- CASTRO, E. da M. de. Informes de cultivares [mensagem eletrônica]. Mensagem recebida por skoakuzu@usp.br em 15 dez. 2003.
- CASTRO, E. da M. de; MORAIS, A.P. de. **BRS Aroma: Cultivar de arroz de terras altas de grãos aromáticos**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. [Comunicado Técnico] (no prelo).
- CASTRO, E. da M. de; MORAIS, A.P. de; BRESEGHELLO, F.; GUIMARÃES, E.P.; LOPES, A. de M.; PEREIRA, J. de A.; UTUMI, M.; MOURA NETO, F.P. **BRS Talento: cultivar semiprecoce de arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002, 2p. [Comunicado Técnico, 53].
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Plano de safra 2003/2004**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/> . Acesso em 14 dez. 2003.
- DELWICHE, S.R.; BEAN M.M.; MILLER, R.E.; WEBB, B.D.; WILLIAMS, P.C.

Apparent amylose content of milled rice by near-infrared reflectance spectrophotometry. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.72, p.182-187, 1995.

- EMBRAPA. Departamento Técnico Científico (Brasília, DF). **Programa nacional de pesquisa de arroz**. Brasília: Embrapa, 1981, 69p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Programa nacional de avaliação de linhagens de arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1994, 19p. [Documentos, 41].
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Ensaio comparativo avançado de rendimento. In: **Relatório da Rede Nacional de Avaliação de Arroz de Várzeas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000, p.25-32.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Cultivar de arroz de terras altas – BRS Soberana**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002, n.p. [Folheto de lançamento].
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **A cultivar Metica 1. Características fenológicas e morfoagronômicas**. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br>. Acesso em: 27 dez. 2003.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rice and us: Science. In: **International Year of Rice** (2004a). Disponível em: <http://www.fao.org/rice2004/em/rice8.htm>. Acesso em: 25 dez. 2003.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rice and us: nutrition. In: **International Year of Rice** (2004b). Disponível em: <http://www.fao.org/rice2004/em/rice2.htm>. Acesso em: 25 dez. 2003.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. All about rice. In: **International Year of Rice** (2004c). Disponível em: <http://www.fao.org/rice2004/em/aboutrice.htm>. Acesso em: 25 dez. 2003.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Rice Market Monitor**, v.1, n.5, 2003. Disponível em: http://www.fao.org/es/esc/a/20953/21026/21631/highlight_23001en_p.html. Acesso em 15 dez. 2003.
- FAOSTAT. Agriculture Data. In: **Agricultural production** Disponível: <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>. Acesso em: 23 dez. 2003.
- FREIRE, M.S.; MORALES, E.A.V.; BATISTA, M. de F. Diversidade genética. In: VIEIRA, N.R. de A.; SANTOS, A.B. dos; SANT'ANA, E.P. ed. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, cap.20, p.560-578.

- FUJINO, Y. Rice lipids. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.55; n.5, p.559-571, 1978.
- GUIMARÃES, E.P.; SANT'ANA, E.P. Sistemas de cultivo. In: VIEIRA, N.R. de A.; SANTOS, A.B. dos; SANT'ANA, E.P. ed. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, cap.1, p.18-32.
- GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C. Estudo comparativo das operações unitárias de parboilização de arroz, realizadas em escalas industrial e laboratorial. **Lav. Arroeira**, Porto Alegre, v.45, n.404, p.3-8, 1992.
- IBGE. Confronto da safra de 2002 e das estimativas para 2003 – Brasil – Outubro de 2003. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa10200305.shtm> Acesso em 19 dez. 2003.
- IMOUDU, P.B.; OLUFAYO, A.A. The effect of sun-drying on milling yield and quality of rice. **Bioresour. Technol.**, Essex, v.74, n.3, p.267-269, 2000.
- IRRI. International Rice Institute. Disponível em: <http://www.irri.org/science/ricestat> Acesso em: 19 dez. 2003.
- IRRI. International rice Institute. **Rough rice production (000 t), by country and geographical region, 1961-2002**. Disponível em: <http://www.irri.org/science/riceestat/pdfs/table/2001.pdf> . Acesso em 23 dez. 2003.
- JANE, J; CHEN, Y.Y.; LEE, L.F. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.76, p.629-637, 1999.
- JULIANO, B.O. & BECHTEL, D.B. The rice grain and its gross composition. In: JULIANO, B.O. ed. **Rice – Chemistry and Technology**, St. Paul: American association of cereal chemists, 2.ed., 1985, cap.2, p.17-50.
- JULIANO, B.O. A simplified assay for milled-rice amylose. **Cereal Sci. Today**, Minneapolis, v.16, n.10, p.334-360, 1971.
- JULIANO, B.O. **Rice in human nutrition**. Roma: FAO, 1993. Disponível em: <http://www.fao.org/inpho/vlibrary/t0567e/T0567E07.htm> . Acesso em : 17 dez 2003.
- JULIANO, B.O. Production and utilization of rice. In: _____ ed. **Rice – Chemistry and Technology**, St. Paul: American association of cereal chemists, 2.ed., 1985a, cap.1, p.1-14.

- JULIANO, B.O. Polysaccharides, proteins and lipids of rice. In: _____ ed. **Rice – Chemistry and Technology**, St. Paul: American association of cereal chemists, 2.ed., 1985b, cap.3, p.59-160.
- JULIANO, B.O. Criteria and tests for rice grain qualities. In: _____ ed. **Rice – Chemistry and Technology**, St. Paul: American association of cereal chemists, 2.ed., 1985c, cap.12, p.443-513.
- JULIANO, B.O.; PEREZ, C.M.; BLANKENEY, 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. **Stärke/Stärke, Weinheim**, v.33, n.5, p.157-162, 1981.
- JULIANO, B.O. A simplified assay for milled-rice amylose. **Cereal Sci. Today**, St. Paul, v.16, n.10, p.334-340, 360, 1971.
- KANG, H.J.; HWANG, I.K.; KIM, K.S.; CHOI, H.C. Comparative structure and physicochemical properties of lipumbyeo, a high-quality japonica rice, and its mutant, Suweon 464. **J. Agr. Food Chem.**, Easton, v.51, n.2, p.6598-6603, 2003.
- KENNEDY, G. & BURLINGAME, B. Analysis of food composition data of rice from a plant genetic resource perspective. **Food Chem.**, Barking, v.80, p.589-596, 2003.
- KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. & NGUYEN, N. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter** 2002. Disponível em: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y6159T/y6159t04.htm>. Acesso em 26 maio 2003.
- KUNZE, O.R.; WRATTEN, F.T. Physical and mechanical properties of rice. In: JULIANO, B.O. ed. **Rice – Chemistry and Technology**, St. Paul: American association of cereal chemists, 2.ed., 1985, cap.5, p.207-229.
- LAM-SÁNCHEZ, A.; SANTOS, J. E. dos; TAKAMURA, K.; TREPTOW, R. M. de O.; OLIVEIRA, J. E. D. de. Estudos nutricionais com arroz (*Oryza sativa*, L.). **Alim. Nutr.**, São Paulo, v.5, s.n., p.37-38, 1993/94.
- LARSON, B.L.; GILLES, K.A.; JENNESS, R. Amperometric method for determining the sorption of iodine by starch. **Analytical Chem.**, Washington, v.25, n.5, p.802-804, 1953.
- LÁSZTITY, R. Rice Proteins. In: _____ ed. **The Chemistry of Cereal Proteins**. Flórida: CRC Press, 2.ed., 1996, cap.8, p.249-273.
- MANGALA, S.L.; UDAYASANKAR, K.; THARANATHAN, R.N. Resistant starch from processed cereal: the influence of amylopectin and non-carbohydrate constituents in this formation. **Food Chem.**, Barking, v.64, n. , p.391-396, 1999.

- MARTINEZ, C.; CUEVAS, F. Evaluación de la calidad culinária y molinera del arroz. **Guia de Estúdio**. Série O4SR-07.01. Cali: CIAT, 3.ed., 1989, 73p.
- MIAH, M.A.K.; HANQUE, A.; DOUGLASS, M.P.; CLARKE, B. Parboiling of rice. Part 1: effect of soaking time on quality of milled rice. **Int. J. Food Sci. and Techn.**, Oxford, v.37, n.5, p.527-537, 2002
- MORAES, J.F.V. Solos. In: VIEIRA, N.R. de A.; SANTOS, A.B. dos; SANT'ANA, E.P. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, cap.4, p.89-112.
- MORCELI, P. Perspectiva para a safra 2003/04 de arroz. **Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/downloads/cas/especiais/Perspectivas>. Acesso em: 19 dez. 2003
- MORRISON, W. R. Lipids in cereal starches: a review. **J. Cereal Sci.**, London, v.8, p.1-15, 1988.
- NGUYEN, V.N. Productive and environmentally friendly rice integrated crop management systems. **International Rice Commission newsletter 2002**. Disponível em: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y6159T/y6159t03.htm>. Acesso em 17 dez. 2003.
- NUNES, G.S.; GOMES, J.C.; CRUZ, R.; JORDÃO, C.P. Enriquecimento mineral do arroz por tratamentos hidrotérmicos. **Arq. Biol. Tecnol.**, Curitiba, v.34, n.3/4, p.571-582, 1991.
- NUNES, G.S.; SOARES, N. de F.F.; SOARES, P.C. Qualidade tecnológica de variedades de arroz irrigado e de sequeiro. **Bol. SBCTA**, Campinas, v.35, n.1/2, p.20-25, 2001.
- ONG, M.H.; BLANSHARD, M.V. Texture determinants of cooked, parboiled rice II: physicochemical properties and leaching behavior of rice. **J. Cereal Sci.**, London, v.21, n.3, p.261-269, 1995.
- PEREIRA, J.A.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O.P. de. **Primavera e Canastra: cultivares de arroz de sequeiro agulhinha para a região meio-norte**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998, 3p. [Comunicado Técnico, 82].
- PINHEIRO, B. da S. Características morfo-fisiológicas da planta relacionadas à produtividade. In: VIEIRA, N.R. de A.; SANTOS, A.B. dos; SANT'ANA, E.P. ed. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, cap.5, p.117-141.
- PRABHU, A. S.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, G.B. **Manejo da Brusone no arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002, 7p. [Circular Técnica, 52].

- PRIESTLEY, R.J. Studies on parboiled rice: Part 1 – comparison of the characteristics of raw and parboiled rice. **Food Chem.**, Barking, v.1, n.1, p.5-14, 1976.
- PRIETO, R. P. **Contribuição ao estudo do comportamento de 6 variedades de arroz (*Oriza sativa* L.) no processo de parboilização**. São Paulo, 153p. (Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica – USP), 1981.
- RAMESH, M.; ALI, S.Z.; BHATTACHARYA, K.R. Influence of parboiling on rice starch structure and cooked-rice texture. **J. Texture Stud.**, Westport, v.30, p.337-344, 1999a.
- RAMESH, M.; ZAKI UDDIN, A.; BHATTACHARYA, K.R. Structure of rice starch and its relation to cooked-rice texture. **Carbohydr. Polym.**, Barking, v.38, n.4, p.337-347, 1999b.
- RAMESH, M.; BHATTACHARYA, K.R.; MITCHELL, J.R. Developments in understanding the basis of cooked-rice texture. **Critical Rev. Food Sci. and Nutr.**, St. Paul, v.40, n. 6, p. 449-460, 2000
- RAGHAVENDRA, S. N.; JULIANO, B. O. Effect of parboiling on some physicochemical properties of rice. **J. Agr. Food Chem.**, Easton, v.18, n.2, p.289-294, 1970.
- ROBERTS, R.L. Effect of microwave treatment of pre-soaked paddy, brow and White rice. **J. Food Sci.**, Chicago, v.42, n.3, p.802-806, 1977.
- RUITEN, H.T.L. van. Rice milling: an overview. In: JULIANO, B.O. ed. **Rice – Chemistry and Technology**, St. Paul: American association of cereal chemists, 2.ed., 1985, cap.9, p.349-379.
- SAN MARTIN MARTINEZ, E. **Efeito de algumas variáveis operacionais nas características de qualidade do arroz parboilizado convencional e por microondas**. Campinas, 151p. (Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola - UNICAMP), 1984.
- SIEVERT, D. & HOLM, L. Determination of amylose by differential scanning calorimetry. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 45, p. 136-139, 1993.
- SOTELO, A.; SOUSA, V.; MONTALVO, I.; HERNÁNDEZ, M.; HERNÁNDEZ-ARAGÓN, L. Chemical composition of different fractions of 12 mexican varieties of rice obtained during milling. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.67, n.2, 1990.
- USBERTI FILHO, J.A.; AZZINI, L.E.; SOAVE, J.; VITTI, P.; LEITÃO, R.F.F.; PIZZINATO, A.; VILLELA, O.V.; GALL, P.B. Características agrônômicas e de qualidade de produto de cultivares de arroz de sequeiro e irrigado. **Pesq. Agrop. Bras.**, v.21, n.12, p.1283-1296, 1986.

- **USDA. National Nutrient Database for Standard Reference.** Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search>. Acesso em: 11 maio 2004a.
- **USDA. Plants database. National Resource Conservation Service.** Disponível em: <http://plants.usda.gov>. Acesso em: 19 maio 2004b.
- **VANDEPUTTE, G.E.; VERMEYLEN, R.; GEEROMS, J.; DELCOUR, J. A.** Rice starches. I. Structural aspects provide insight into crystallinity characteristics and gelatinisation behaviour of granular starch. **J. Cereal Sci.**, London, v.38, n.1, p.43-52, 2003.
- **VIEIRA, N.R. de A. & CARVALHO, J.L.V. de.** Qualidade tecnológica. In: VIEIRA, N.R. de A.; SANTOS, A.B. dos; SANT'ANA, E.P. ed. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, cap.21, p.583-598.
- **VILLAREAL, C.P.; DELACRUZ, N.M.; JULIANO, B.O.** Rice amilose analysis by near-infrared transmittance spectroscopy. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.71, p.292-296, 1994
- **WILLIAMS, V.R.; WU, W.T.; TSAI, H.Y.; BATES, H.G.** Varietal differences in amylose content of rice starch. **J. Agric. Food Chem.**, Easton, v.6, n.1, p.47-48, 1958.
- **YOKOYAMA, L.P.; RUCATTI, E.G. & KLUTHCOUSKI, J.** Economia da produção: conjunturas, mercados e custos. In: VIEIRA, N.R. de A.; SANTOS, A.B. dos; SANT'ANA, E.P. ed. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, cap.2, p.37-56.
- **ZHAI, C.K.; LU, C. M.; ZHANG, X.Q.; SUN, G.J.; LORENZ, K.J.** Comparative study on nutritional value of chinese and north American wild rice. **J. Food Comp. Anal.**, San Diego, v.14, p.371-382, 2001.
- **ZHOU, Z.; ROBARDAS, K.; HELLIWELL, S. ; BLANCHARD, C.** Composition and functional properties of rice - Review. **Int. J. Food Sci. Techn.**, Oxford, v.37, n.8, p.849-868, 2002.

8. RESUMO

Foram analisadas 7 variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) sendo 6 indicadas para sistema de cultivo de terras altas e uma para o sistema de várzeas, com relação as suas características nutricionais e tecnológicas, antes e após a parboilização. O processo de parboilização foi em escala laboratorial, realizado em 3 etapas: encharcamento a 58°C por 15 horas, tratamento térmico utilizando microondas por 8 minutos e radiação em potência de 0,95 kW, e secagem a temperatura ambiente (~33°C). Os parâmetros de qualidade tecnológica analisados foram: classificação visual, incidência de centro branco, temperatura de gelatinização, teor de amilose e rendimento no beneficiamento. Com relação à composição nutricional foram determinados o conteúdo de proteínas, a umidade, o extrato etéreo, o resíduo mineral fixo e a fibra alimentar total. As variedades foram classificadas como longo-fino, preferidas pelo consumidor brasileiro mas apresentaram grande percentagem de centro branco. No entanto, a maioria das variedades obtiveram temperatura de gelatinização intermediária à alta e teor de amilose intermediário a alto, indicando boas características de cocção e textura. A parboilização proporcionou um aumento de rendimentos de inteiros no beneficiamento, no resíduo mineral e no extrato etéreo da maioria das variedades, mas influenciou muito pouco no conteúdo de proteínas e no teor de amilose. As cultivares Soberana, Aroma e Primavera obtiveram os melhores índices de aumento do resíduo mineral fixo, extrato etéreo e fibra alimentar total após a parboilização. O sistema de cultivo demonstrou não exercer efeito sobre as características nutricionais das variedades estudadas. Há necessidade de padronizar o grau de polimento para um estudo detalhado da composição de nutrientes tanto para o arroz branco quanto para o parboilizado.

9. SUMMARY

Seven rice varieties (*Oryza sativa* L.) had been analyzed; six varieties appropriate for upland system and one for irrigation system, with relation its nutritional and technological characteristics, before and after the parboiling. The parboiling process was in laboratorial scale, carried through in 3 stages: soaking at 58°C for 15 hours, thermal treatment on microwave per 8 minutes and radiation in Pot. 0,95 kW, and drying the ambient temperature (~33°C). The analyzed parameters of technological quality had been: visual classification, incidence of white center, gelatinization temperature, amylose contend and milling recovery. With relation to the nutritional composition they had been determined the protein content, the moisture, the ether extract, the mineral residue and the total dietary fiber. The varieties had been classified as long fine, preferred for the Brazilian consumer but they had high percentage of white center. However, the majority of the varieties had gotten intermediate to high gelatinization temperature and intermediate to high amylose contend, indicating good characteristics of cooked and texture. The parboilization provided an increase of head rice yield, the mineral residue and the ether extract of the majority of the varieties, but it influenced very little in the protein content and the texture of amylose. The Soberana, Aroma and Primavera had good indices of increase of the mineral residue, ether extract and total dietary fiber after the parboilization. The culture system demonstrated no effect on the nutritional characteristics of the studied varieties. It has necessity to standardize the degree of polishing for a detailed study of the nutrients composition of white and parboiled rice.