UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por Armando Kazuo Fujii e aprovada pela Comissão Julgadora em 04/02/88

Campinas, 04 de fevereiro de 1988

Presidente da B

INFLUÊNCIA DA PARBOILIZAÇÃO DE ARROZ NO RENDIMENTO DE GRÃOS INTEIROS

Armando Kazuo Fujii

Engenheiro de Alimentos

Orientador: Prof.Dr.

José Luiz Vasconcellos da Rocha

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas para obtenção de título de mestre em Engenharia Agrícola.

1988 Campinas SP

UNICAMP

Dedicação ao Senhor

Eu te louvarei, Senhor, de todo o meu coração; contarei todas as tuas maravilhas. Sl.9:1

E ele ensinava-me, e dizia-me:

Retenha as minhas palavras o teu coração: guarda os meus mandamentos e vive.

Adquire a sabedoria, adquire a inteligência, e não te esqueças nem te apartes das palavras da minha boca.

Prov. 4:1,2

Dedico esta tese a meus pais e à minha esposa que sempre apoiaram e colaboraram para o pleno êxito deste empreendimento.

A G R A D E C I M E N T O S

À Deus, pela graça de me conceder saber e perseverança.

Ao Professor Dr. José Luiz Vasconcellos da Rocha pela orientação paciente, pela amizade e pela dedicação ao nosso trabalho.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos e à Faculdade de Engenharia Agrícola que colocaram à nossa disposição, seu corpo docente e de funcionários além das suas instalações para tornar concreta a aspiração de realizar esta pesquisa.

Ao Instituto Agronômico de Campinas, pela matéria-prima cedida para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos pela realização de análises químicas.

À FAPESP, pela concessão de Bolsa de Mestrado.

Ao Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação, pelo auxílio prestado, através da Profa. Maria Inês Amorim.

Ao alunos André, Eduardo, Eliane e Rosa que nos auxiliaram no levantamento de dados.

Aos amigos Dagoberto e Francisco que sempre estiveram presentes, colaborando através de apoio técnico e amizade.

Aos amigos do Departamento de Pré-Processamento de Produtos Agropecuários que nos incentivaram na conclusão desta obra.

Ao Departamento de Planejamento e Produção Agropecuária, pela utilização do Laboratório de Informática.

Aos amigos Rogério e Kellen que nos auxiliaram na etapa de redação final.

Aos amigos José Tadeu Jorge e João Domingos Biagi que nos auxiliaram na discussão do trabalho.

À Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação pelas cópias desta tese.

A minha esposa Creuza que não mediu esforços para acompanhar durante todo o momento o sucesso deste empreendimento.

Ao Gilson Liberato Macedo e Robson Ursini pela valiosa contribuição neste trabalho.

Í N D I C E

Dedicação ii

Agradecimentos iv

índice vii

índice de Tabelas xiii

índice de Figuras xvii

Resumo xix

Summary xxi

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5

2.1. ASPECTOS DA CULTURA DE ARROZ 5

2.1.1. Origem e Produção 5

2.1.2. Estrutura e Composição do Grão de Arroz 7

2.1.2.1. Estrutura do grão
2.1.2.2. Composição do grão de arroz

2.1.3. Cultura 11

2.1.4. Cultivares 13

2.1.5. Colheita 15

2.2. CLASSIFICAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO 17

2.2.1. Arroz em Casca Natural
2.2.2. Arroz Pardo ou Integral
2.2.3. Arroz Polido ou Brunido
2.2.4. Germe
2.2.5. Pericarpo, Tegumento e Aleurona
2.2.6. Grãos Quebrados
2.2.7. Renda de Benefício
2.2.8. Rendimento de Grãos Inteiros
2.2.9. Grau de Polimento
2.2.10. Classe Longo
2.2.11. Aspectos Gerais

2.3. PRÉ-PROCESSAMENTO 20

2.3.1. Limpeza
2.3.2. Secagem
2.3.3. Armazenagem
2.3.4. Beneficiamento

2.4. PROCESSAMENTO 32

2.4.1. Parboilização 32

2.4.1.1. Maceração
2.4.1.2. Autoclavagem
2.4.1.3. Secagem de arroz parboilizado
2.4.1.4. Beneficiamento de arroz parboilizado

2.4.2. Outras Alternativas 47

2.4.2.1. "Converted rice"
2.4.2.2. "Roasted rice"
2.4.2.3. "Pressure parboiled rice"
2.4.2.4. Processos Cristallo e Avorio
2.4.2.5. Arroz macerado
2.4.2.6. Processo de industrialização de arroz no Brasil

2.5. COZIMENTO 49

2.5.1. Tempo de Cozimento
2.5.2. Absorção d'Água
2.5.3. Viscosidade

2.6. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO ARROZ PARBOILIZADO 53

2.6.1. Amido
2.6.2. Proteína
2.6.3. Gorduras
2.6.4. Vitaminas
2.6.5. Minerais

2.7. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO ARROZ PARBOILIZADO 55

2.7.1. Dimensões
2.7.2. Translucidez
2.7.3. Dureza
2.7.4. Cor
2.7.5. Umidade de Equilíbrio
2.7.6. Peso Específico e Coeficiente de Atrito

3. MATERIAL E MÉTODOS 59

3.1.MATERIAL 59

3.1.1. Matéria-Prima 59

3.1.2. Equipamentos 59

3.1.2.1. Engenho de provas Kepler-Weber
3.1.2.2. Testador de arroz SUZUKI
3.1.2.3. Secador horizontal
3.1.2.4. Sistema de maceração
3.1.2.5. Outros equipamentos

3.1.3. Reagentes 62

3.1.4. Outros 62

3.2. MÉTODOS 63

3.2.1. Caracterização de Arroz em Casca e Arroz Brunido 63

3.2.1.1. Determinação de renda e rendimento de arroz em casca e brunido
3.2.1.2. Características físicas
a. umidade
b. umidade de equilíbrio
c. dimensões
3.2.1.3. Características químicas
a. proteína
b. cinzas
c. gorduras
d. vitamina B_1
e. vitamina B_2
f. nicotinamida
g. ferro
h. cálcio
i. fósforo

3.2.2. Processamento de Arroz Parboilizado 69

3.2.2.1. Ensaios preliminares
a. maceração
b. autoclavagem
c. secagem
d. beneficiamento
3.2.2.2. Ensaios definitivos
a. maceração
b. autoclavagem
c. secagem
d. beneficiamento
3.2.2.3. Comportamento do arroz em casca durante o processo
a. curva de maceração
b. curva de secagem

3.2.3. Caracterização de Arroz Parboilizado 77

3.2.3.1. Determinação de renda e rendimento de arroz em casca parboilizado
3.2.3.2. Determinações físicas
3.2.3.3. Determinações químicas

3.2.4. Análise Sensorial 80

3.2.4.1. Cozimento
3.2.4.2. Degustação

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 83

4.1. CARACTERIZAÇÃO DE ARROZ EM CASCA E BRUNIDO 83

4.1.1. Determinação de Renda e Rendimento de Arroz em Casca 83

4.1.2. Características Físicas 84

4.1.2.1. Umidade
4.1.2.2. Umidade de equilíbrio
4.1.2.3. Dimensões

4.1.3. Características Químicas 91

4.2. COMPORTAMENTO DO ARROZ EM CASCA DURANTE O PROCESSO 93

4.2.1. Discussão sobre as Etapas da Parboilização 93

4.2.1.1. Maceração
4.2.1.2. Autoclavagem
4.2.1.3. Secagem
4.2.1.4. Beneficiamento

4.2.2. Curva de Maceração 97

4.2.3. Curva de Secagem 98

4.3. CARACTERIZAÇÃO DE ARROZ PARBOILIZADO 98

4.3.1. Renda e Rendimento de Arroz Parboilizado 98

4.3.1.1. Análise de Variância

4.3.2. Características Físicas 110

4.3.2.1. Umidade
4.3.2.2. Umidade de equilíbrio
4.3.2.3. Dimensões

4.3.3. Características Químicas 117

4.3.4. Análise Sensorial 119

4.3.4.1. Cozimento
4.3.4.2. Degustação
a. odor
b. sabor
c. textura
d. preferência

5. CONCLUSÕES 125

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 128

7. APÊNDICE 146

ÍNDICE DE TABELAS

Nº da Tabela	Assunto	
01	Produção mundial de arroz em casca no ano de 1.985	6
02	Produção dos principais estados brasileiros de arroz em casca no ano de 1.985	7
03	Composição de arroz integral e brunido	10
04	Composição de arroz brunido comum e parboilizado	34
05	Volume de ácido sulfúrico necessário para obter 1 litro de solução com ambiente de umidade relativa de 10-90% a 25°C	66
06	Identificação dos tratamentos de parboilização	78
07	Renda e rendimento de arroz em casca	83

08	Umidade de arroz em casca e brunido	84
09	Média dos dados experimentais e valores estimados de umidade de equilíbrio de arroz em casca e brunido, IAC-25, em função da umidade relativa	85
10	Média dos dados experimentais e valores estimados de umidade de equilíbrio de arroz em casca e brunido, IAC-47, em função da umidade relativa	86
11	Estimação de parâmetros de umidade de equilíbrio de arroz em casca e brunido	87
12	Dimensões de arroz comum	91
13	Composição de arroz brunido comum, em base seca	92
14	Umidade média de arroz em casca após a etapa de maceração de 3 e 5 horas	93
15	Variação de umidade de maceração com tempo, IAC-25	99

16	Variação de umidade de maceração com tempo, IAC-47	99
17	Variação de umidade com tempo durante a secagem, IAC-25	99
18	Variação de umidade com tempo dirante a secagem, IAC-47	99
19	Renda e rendimento de arroz parboilizado IAC-25	103
20	Renda e rendimento de arroz parbolizado IAC-47	104
21	Análise de variância dos fatores de maceração e autoclavagem no rendimento de grãos inteiros, IAC-25	106
22	Análise de variância dos fatores de maceração e autoclavagem no rendimento de grãos inteiros, IAC-47	107
23	Umidade de arroz parboilizado em casca e brunido	110

24	Média dos dados experimentais e valores estimados de umidade de equilíbrio de arroz parboilizado em casca e brunido em função da umidade relativa, IAC-25	112
25	Média dos dados experimentais e valores estimados de umidade de equilíbrio de arroz parboilizado em casca e brunido em função da umidade relativa, IAC-47	113
26	Estimação de parâmteros de umidade de equilíbrio de arroz parboilizado	114
27	Dimensões de arroz parboilizado	122
28	Composição de arroz parboilizado brunido, em base seca	117
29	Dados experimentais de cozimento de arroz parboilizado brunido	122
30	Média dos dados experimentais de degustação	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº da Figura	Assunto	
01	Estrutura do grão de arroz	08
02	Sistema de maceração	61
03	Curva de umidade de equilíbrio de arroz comum em função da umidade relativa, IAC-25	88
04	Curva de umidade de equilíbrio de arroz comum em função da umidade relativa, IAC-47	89
05	Curva de maceração, IAC-25	100
06	Curva de maceração, IAC-47	101
07	Curva de secagem	102
08	Curva de umidade de equilíbrio de arroz parboilizado em função da umidade relativa, IAC-25	115

09 Curva de umidade de equilíbrio de arroz parboilizado em função da umidade relativa, IAC-47 116

RESUMO

O arroz é um dos cereais de maior produção, e faz parte da dieta básica de 2/3 da população mundial, sendo o Brasil um dos maiores produtores do Ocidente.

Na década de 1.940, foi desenvolvida tecnologia, chamada parboilização de arroz, para aumentar o rendimento de grãos inteiros após o beneficiamento.

O objetivo deste trabalho foi estudar o processo de parboilização de arroz dos cultivares IAC-25 e IAC-47, afim de avaliar o rendimento de grãos inteiros, o valor nutricional e as características químicas e sensoriais do arroz beneficiado.

O processo utilizado nesta pesquisa foi maceração a 60 e 70°C durante 3 e 5 horas, a seguir, autoclavagem à pressão manométrica de 0,5 e 1,0 Kg^{*}/cm^{2} durante 5 e 10 min. Após a autoclavagem o arroz sofreu secagem à temperatura de 40°C.

O tratamento que apresentou maior rendimento de grãos inteiros foi o arroz parboilizado resultante do processo de maceração a 70°C durante 5 horas seguido de autoclavagem à pressão manométrica de 0,5 Kg^{*}/cm^{2} por 10 min.

Quanto às características químicas, o arroz parboilizado apresentou maior valor nutricional que o arroz brunido comum, principalmente em relação a gorduras, vitaminas e minerais.

Foi verificado que não houve diferença significativa entre o produto obtido nesta pesquisa e o arroz parboilizado comercial com relação a odor, sabor, textura e preferência.

O cultivar IAC-25 apresentou melhores resultados de rendimento de grãos inteiros e expansão de volume após o cozimento que IAC-47.

SUMMARY

The rice one of the most produced cereal throughout the world, being part of the food staple for two thirds of the world population. Brasil is one of the largest producers in the western side.

In the 1.940's it was developed a technological process called parboiling which increased head rice yield after milling.

The objective of this research work was to study the parboiling process for two cultivars, IAC-25 and IAC-47, in order to evaluate the yield of head rice, the nutritional value and the chemical and sensorial characteristics of the milled rice.

The process conditions used in this research was soaking at 60 and 70°C during 3 and 5 hours, followed by steaming under head pressure of 0,5 and 1,0 Kg^{*}/cm^{2} for 5 and 10 minuts. After the steaming process the rice was dried with air temperature of 40°C.

The best head rice yield for parboiling rice was obtained under 70°C soaking process during 5 hours followed by steaming under head pressure of 0,5 Kg^{*}/cm^{2} during 10 minuts.

The parboiling rice showed better nutritional value on fat, vitamin and mineral contents than the white rice.

It was shown no significative difference in relation to flavor, taste, texture and preference between parboiled rice under the research conditions and the commercial one.

The IAC-25 gave better results of head rice yield and volume expansion after cooking than the IAC-47.

1 - INTRODUÇÃO

O arroz é um dos principais cereais consumidos em todo mundo, constituindo-se em alimento básico para 2/3 da população.

No Brasil, o arroz também faz parte da dieta básica da população, juntamente com o feijão, sendo um dos maiores paises produtores do Ocidente. O arroz tem merecido a atenção dos pesquisadores, para a obtenção de produto de ótima qualidade para o consumo.

Após a colheita, as principais etapas do pré-processamento de arroz são: limpeza, secagem, armazenagem e beneficiamento. O pré-processamento deve ser realizado para preservação das características físicas, químicas e nutricionais até o consumo.

A colheita de arroz em casca ocorre nos meses de março e abril. A época de colheita é de extrema importância, se for efetuada precocemente, os grãos verdes e imaturos causarão prejuízos na classificação comercial. Por outro lado se for processada tardiamente, haverá perdas no campo e as intempéries podem contribuir para resultar em grãos quebrados.

Se a umidade durante a colheita for acima de 13%, deve-se submeter à secagem. Esta operação deve ser bem controlada de modo que se evite o gradiente de temperatura e de umidade entre a superfície e o centro dos grãos, o que acarreta em fissuras e possíveis quebras.

Para que o arroz seja distribuído ao mercado consumidor, há necessidade de beneficiamento, isto é, deverá ser descascado e brunido, obtendo-se o arroz polido ou brunido, como é normalmente comercializado.

A regulagem dos equipamentos de beneficiamento também contribuirá na qualidade do produto final, pois os choques mecânicos de pressão e abrasão nesta operação devem ser suficientes para fornecer produto de aceitável grau de beneficiamento, com o mínimo de rompimento do endosperma.

Após o beneficiamento, realiza-se a classificação comercial. A classe é determinada pelas dimensões e o tipo, de acordo com os defeitos, sendo o principal, o conteúdo de grãos quebrados. Quanto maior a porcentagem de grãos quebrados, pior será o tipo, consequentemente, menor o valor comercial. Portanto cuidados devem ser observados durante o pré-processamento de arroz para minimizar as perdas.

Diversos estudos têm sido desenvolvidos para detectar as causas da quebra dos grãos e os pesquisadores têm criado e

aperfeiçoado processos para otimizar a porcentagem de grãos inteiros.

Um desses processos é a parboilização de arroz, originário da India. Consiste em conservar o arroz em casca imerso em água, preferencialmente aquecida, durante algumas horas, até atingir a umidade suficiente para gelatinizar o amido na etapa seguinte de autoclavagem. Assim, as possíveis fissuras se soldam apresentando após o beneficiamento, maior rendimento de grãos inteiros.

Deve-se ressaltar ainda que o valor nutritivo deste produto é maior do que o do arroz polido, pois as vitaminas e minerais, concentradas na superfície migram para as camadas internas.

O arroz parbolizado é plenamente aceito nos grandes centros populacionais, pelas suas qualidades nutricionais e pela consistência preferida pelos brasileiros, isto é, arroz solto quando cozido.

O estudo dos parâmetros da parboilização de arroz tem por objetivo, contribuir com a economia de divisas minimizando a porcentagem de grãos quebrados e fornecendo à população alimento mais nutritivo.

Os principais objetivos deste trabalho são:

- estudar os parâmetros de tecnologia que envolvem o processo de parboilização, principalmente tempo e temperatura de maceração e tempo e pressão de autoclavagem.

- avaliação do índice de grãos inteiros após os tratamentos.

- determinação de vitaminas e minerais após os tratamentos.

- utilização de análise sensorial para avaliação dos parâmetros de qualidade de consumo de arroz parboilizado.

- avaliação estatística para estimar a influência de cada etapa do processo sobre a porcentagem de grãos inteiros após o beneficiamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ASPECTOS DA CULTURA DE ARROZ

2.1.1. Origem e Produção

O arroz é grão monocotiledôneo, pertencente à família das Gramíneas, tribo Oryzeae, gênero Oryza (76). Dentre as 19 espécies citadas por CHANG (76), apenas duas são cultivadas, sendo a principal, Oryza Sativa L., encontrada tanto na região tropical quanto temperada. A provável origem do arroz é a índia (76) encontrando-se citações ao redor de 2000 AC, onde, segundo a lenda hindu, o arroz é a grande dádiva do deus Guatama. Outras lendas indicam Japão e China como origem do arroz, em épocas anteriores a 3000 AC.

Na Europa, o arroz começou a ser cultivado na Espanha, no 3º século AC, ganhando maior destaque na Idade Média, através das conquistas territoriais empreendidas pelas Cruzadas (08).

Atualmente, o arroz contribui na alimentação de 2/3 da população da Terra, sua cultura ocupa a área de 144.674.000 ha, cerca de 10% de toda a área cultivada (45).

No ano de 1985, segundo dados da FAO (45), a produção mundial foi de 465.970.000 ton., sendo que a Ásia detém 90%

da produção, como mostra a Tabela 01. O Brasil participou com 9.019.156 ton., correspondendo a 2% da produção mundial e 80% do arroz colhido na América do Sul. é o principal produtor ocidental e 9º do mundo.

No país, o estado de São Paulo, em 1985, situou-se em 6º lugar na produção com 508.111 ton, conforme IBGE, mostrado na Tabela 02 (59).

Tabela 01 Produção mundial de arroz em casca no ano de 1985.

	Produção (1000 t)	Área (1000 ha)	Produtividade (Kg/ha)
Mundo	465.970	144.674	3.221
África	9.483	5.467	1.735
América (NC)	9.027	1.914	4.717
América do Sul	14.348	6.122	2.344
Ásia	427.537	129.977	3.289
Europa	2.082	388	5.366

fonte - FAO (45)

Tabela 02 Produção dos principais estados brasileiros de arroz em casca no ano de 1985.

	Produção (1000 t)	Área (1000 ha)	Produtividade (Kg/ha)
Brasil	9.019	4.752	1.898
Rio Grande do Sul	3.207	700	4.448
Goiás	1.115	859	1.297
Minas Gerais	851	540	1.577
Maranhão	623	642	970
Mato Grosso	522	407	1.283
São Paulo	508	306	1.662

fonte - IBGE (59)

2.1.2. Estrutura e composição do grão de arroz

Para se processar arroz em casca, beneficiando para consumo "in natura", ou aplicando tecnologia como a parboilização, é indispensável o conhecimento da estrutura do grão de arroz assim como da distribuição de componentes nutricionais para se evitar perdas.

2.1.2.1. Estrutura do grão

A estrutura do grão de arroz está ilustrada na Fig. 01

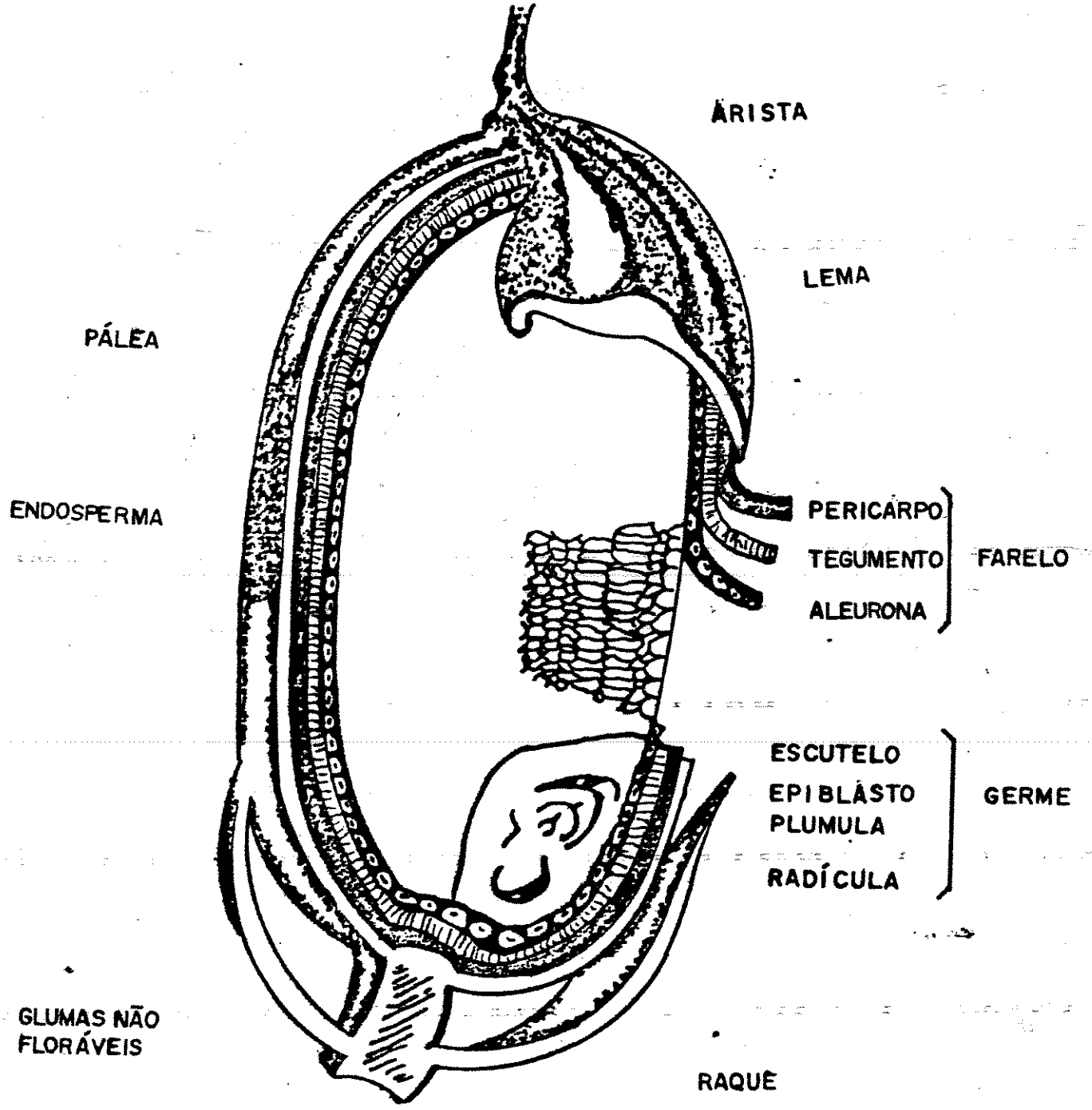

Figura 01. Estrutura do grão de arroz.

A porcentagem de casca varia de 18-20%, sendo representada por duas glumas, lema e pálea, compostas de material celulósico (61).

Retirando-se a casca, tem-se o arroz pardo ou integral (27). O arroz pardo, em base seca, é constituído por pericarpo, com 1-2%; tegumento e aleurona, 4-6%; germe com 2-3% e endosperma com 89-93% (61).

O pericarpo é a camada externa da cariópse, fornece proteção ao tegumento e caracteriza a cor parda do arroz integral. Logo abaixo, tem-se o tegumento, camada fina e delicada, onde estão presentes os compostos gordurosos. Abaixo do tegumento, envolvendo o endosperma e o germe, tem-se a aleurona constituíndo-se de até 7 camadas celulares. O embrião ou germen está localizado na extremidade basal do grão. é a porção do grão que dá origem à nova planta, se colocada em condições de germinação (61).

Finalmente, a parte mais interna da cariópse é o endosperma formado principalmente por amido. é o principal componente do arroz para alimentação humana.

2.1.2.2. Composição do grão de arroz

A casca é composta principalmente de celulose, lignina e cinzas de sílica (97).

A composição do arroz integral e arroz brunido estão ilustrados na Tabela 03 (62).

TABELA 03 Composição de arroz integral e polido.

		Arroz integral	Arroz polido
Proteína	(%)	7,1 - 13,1	5,6 - 13,3
Gordura	(%)	1,8 - 4,0	0,2 - 1,1
Carboidrato	(%)	74,5 - 90,2	81,0 - 93,5
Tiamina	(mg/Kg)	2,1 - 4,5	0,0 - 1,8
Riboflavina	(mg/Kg)	0,4 - 0,9	0,1 - 0,4
Niacina	(mg/Kg)	44,0 - 62,0	8,0 - 26,0
Ferro	(mg/Kg)	7,0 - 54,0	2,0 - 27,0
Cálcio	(mg/Kg)	65,0 - 400,0	46,0 - 385,0
Fósforo	(mg/Kg)	2500,0 - 4400,0	860,0 - 1920,0

Ref. - (62)

O farelo (pericarpo, tegumento, aleurona e germe) contém cerca de 80% das gorduras (62) e 14% das proteínas. As perdas de vitaminas durante o beneficiamento perfazem cerca

de 76% de tiamina, 56% de riboflavina e 63% de niacina (62). Quanto aos minerais, após o brunimento, removeu-se 36% de cálcio, 51% de fósforo e 54% de ferro (39).

O endosperma é formado principalmente por amido que consiste em cerca de 90% do arroz brunido. A amilose ocupa 8-37% da composição do amido sendo o restante formado por amilopectina (61).

Segundo TEIXEIRA et al (107), arroz pardo do cultivar IAC-25, tem em sua composição 2,07% de gorduras e 8,33% de proteínas enquanto que IAC-47 possui 2,68% de gorduras e 10,20% de proteínas.

2.1.3. Cultura

O arrozeiro, sendo planta hidrófila, se desenvolve bem como cultura irrigada ou em locais úmidos como as várzeas (97). Por outro lado, o emprego de irrigação exige aplicação de tecnologia eficiente e apropriada, para o desenvolvimento da cultura, como se verifica na região do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, responsáveis por 30,8% da produção, com uma produtividade média de 3.700 Kg/ha (24). No estado de São Paulo, apenas 10% da produção de arroz é irrigada, principalmente no Vale do Paraíba (83).

Em geral, nos estados, o cultivo de arroz é efetuado principalmente pelo sistema de sequeiro, onde as necessidades de água pela planta são supridas sómente pelas chuvas. O arroz de sequeiro é responsável por 60,4% da produção nacional, apresentando baixa produtividade, ao redor de 1173 Kg/ha (24), em virtude principalmente da escassez de umidade em época crítica do desenvolvimento das plantas que é o florescimento (46).

Na região Centro-Oeste, é uma cultura transicional, visando o desbravamento do cerrado, como opção viável para as condições de acidez do solo (24). Após o 2º ano de plantio, normalmente cede lugar ao algodão, soja ou amendoim ou ainda à implantação de pastagens (97) (98).

O sistema de exploração visando a subsistênciaa do produtor, é encontrado em quase todas as regiões do país, principalmente, nas regiões Norte e Nordeste (24).

O plantio da cultura em sequeiro recomendado para o estado de São Paulo é no período outubro-novembro, aproveitando-se a ocorrência de chuvas para o desenvolvimento da planta (49).

O período para o amadurecimento das espiguetas ocorre cerca de 120-130 dias após o plantio, dependendo do cultivar e do ciclo de maturação curto ou longo (97).

O plantio pode ser efetuado através de semeadura manual ou mecânica através de animais ou tratores, dependendo da área de cultivo e da disponibilidade econômica do produtor (87).

O Instituto Agronômico de Campinas (97) recomenda a semeadura à profundidade de 5 cm e distribuição linear uniforme de 50 sementes por metro de sulco. O espaçamento entre os sulcos, normalmente é de 40-50 cm para sistemas de sequeiro. Durante o crescimento vegetativo da cultura devem ser efetuados tratos culturais com controle de plantas daninhas, pragas, doenças e adubação (97).

2.1.4. Cultivares

Os cultivares de arroz são divididos em 3 raças: Japônica, Javânica e índica (76). Os principais, do Brasil, são da raça índica ou resultantes do cruzamento índica-Japônica, estes últimos ditos cultivares modernos (97). No estado de São Paulo, os principais cultivares irrigados são: IAC-120, IAC-899 e IAC-1278 e os de sequeiro, predominantes no estado são: IAC-25, IAC-47, IAC-164, IAC-165 e IAC-435.

Os dois mais produzidos são IAC-25 e IAC-47 apresentando grandes extensões de áreas cultivadas, sendo recomendados pela alta produtividade (97). Esses cultivares foram obtidos por cruzamento artificial de acordo com o plano de

melhoramento genético dos cultivares de arroz que vem sendo desenvolvido pelo Instituto Agronômico de Campinas.

O cultivar IAC-47, lançado em 1971, resultado do cruzamento entre IAC-1246 e IAC-1391, é de ciclo médio. O objetivo principal deste cruzamento foi incorporar a resistência a certas doenças ao ciclo de maturação médio. Apresenta alta sanidade das folhas quanto à incidência de cercosporiose e brusone, alta resistência ao acamamento e elevada produtividade (14).

Lançado em 1974, IAC-25 é originário do cruzamento entre Dourado Precoce e IAC-1246, sendo de ciclo curto. O principal objetivo foi reunir num só cultivar, as boas qualidades culinárias e precocidade do primeiro com a alta produtividade e maior resistência à brusone do segundo (09).

IAC-25 constituiu-se o principal cultivar de sequeiro do estado de São Paulo (09).

2.1.5. Colheita

O pleno sucesso na colheita de arroz depende dos cuidados verificados desde a programação do plantio, de acordo com o desenvolvimento das plantas, utilizando cultivares precoces, médios ou tardios (97).

O arroz deverá ser colhido quando já houver alcançado plenamente a maturação, ao passar da fase farinácea para vítrea, com 20-25% de umidade (101).

Conforme GALVÉZ (51), se a colheita foi processada precocemente, os grãos ainda estavam na fase leitosa ou farinácea, favorecendo a formação de grãos gessados. Consequentemente, os grãos se quebraram durante o beneficiamento, devido à baixa resistência aos choques mecânicos.

Por outro lado, se a colheita se processar tardiamente (97), com umidade abaixo de 15%, muitas espiguetas podem sofrer degrana natural, além de incrementar as fissuras, devido ao fatores climáticos como vento, temperatura elevada por radiação solar e alterações de umidade relativa. Segundo STAHEL, citado por KUNZE e PRASAD (70), as trincas ao sol (sun cracking) não são causadas somente pela ação solar, mas sim, pelo aumento da umidade no grão, causada pela variação brusca de umidade relativa do ar, como exemplo, chuvas e garoas.

Segundo GALVÉZ (51), a colheita de arroz deve ser efetuada entre 22-25% de umidade, quando apresenta a maior produtividade, o mais alto rendimento de grãos inteiros e o maior rendimento de beneficiamento (renda), e a ocorrência de grãos verdes e gessados é pequena.

A colheita pode ser manual ou mecânica. A colheita manual é utilizada, principalmente, em pequenas propriedades. São necessárias 100 h/homens para colher 1 ha de arroz em casca (97).

Já as colheitadeiras mecânicas tem, em média, capacidade para colher 3600 Kg/h (84).

Segundo MESQUITA (84), realizando projeção para o ano de 1983, as perdas de arroz, através de colheita manual, podem alcançar até 600.000 t/ano, enquanto que as perdas por colheita mecânica se situam em torno da metade.

De acordo com MATTHEWS et al (77), o arroz colhido mecanicamente, proporciona menor índice de quebras, detectado através de radiografia de arroz em casca para grãos colhidos entre 17-23% de umidade.

Os mesmos autores (79) verificaram que, se a colheita for efetuada manualmente, com alta umidade, não contribui para grande incidência de quebrados, desde que sejam tomados alguns cuidados.

Na colheita, grãos de um mesmo cultivar podem apresentar grãos mais espessos e mais finos, sendo que estes estão mais sujeitos à quebra (78).

2.2. CLASSIFICAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO

Para se classificar e comercializar arroz, é necessário se introduzir alguns conceitos de acordo com a Portaria nº 205 do Ministério da Agricultura (27):

2.2.1. Arroz em casca natural

Produto que, antes do beneficiamento, não passa por qualquer preparo industrial ou processo tecnológico aditivo.

2.2.2. Arroz pardo ou integral

Produto que, no beneficiamento se retira unicamente a casca, não é polido e pode ser obtido através de arroz em casca natural.

2.2.3. Arroz polido

Produto , no qual, foram retirados o germe, a camada externa e parte da camada interna do pericarpo, mas que ainda, acusa a presença de estrias do mesmo no sentido longitudinal.

2.2.4. Germe

Pequena porção situada na extremidade basal do grão e da qual germina a semente.

2.2.5. Pericarpo, tegumento e aleurona

Películas comestíveis e de coloração parda que envolvem o grão.

2.2.6. Grãos quebrados

Quando o arroz descascado e polido apresentar comprimento igual ou inferior a 3/4 do comprimento mínimo da classe a que pertencer.

2.2.7. Renda de benefício

Percentual de arroz beneficiado, resultante do benefício de arroz em casca.

2.2.8. Rendimento de grãos inteiros

Percentual de grãos inteiros resultante do beneficiamento de arroz em casca.

2.2.9. Grau de polimento

É expresso com referência à remoção do germe e das camadas externas e internas do tegumento. Será bem polido se a presença de estrias do tegumento no sentido longitudinal for inferior a 30%.

2.2.10. Classe longo

É o produto que contiver, no mínimo, 90% dos grãos inteiros, medindo 6,0 mm ou mais no comprimento, após o polimento.

2.2.11. Aspectos gerais

Para a comercialização de arroz, os grãos são classificados em 5 tipos, de acordo com a finalidade do produto avaliada através dos parâmetros: defeitos, umidade e impurezas (27).

Um dos defeitos de maior relevância é a porcentagem de grãos quebrados, cujo alto índice deprecia consideravelmente o valor comercial do produto (97).

Grãos quebrados e quirera são comercializados como produtos secundários e possuem valor bem abaixo que dos grãos inteiros. Seu destino geralmente é servir como matéria-prima para rações, farinhas, indústria de fermentação, etc...

(97). Portanto, todo beneficiador de arroz deve-se empenhar em obter o máximo de grãos inteiros, após o polimento (50).

2.3. PRÉ-PROCESSAMENTO

As principais etapas do pré-processamento de arroz, são: limpeza, secagem, armazenagem e beneficiamento.

Cada uma dessas etapas poderá contribuir para que hajam fissuras ou trincas nos grãos, de modo que resultem em baixo rendimento de grãos inteiros após o beneficiamento. Portanto, é importante o conhecimento e o controle de cada etapa, para preservar sua qualidade de alto rendimento de grãos inteiros.

2.3.1. Limpeza

A limpeza, após a colheita, é extremamente importante no preparo do produto para o processamento posterior. A limpeza facilita a secagem e previne possíveis infestações, eliminando-se matérias estranhas como pedras, torrões de terra, pó, e também impurezas como palha, colmo, etc... (91).

Os principais equipamentos utilizados se baseiam nas diferenças de forma, tamanho e peso específico, e a

separação é feita através de peneiras, fluxo de ar e movimento oscilatório (101).

Principalmente na colheita mecânica, deve-se passar inicialmente o arroz por uma etapa de pré-limpeza, para eliminação preliminar do excesso de matérias estranhas e impurezas. Esta operação se torna mais difícil quando a colheita é precoce, no qual o alto índice de umidade faz com que as impurezas estejam aderentes à superfície dos grãos (31).

Segundo BANZATTO et al (14), recomenda-se a repetição da operação de limpeza, antes do beneficiamento, para se eliminar vestígios de pedras, madeiras, pregos e outros artigos que danificam os equipamentos de beneficiamento.

2.3.2. Secagem

De acordo com BROOKER et al (28), secagem consiste na remoção da água contida no produto, logo após amadurecimento fisiológico, até um nível de umidade, próprio para armazenar sem a perda das propriedades físicas, químicas e sensoriais.

Arroz, como outros grãos, é higroscópico por natureza. Ganha ou perde umidade quando a pressão de vapor d'água no

ambiente que o envolve for maior ou menor que a pressão de vapor exercida pela umidade presente no grão.

Segundo GALVÉZ (51), a colheita de arroz em casca se processa, geralmente a umidade de 20-25%, que deve ser reduzida até 13% para que a qualidade do produto se preserve durante a armazenagem. Esta redução de umidade se efetua através da passagem do ar de secagem que deve possuir baixa umidade relativa consequentemente baixa pressão de vapor, deslocando o ponto de equilíbrio com a utilização de aumento de temperatura.

Como pode ser verificada pela equação 1 desenvolvida por HENDERSON (55), a umidade de equilíbrio é função da temperatura, umidade relativa e as características de cada produto definem os parâmetros k e n, especificando umidade de equilíbrio para cada produto. Diversos pesquisadores tais como HOGAN & KARON (56), PIXTON & WARBURTON (89) e KUNZE (69), estudaram umidade de equilíbrio que podem ser melhor interpretada por curvas ilustrativas.

$$1 - UR = \exp(-kTUeq^n) \qquad (1)$$

UR - umidade relativa

Ueq - umidade de equilíbrio

k,n - parâmetros dependentes do produto

T - temperatura (°C)

As condições do ar interferem decisivamente na qualidade do produto após a secagem (99). As fissuras surgem com maior intensidade, quando o grão for submetido a temperaturas muito altas ou umidade relativa demasiadamente baixas.

Pesquisas realizadas por KUNZE & HALL (68) e KUNZE (69) mostraram que as fissuras surgiram com reumidecimento após a secagem.

Pelos estudos de BAKSHI (11) a casca de arroz apresentou resistência à umidificação e desidratação durante a secagem. Portanto, a secagem de arroz em casca normalmente exigiu maior consumo energético que a secagem de arroz integral e este por sua vez, mais que a secagem de arroz polido.

DUNG (41), para secar arroz em casca com umidade inicial de 28%, utilizou ar nas seguintes condições: temperatura de 25-35°C e umidade relativa de 25-50%. A vazão de ar variou de 0,008 a 0,02 m/s.

Temperaturas elevadas causam tensões no grão devido ao gradiente de temperatura e umidade, resultando em fissuras e posteriore quebra dos grãos. BAN (12), utilizando 80°C e vazão do ar de 8-11 m/s para cada 100 Kg de arroz, verificou que as quebras chegaram a 100% enquanto que, aquecendo-se o ar a 40°C, as perdas por secagem chegam ao máximo de 10%.

SHARMA & KUNZE (99) realizaram ensaios de secagem, com arroz, utilizando temperaturas de 39, 47 e 60°C, com vazão de 0,15 m/s. O teste realizado com ar aquecido a 60°C apresentou fissuras mesmo antes do final da operação, cerca de 2 horas após o início. A temperaturas menores, a ocorrência de fissuras foi bem menor.

Os mesmos autores (99), realizando inspeção de 12 em 12 horas, verificaram que os grãos apresentavam fissuras durante as 48 horas subsequentes à secagem. Recomendou-se descanso de 48 horas, no mínimo, para que sejam completadas as interações de migração interna de umidade.

A operação de secagem influi determinantemente no rendimento de grãos inteiros e a taxa de secagem sendo muito alta, as camadas externas se secam mais rapidamente, estabelecendo tensões no interior dos grãos (30). A intensidade dessas tensões depende do gradiente de temperatura ou umidade. De acordo com HENDERSON (55), secagem drástica resultou em fissuras e trincas.

Segundo estudos realizados por KUNZE (71),sendo a umidade final do produto inferior à umidade de equilíbrio com o ar nas condições ambientais, ocorreram fissuras causadas por reabsorção rápida de umidade do ar ambiente pelo grão após a

secagem ou transferência rápida da umidade do centro para a superfície do grão.

Essas interações podem prosseguir mesmo algumas horas após a secagem. Portanto, sendo beneficiado imediatamente após a secagem, mesmo as fissuras não estando presentes, o arroz pode apresentar trincas posteriormente, resultando mais tarde em quebras (71), principalmente se a velocidade de secagem for muito alta, ou a temperatura do ar excessiva.

A secagem pode ser contínua ou intermitente. A secagem contínua implica na passagem do ar de secagem constatemente até o final da operação. Secagem intermitente é o processo em etapas onde cada etapa sofre passagem de ar aquecido e seguido por descanso (17) (99).

Segundo STEFFE & SINGH (103), secagem intermitente consistiu em alternar passagem de ar quente na massa de grãos e descanso. Durante este período, acondiciona-se o grão numa câmara de descanso, onde não há circulação do ar de secagem, com o objetivo de uniformizar a umidade superficial com a interna dos grãos individualmente. O descanso contribui para aumentar a capacidade do equipamento, além da economia de combustível, uma vez que não é necessário energia para transferir umidade do interior para a superfície dos grãos, quando há um gradiente de umidade e temperatura (30).

A cada etapa de passagem de ar quente e descanso durante a secagem, dá-se o nome de passo.

O número de passos pode variar, porém acima de 3 (81), o investimento não é vantajoso. Mc NEAL (81) em seu estudo, considerou como ideal 3 passos, através de ensaios utilizando temperaturas de 48,9°C, 57,2°C e 65,5°C. Os testes de secagem a 48,9°C apresentaram os melhores resultados.

Segundo HOGAN & PLANK (57) a intensidade de calor durante a secagem também interferiu na qualidade do produto no cozimento. Grãos secos a 71°C apresentaram, durante o cozimento, sólidos solúveis em maior concentração que submetidos à secagem com temperatura ambiente. Em temperaturas maiores de secagem também verificou-se menor absorção de água.

2.3.3. Armazenagem

Após a secagem, o grão deverá ser armazenado, antes do beneficiamento, no mínimo por um período de 48-72 horas para completar as interações de gradiente de umidade e temperatura (12) (99).

SORENSON, citado por JULIANO (62) afirmou que quanto maior o tempo de armazenagem, mais estável se tornou o grão e menor

a possibilidade de se quebrar. Porém, se as condições do ar se modificarem, principalmente umidade relativa ou temperatura, os grãos podem apresentar fissuras. Se o grão for exposto a umidade relativa de 100%, as quebras podem ser de 50% após algumas horas (68).

As condições de armazenagem devem ser bem controladas, pois o arroz, sendo de safra anual, pode permanecer armazenado por períodos até de um ano para distribuição ao mercado consumidor (28).

A umidade e a temperatura são os principais fatores que influem na preservação de qualidade do produto armazenado. O arroz não deve ser armazenado com umidade superior a 14,5% (16). CARVALHO (31) recomendou secagem até 13,5% para armazenagem durante 6 meses e 12% para períodos maiores.

Diversos autores, como STAHEL e BREESE citados por KUNZE & PRASAD (70), ressaltaram os riscos de secar arroz até umidade inferior à do equilíbrio com o ambiente, pois se submetido a umidade relativa elevada, em caso de chuva durante o armazenamento, o arroz absorveu umidade rapidamente e sofreu fissuras no endosperma.

Se as condições de armazenagem forem desfavoráveis, isto é, elevada temperatura ou alta umidade relativa, pode-se desencadear o processo de deterioração através da maior

velocidade da respiração, desenvolvimento de microorganismos, sendo portanto, recomendada aplicação esporádica de fumigantes (91).

Normalmente o arroz em casca é armazenado nos centros de produção, com predomínio do acondicionamento em sacarias. Após o beneficiamento, o produto segue para a rede de distribuição ao consumo (91).

Para armazenagem a granel utilizam-se silos metálicos ou de concreto. é fundamental a aplicação de aeração para preservar em condições adequadas a temperatura de armazenagem, uma vez que, pequeno acréscimo de temperatura, ocasiona foco de deterioração, através da respiração excessiva, infestação de insetos ou desenvolvimento de microorganismos (102).

2.3.4. Beneficiamento

Durante as etapas do pré-processamento de arroz, o manuseio é realizado em casca. Após a secagem e armazenagem, o produto é beneficiado e distribuído ao consumo. O beneficiamento de arroz compreende duas etapas: descascamento e polimento ou brunimento.

O descascamento é a retirada da casca superficial resultando arroz integral (52).

O equipamento de descascamento mais tradicional é o descascador de disco abrasivo. Consiste em dois discos superpostos, sendo um deles abrasivo e rotativo. A distância entre os discos é regulada de acordo com a espessura dos grãos (67). A desvantagem deste equipamento é que causa muitas quebras e aquecimento (101).

Atualmente o descascador que apresenta melhores resultados é o de cilindros de borracha. São dois cilindros, um ao lado do outro, distanciados entre si de espaço igual à espessura do grão girando em sentidos contrários e velocidades tangenciais diferentes (106).

O contato dos dois rolos com o grão, provoca torção e pressão soltando-se a casca (106). Este equipamento proporciona descascamento instantâneo, não provoca quebras, porém o desgaste da borracha é rápido havendo necessidade de frequentes trocas.

A segunda etapa do beneficiamento consiste na retirada das camadas de pericarpo, tegumento e aleurona que envolvem o endosperma e o embrião (15). Durante o polimento, parte do endosperma também é retirado por abrasão. Como resultado têm-se o arroz polido que pode se encontrar inteiro ou quebrado. Um dos problemas mais graves relacionados com a

qualidade do arroz é a incidência de quebra que pode ocorrer desde a colheita até o próprio beneficiamento (101).

A separação entre grãos inteiros e quebrados é feita através do " trieur ", cilindro giratório que separa os grãos inteiros pela diferença de comprimento devido aos pequenos alvéolos instalados na parede lateral do separador (67) (106).

As fissuras que resultam em quebras posteriores, podem ter origem na colheita. Se for prematura, a presença de grãos gessados e verdes implicam no surgimento de quebras pela sua pequena resistência aos choques causados pelos equipamentos (51).

No caso de colheita tardia, ainda na própria planta, os grãos estão sujeitos às variações climáticas de temperatura e umidade relativa, que causam tensões no endosperma.

DORFMAN & ROCHA (40) também concluiram que colheita a 23% de umidade proporcionavam após o beneficiamento, ótimo rendimento de grãos inteiros.

A realização de colheita em períodos ideais para obtenção de maior rendimento de grãos inteiros exige inicialmente condições climáticas favoráveis e programação da disponibilidade de colheitadeiras e, principalmente de

secadores para receber imediatamente o produto colhido e reduzir umidade aos níveis adequados para armazenagem (87) (88).

As perdas de arroz por quebras podem ser decorrentes dos fatores já analisados, ou advirem das tensões durante a própria operação de beneficiamento. As forças mecânicas agindo para retirar a casca e brunir o grão podem influir na qualidade final do grão. A operação ideal de beneficiamento é aquela onde o equipamento é regulado para produzir arroz de elevado grau de beneficiamento e menor quebra (62).

AUTREY (07) estudou a influência dos choques mecânicos sobre a quebra de grãos durante o beneficiamento. Porém, não foi possível chegar a uma correlação entre o tamanho dos grãos e porcentagem de quebras durante o descascamento ou durante o polimento. HOGAN & PLANCK (57), utilizando radiografia de arroz em casca para detectar fissuras, tentaram correlacionar grãos fissurados antes do beneficiamento com quebras após o processo, porém não foi possível chegar a uma boa correlação, provavelmente porque nem todas fissuras seriam identificáveis através do Raio X.

O tamanho dos grãos também influi na porcentagem de quebras dos grãos após o beneficiamento. MATTHEWS et al (79). Verificaram que os grãos mais longos quebram mais que os médios e curtos, mas não foi encontrada uma boa correlação

através do exame de Raio X dos grãos fissurados. Provavelmente o grão longo é mais suscetível à quebra durante o beneficiamento como afirmou SORENSON, citado por JULIANO (62).

HENDERSON (55) também realizou ensaios e concluiu que o arroz curto quebra menos. Todos esses estudos levam à conclusão de que é apenas parcial a correlação entre grãos quebrados e fissuras de arroz em casca.

Por outro lado, para grãos da mesma classe, a espessura influi no rendimento de grãos inteiros após o beneficiamento. Grãos mais espessos quebram menos que grãos mais finos, para determinado cultivar (54) (79).

2.4. PROCESSAMENTO

2.4.1. Parboilização

Parboilização, segundo SILVA (100) é um processo através do qual, grande parcela das vitaminas e sais minerais hidrosolúveis presentes no tegumento e embrião são transferidos ao endosperma, elevando-se o valor nutritivo do produto beneficiado, como mostra a Tabela 04, além de diminuir significativamente o conteúdo de grãos quebrados após o beneficiamento.

O tratamento é originário do Oriente, muito comum em Burma e India (96). No início do século, a India era grassada por uma doença chamada beriberi, causada pela carência de vitamina B_1. Sómente numa região, de Madras, esta doença era praticamente inexistente. Constatou-se neste local, uma curiosa variação de hábito: com a finalidade de facilitar o descascamento, imergia-se o arroz em casca, em água aquecida; após um curto tempo, secava-se e descascava-se em pilão. As vitaminas e minerais hidro-solúveis, principalmente do complexo B se fixavam no grão após o beneficiamento e a população não sofria de beriberi (08).

Este fato foi divulgado e diversos pesquisadores estudaram a viabilidade de tornar esse processo industrial, uma vez que o arroz polido não contém alta concentração de vitaminas e o arroz integral que é rico em nutrientes, não é plenamente aceito pelo consumidor em geral (08).

Tabela 04 Composição de arroz brunido comum e parboilizado

		Arroz brunido	Arroz parboilizado	Ref.
Proteína	(%)	9,27	9,20	(61)
Gordura	(%)	0,18	0,09	(61)
Tiamina	(mg/Kg)	0,50	2,50	(52)
Riboflavina	(mg/Kg)	0,19	0,38	(52)
Niacina	(mg/Kg)	16,40	32,17	(52)
Ferro	(mg/100g)	0,39	0,43	(61)
Cálcio	(mg/100g)	8,10	9,90	(61)
Fósforo	(mg/100g)	101,00	138,00	(61)

Esta pesquisa culminou em inúmeras patentes industriaiss, tais como: HUZENLAUB-ROGERS, JONES-BREWER e YONAN-MALEK, citados por ROBERTS et al (96).

O processo consiste em macerar arroz em casca, a seguir, submetê-lo a tratamento hidrotérmico, secar e beneficiar. O produto final tem a aparência vítrea, de cor amarelada ou âmbar (108).

Mais de 90% da matéria seca do endosperma é formado por amido (52), que por sua vez é constituído por amilose e amilopectina, ambos polissacarídeos de glicose, sendo que a

amilose é de cadeia simples, helicoidal e a amilopectina é ramificada. Estas duas estruturas estão ligadas entre si através de pontes de hidrogênio e ligação Van der Waals, formando os grânulos de amido (92).

Ao se efetuar a maceração, a água é absorvida pelo endosperma. Em temperatura ambiente, esta capacidade de absorção é pequena, porém, se for utilizada água aquecida, as ligações entre as moléculas se enfraquecem e os grânulos absorvem mais água. A seguir, através da autoclavagem, adiciona-se mais calor, as pontes de hidrogênio se rompem, destruindo a estrutura molecular cristalina tornando-se amorfa. A esta transformação da estrutura, irreversível, da-se o nome de gelatinização (73).

De acordo com ALI & OJHA (02) e GARIBOLDI (52), as principais vantagens da parboilização são:

- o descascamento é facilitado devido ao rompimento da casca, que geralmente ocorre na autoclavagem.

- as quebras são menores devido à gelatinização do amido.

- arroz parboilizado é mais rico em proteínas, vitaminas e minerais que o arroz polido, do mesmo cultivar.

- devido à dureza, o arroz parboilizado é mais resistente ao ataque de insetos.

- a perda de sólidos solúveis durante o cozimento é menor.

- mesmo com excesso de cozimento, arroz parboilizado não se torna empapado.

- a gordura do farelo de arroz parboilizado é mais rico em triglicerídeos, devido à inativação da enzima lipase durante a autoclavagem.

As principais desvantagens da parboilização são (52) :

- alguns antioxidantes são destruídos, portanto pode ocorrer rancificação durante a armazenagem.

- o tempo de cozimento é maior, além disso, seu odor, sabor textura são característicos, não aceitos por todo consumidor

- o custo da secagem é maior, pois a umidade inicial é alta. Antes de completar a secagem, podem surgir as micotoxinas prejudiciais à saúde.

- o brunimento do arroz parboilizado é dificultado,devido à aderência do farelo que pode se aglomerar, devido ao alto conteúdo de óleo.

- o processo de parboilização exige investimento extra.

Segundo UHLIG & HEBERLE (109) apesar das desvantagens, parte do aumento de rendimento de grãos inteiros já cobre os custos adicionais de secagem, beneficiamento e investimento em equipamentos para o processo.

2.4.1.1. Maceração

A primeira etapa do processo de parboilização é a maceração, que consiste em conservar o arroz em casca imerso em água, normalmente aquecida. De acordo com LEQUERICA (75), KURIEN et al (72) e PRIESTLEY (90) a maceração devia atingir umidade ao redor de 30%, necessária para permitir a gelatinização do amido na etapa seguinte.

Cada cultivar possui suas próprias características de maceração. Estudos de RAJ (93) ressaltaram que, com taxa de absorção d'água excessiva, o grão entumesceu exageradamente, rompendo a casca e liberando sólidos solúveis. Enquanto parte dos nutrientes migrou para o interior dos grãos, certos compostos como açúcares, aminoácidos, minerais e vitaminas foram arrastados para fora do grão, devido ao rompimento da casca (65). Estando intacta, agiu como película protetora, impedindo ataque de microorganismos e insetos e limitando absorção d'água, porém o entumescimento

excessivo forçou a casca a se abrir e os grãos perderam a rigidez, deformando-se (18).

BHATTACHARYA & SUBBA RAO (18) realizaram ensaios de parboilização e concluiram que a melhor temperatura para maceração é de 60°C durante cerca de 6 horas. Temperaturas próximas à ambiental prolongaram excessivamente a duração da operação, além de 50 horas, e a umidade final inferior a 30%, o rendimento de grãos inteiros não foi maior que o do produto de partida.

A maceração insuficiente pode resultar em produto de aspecto duvidoso, com pérolas brancas ao centro, indicando que a alta umidade não atingiu toda massa de grãos (52).

As condições de maceração podem ativar enzimas presentes nos grãos. Amilase atua na faixa ótima de 60°C, hidrolizando amido em açúcares redutores (95).

Por outro lado, sabor e odor podem se modificar pelo tratamento de maceração. Albuminóides e aminoácidos sulfurosos podem se hidrolizar formando tioalcóois que fornecem o odor característico do arroz parboilizado (62).

Utlizando maceração a 60°C, CEREDA (32) verificou que não houve grandes alterações de odor e sabor, porém em maceração

a temperaturas inferiores, houve considerável alteração de sabor.

O estabelecimento de correlação entre tempo e temperatura de maceração é de extrema importância para definir os melhores parâmetros afim de atingir a umidade desejada. BANDYOPADYAY (13) desenvolveu um modelo matemático que descreve a relação de absorção de umidade pelo grão com o tempo e a temperatura de maceração, conforme mostra a equação 2.

$$X - X_o = \frac{2}{\sqrt{\pi}} (X_m - X_o)\ S/V \quad \sqrt{D_m\ t - X_i} \qquad (2)$$

X_o - umidade inicial (%, bs)

X - umidade média para um dado tempo (%, bs)

X_m - umidade superficial do grão após tempo maior que zero (%, bs)

X_i - umidade correspondente à hidratação inicial (%, bs)

t - tempo (s)

S/V- área/volume (cm^{-1})

D_m - coeficiente de difusão (cm^2/s)

FALCONE (44) utilizou este mesmo modelo para diversas temperaturas e concluiu que 70°C é a melhor.

Segundo DUSI (42), altas temperaturas abreviaram o tempo de imersão, podendo apresentar alto rendimento de grãos inteiros, porém, a aplicação de pressão ou vácuo também

reduziram o tempo de maceração. Realizando-se tratamento de maceração sob vácuo, o tempo foi consideravelmente menor que à pressão atmosférica.

O vácuo preliminar aplicado em " converted rice ", seguida de maceração sob pressão, reduziu o tempo da operação para duas horas, à temperatura de 75°C (89) (94).

De acordo com MECHAN et al (82), a maceração excessiva influiu na qualidade de cocção tornando-se um produto viscoso e aglutinado, além de apresentar problemas de absorção d'água (52).

2.4.1.2. Autoclavagem

Nesta etapa, o arroz, umidificado durante a maceração, submete-se à ação de vapor saturado sob pressão. Durante este tratamento hidrotérmico, ocorre a gelatinização do amido e as possíveis fissuras existentes no endosperma são seladas, recuperando-se o grão (52) (100).

Segundo FERREL & PENCE (47), através do amilógrafo, pode-se determinar o grau de gelatinização do arroz parboilizado.

As relações entre tempo e pressão de autoclavagem podem variadas. Utilizando-se pressão atmosférica, o tempo de autoclavagem pode variar de 5 a 30 minutos, de acordo com a

cultivar ou com a umidade de maceração. A maceração controla a absorção d'água enfraquecendo as pontes de hidrogênio, enquanto que na autoclavagem, há o rompimento irreversível dessas ligações (02) (73). LEQUERICA & TORTOSA (75) aplicaram pressão no interior da autoclave de 15 psig, foi necessária 1 hora de operação para determinadas cultivares. Segundo PRIESTLEY (90), com umidade de 20% ocorreu gelatinização, porém só foi completa com 40% de umidade após maceração.

Estudos de RAO & JULIANO (95) aconselharam 100°C por 15 minutos de autoclavagem sendo alta a umidade final após a maceração. RAO et al (94) recomendaram vapor sob pressão na autoclavagem durante 15 minutos.

ROBERTS et al (96), estudando a cor de arroz parboilizado verificaram que quanto maior o calor fornecido durante o tratamento, mais intenso foi o escurecimento, desde o amarelo até o pardo, ocasionado principalmente pelas reações de Maillard como constataram HOUSTON et al (58) e MECHAN et al (82).

Estudos de ALI & PANDYA (03) mostraram que o tratamento intensivo de calor durante a autoclavagem destruiu os antioxidantes naturais, rancificando as gorduras durante o posterior armazenamento. Segundo ALI & BHATTACHARYA (05) o grão também sofreu influência da autoclavagem, podendo

apresentar, de acordo com a intensidade do tratamento, dureza excessiva e dificuldade de absorver água durante a cocção.

2.4.1.3. Secagem de arroz parboilizado.

Após a autoclavagem, o arroz contém elevado teor de umidade, variando de 30-35%. Antes do beneficiamento, sofre secagem até atingir a umidade de 12-13% para posterior armazenagem ou beneficiamento (52). Segundo FONTANA (48) alguns produtores secam o arroz parboilizado até 14-15% e a umidade residual é eliminada durante o resfriamento.

A secagem pode ser natural, à sombra ou ao sol, ou ainda, com a utilização de ar aquecido artificialmente.

Pelos estudos de BHATTACHARYA & INDUDHARA SWAMY (20), secagem à sombra apresentou taxa de secagem baixa, ocasionando alto índice de grãos inteiros após o beneficiamento, porém pode haver comprometimento de sua qualidade pelas alterações bioquímicas durante a secagem prolongada.

BHATTACHARYA & ALI (23) verificaram que secagem ao sol, muito utilizada por pequenos produtores, resultaram em elevado teor de grãos fissurados, pela dificuldade de controle.

Atualmente tem sido utilizado com maior intensidade a secagem artificial de arroz parboilizado, reduzindo o tempo de operação e mantendo a qualidade (02). No início da operação a temperatura chega a 100°C. Ao fim da secagem utiliza-se temperatura pouco acima da ambiental (102).

Se a secagem for contínua, o gradiente de umidade entre superfície e interior do grão, ocasiona fissuras, iniciando-se a 16-18%, dependendo da cultivar e do processo submetido (48).

Estudos de BHATTACHARYA & INDUDHARA SWAMY (20) verificaram que a secagem intermitente apresentou fissuras quando o produto era retirado do secador, logo após a operação. Conservando-se o arroz no interior do secador durante cerca de 2 horas, prevenia-se possíveis fissuras, mesmo utilizando-se temperaturas elevadas como 80°C. No mesmo trabalho, recomendaram a utilização de secagem intermitente constando de apenas 2 etapas, com descanso entre 15-19% de umidade, seguido de acondicionamento ao final da operação.

O consumo de energia na secagem do arroz parboilizado é menor que do arroz em casca natural devido ao rompimento da casca no processo. Para secar 1 Kg de água de arroz parboilizado com umidade inicial de 30% (bs) para 16% são

necessários 5.000 KJ enquanto que arroz comum necessita 6.500 KJ para mesma redução de umidade (10).

Porém, a umidade inicial do arroz parboilizado é ao redor de 60% (bs), portanto, o consumo de energia para atingir a mesma umidade será maior para arroz parboilizado, consumindo cerca de 129.000 KJ para obter 100 Kg de arroz a 16% (bs) enquanto que o arroz comum cuja umidade inicial está ao redor de 30% (bs), necessita 90.0000 KJ (10). Este aumento adicional de energia de secagem de arroz parboilizado é compensado pelo maior rendimento de grãos inteiros.

2.4.1.4. Beneficiamento de arroz parboilizado

A quebra de grãos após o beneficiamento surge por inúmeros motivos: grãos imaturos e gessados (97) ou causados por secagem rápida, mudanças bruscas de umidade relativa (12), ou ainda, choques mecânicos durante colheita, transportes, limpeza ou beneficiamento (102).

O decréscimo de quebras após o beneficiamento depende de cada etapa do processo, principalmente a maceração que fornece a umidade necessária à gelatinização. Segundo BHATTACHARYA & INDUDHARA SWAMY (20) realizando parboilização com pequena duração de maceração, a gelatinização foi incompleta, o grão apresentou pérolas brancas no seu centro, e a secagem propiciou o surgimento de fissuras, resultando

em baixo rendimento de grãos inteiros após o beneficiamento, ocasionalmente com maiores quebras que antes do tratamento.

De acordo com BAKSHI (10) o arroz parboilizado é facilmente descascado, devido ao rompimento da casca durante a autoclavagem, porém estudos de BHATTACHARYA & SUBBA RAO (18) (19) e BHATTACHARYA (21) mostraram que o brunimento foi dificultado devido à aderência do farelo ao endosperma e também à dureza do próprio endosperma. A permanência do arroz no equipamento foi maior, com alto consumo de energia e riscos de quebras através de choques mecânicos.

De acordo com HALIM & BHATTACHARYA (54), o ponto exato de duração do polimento é quando se obtém um bom rendimento de grãos inteiros e aceitável grau de beneficiamento.

Para se determinar o grau de beneficiamento, JOHNSON (60) desenvolveu um método utilizando reflectômetro que detectou variação de cor na superfície do grão. A legislação brasileira cita vagamente, através da Portaria nº 205 do Ministério da Agricultura, o grau de beneficiamento (27).

De acordo com estudos de BHATTACHARYA & ALI (23) e HALIM & BHATTACHARYA (54), durante o descascamento, o germe foi eliminado juntamente com a casca, o que não ocorreu totalmente, com o arroz parbolizado, onde o escutelo, a parcela mais gordurosa do germen, ainda permaneceu aderente

ao endosperma. Durante o brunimento através da abrasão com o equipamento, as gorduras se espalharam por toda superfície dos grãos. Portanto, de acordo com o grau de beneficiamento, houve variação de algumas propriedades.

A gordura aderente fez com que aumentasse a viscosidade, e os grãos tenderam a se aglomerar, aumentando o coeficiente de atrito, porosidade e ângulo de talude, dificultando o fluxo do escoamento (54). O arroz parbolizado pardo possuiu menor valor de coeficiente de atrito que os grãos parcialmente polidos. Este coeficiente atingiu o máximo, durante o polimento e a seguir, decresceu até o polimento completo (23).

Devido à dureza do arroz parboilizado, sendo o tempo de brunimento o mesmo utilizado para arroz branco, o grau de beneficiamento foi deficiente, portanto, se utilizaram velocidades 10% superiores nos equipamentos de polimento ou ainda, diversos brunidores em série (52).

O farelo tem tendência de se aglomerar nas peneiras do brunidor. Recomenda-se utilizar casca de arroz pulverizada para adicionar ao processo, impedindo o aglomerado. Pode-se empregar também, passagem de ar frio (101).

2.4.2. Outras alternativas

Alguns processos alternativos tem sido desenvolvidos para obtenção de ótimo rendimento de grãos inteiros, além de elevar seu valor nutritivo. São todos variações do arroz parboilizado.

2.4.2.1. " Converted rice "

Consiste em melhorar a absorção d'água durante a maceração. Inicialmente aplica-se vácuo para retirar o ar presente nos espaços intersticiais do grão, a seguir, adiciona-se água sob pressão. A operação se reduz a cerca de 3 horas. No mesmo equipamento, se aplica autoclavagem e posteriormente secagem (02).

2.4.2.2. " Roasted rice "

Neste caso, a maceração é realizada normalmente com água aquecida até atingir cerca de 30% de umidade. O produto é colocado a secar imediatamente em contato com areia lavada e aquecida a 250-300°C. O amido se gelatiniza nesta operação e ao mesmo tempo seca-se o produto, retirando-se a areia por peneiramento (02). O produto final apresenta as mesmas características do arroz parboilizado convencional.

2.4.2.3. " Pressure parboiled rice "

Este processo recomenda a eliminação parcial ou total da etapa de maceração. Utiliza-se maceração com água fria, apenas para umidificar a superfície do grão e submete-se à autoclavagem intensa com pressão de até 2 kg*/cm². Ao se retirar o arroz da autoclave, a umidade final é de 12-20% reduzindo-se o custo de secagem. O rendimento de grãos inteiros é elevado porém sua aparência é escura e apresentando pérolas brancas ao centro. Segundo ALI & BHATTACHARYA (04) neste caso, a retrogradação é evitada devido ao período curto de secagem, portanto, o tempo de cozimento é menor e as pérolas brancas representam um problema desprezível.

2.4.2.4. Processo Cristallo e Avorio

São dois processos de parboilização em que os equipamentos utilizados são de ótima eficiência, diminuindo o tempo de operação de cada etapa.

No processo Cristallo, a autoclavagem e a secagem são realizada no mesmo equipamento, enquanto que no processo Avorio, o tempo de maceração é minimizado pelo sistema de circulação constante de água aquecida (02).

2.4.2.5. Arroz macerado

É semelhante ao "roasted rice". A principal diferença é que a maceração é realizada a temperatura ambiente e a secagem através de ar aquecido a 200°C substituíndo a autoclavagem (32) . Devido ao longo tempo de maceração, ocorrem fermentações que tornam o produto de sabor e odor desagradáveis (109), causado por atividade microbiana além de aspecto heterogêneo, principalmente de cor. O desenvolvimento microbiológico pode causar formação de aflatoxina, extremamente prejudicial à saúde.

2.4.2.6. Processo de industrialização de arroz no Brasil

No Brasil, o método empregado para parbolização é o processo Malek (108), que consiste em macerar arroz em casca em tanques de concreto ou aço inox, e autoclavagem em equipamento vertical contínuo. Os secadores utilizados são de cilindros rotativos de alta temperatura, para umidade até 18% e secadores de coluna, para processo mais lento, até 13% de umidade.

2.5. COZIMENTO

Cozimento é o processo hidrotérmico para tornar o alimento próprio para degustação, adquirindo uma textura

macia.Durante o cozimento de arroz parboilizado, algumas características devem ser consideradas.

USBERTI et al (110) realizaram testes de cozimento para os cultivares IAC-25 e IAC-47, para avaliar as características culinárias, sendo que o primeiro apresentou maior absorção d'água e expansão de volume que IAC-47.

2.5.1. Tempo de cozimento

Segundo JULIANO (74), arroz com baixo conteúdo de amilose, apresentou tendencia de textura dura após o cozimento, enquanto que, acima de 20% de amilose, arroz cozido apresentou textura macia.

O arroz beneficiado branco necessita de 15-20 min. para seu completo cozimento, porém o arroz parboilizado, através de experimentos de BHATTACHARYA & RAO (18) e EL DASH (43), adquiriu o mesmo grau de textura, após 30-40 min. de cocção.

Segundo KURIEN et al (72), submetendo-se o arroz branco em cocção além de 20 min., continuou absorvendo água, porém perdeu sua forma,tornando-se exageradamente pastoso e viscoso, enquanto que o arroz parboilizado manteve sua textura.

2.5.2. Absorção d'água

A capacidade de absorção d'água está relacionado com a taxa de entumescimento. É significativamente menor para arroz parboilizado que para arroz branco, para o mesmo tempo de cozimento. Amostras de arroz branco e parboilizado foram submetidos ao cozimento até o mesmo grau de textura, e o arroz parboilizado absorveu mais água que o arroz branco sem perder sua forma. O arroz branco cozido tem menor taxa de absorção d'água que o parboilizado cozido a 30-40 min. (19).

2.5.3. Viscosidade

Arroz parboilizado cozido é mais solto que arroz branco devido à gelatinização. Aparentemente, o arroz parboilizado é mais largo que o branco, isso se deve às diferenças de tempo de cozimento, capacidade de absorção d'água e o processo de parboilização. A largura sofre uma considerável variação, porém o comprimento é quase o mesmo, adquirindo forma diversa ao arroz branco cozido do mesmo cultivar (02).

O processo de parboilização influi na qualidade após o cozimento. A temperatura de maceração e o período da operação interferem no odor e sabor de arroz parboilizado, enquanto que a textura é função da intensidade de autoclavagem e a taxa de secagem que podem ocasionar

retrogradação, dificultando o cozimento de arroz parboilizado (04) (43) (85).

De acordo com ROBERTS et al (96), a secagem excessiva resultou em grãos quebrados e o arroz cozido apresentou aparência viscosa e pastosa.

A composição do amido também influiu na consistência do produto cozido. De acordo com HALICK & KELLY (53) com teor de amilose elevado, o arroz apresentou ótima consistência após o cozimento, porém as cultivares cerosas normalmente apresentaram má qualidade de cozimento, dependendo da composição e da distribuição de amilopectina no grão (57).

A avaliação de qualidade de cocção e textura depende do método de cocção que não possui um padrão definido, o produto cozido se modifica com o decorrer do tempo, enquanto aguarda o momento do ensaio. Normalmente as quantidades de amostras são grandes, portanto é difícil agilizar a apresentação rápida dos resultados. Para isso, OKABE (85) desenvolveu um aparelho, o texturômetro, que apresentou resultados rápidos e precisos de dureza, viscosidade e coesividade, através de metodologia própria.

Quanto à aceitação o consumidor que se habitua com o arroz parboilizado, se identifica com o sabor e a textura e considera agradável a degustação além dos fatores de saúde e

nutrição. Ao mesmo tempo considera o arroz branco insípido, enquanto que os consumidores do arroz branco consideram o arroz parboilizado duro e de sabor desagradável (08).

2.6. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO ARROZ PARBOILIZADO

2.6.1. Amido

Como já é do conhecimento, durante a parboilização, o amido sofre gelatinização total ou parcial conforme a intensidade do tratamento.

Estudos de RAO & JULIANO (95), mostraram que através da difração de raios X, verificou-se a alteração da estrutura amilácea pela perda de birrefringência.

A retrogradação é um dos principais fatores estudados durante a parboilização, pois altera a qualidade de cocção do produto (04).

2.6.2. Proteínas

O teor de proteínas do arroz parboilizado não sofre maiores alterações após o tratamento. Comparando-se dois processos alternativos de parboilização, Avorio e Cristallo, verificou-se que o conteúdo de proteínas de 6,10% para o arroz comum brunido e 6,30% para arroz Avorio, enquanto que

pelo processo Cristallo, o arroz parboilizado alcançou 6,95% de proteína, explicado principalmente pelas dificuldades em se remover as camadas de pericarpo, tegumento e aleurona do arroz após o processamento (94).

As proteínas, no seu estado natural, encontram-se distribuídos entre os grânulos de amido (52). Após a parboilização, elas se romperam, desnaturaram e a solubilidade caiu em 45-60% (58) (93).

2.6.3. Gorduras

Estudos de ALI & OJHA (02) mostraram que arroz parboilizado pardo apresentou concentração de gorduras maior que arroz pardo normal, porém o arroz parboilizado beneficiado apresentou menor teor de gorduras que o arroz comum brunido.

O farelo extraído durante o beneficiamento do arroz pardo parboilizado contém muito mais componentes graxos que o farelo de arroz brunido, isso devido principalmente à desativação da lipase que hidrolisa os triglicerídeos. Por outro lado, os antioxidantes como tocoferol também são desnaturados, correndo o risco da rancificação dos ácidos graxos livres (86).

Uma outra enzima, a peroxidase, é uma das últimas a serem desnaturadas, resistindo até 121°C (02).

2.6.4. Vitaminas

Durante o processo de parbolização, grande parte das vitaminas são destruídas pelo processo de calor na maceração e na autoclavagem. Por outro lado, arroz parboilizado brunido tem mais vitaminas que arroz comum brunido, como pode-se verificar na Tabela 04 (29).

A maioria dos autores destacam aumento de concentração de tiamina e nicotinamida, porém, sem alterações no teor de riboflavina, após o processo de parboilização (52).

2.6.5. Minerais

A maioria dos minerais aumenta com a parboilização, principalmente Ferro, Fósforo e Cálcio, sendo portanto ótima fonte destes nutrientes fundamentais no metabolismo humano (52).

2.7. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO ARROZ PARBOILIZADO

2.7.1. Dimensões

Segundo KURIEN et al (72), para o mesmo cultivar, foi observado decréscimo de comprimento em arroz parboilizado brunido em relação ao arroz comum brunido, enquanto que a

largura apresentou-se maior, tornando o grão arredondado, forma bem distinta à do grão sem processamento.

Outros pesquisadores só detectaram menor comprimento, sem alteração das demais dimensões (95). Ainda DISMOPOULLOS & MULLER (38) verificaram que o arroz parboilizado brunido apresentava maior comprimento.

O menor comprimento pode ser explicado pela adesão do germe que comprime o grão durante o processo e a largura maior pode-se justificar pela dureza do endosperma (72).

2.7.2. Translucidez

O arroz brunido comum é opaco, após a parboilização torna-se translúcido assim como é verificado nas massas amiláceas gelatinizadas (82).

A razão da translucidez não é muito bem explicada, porém, acredita-se que devido ao entumescimento das moléculas de amido e rompimento das proteínas, o ar contido nos espaços livres deixa o grão, apresentando aparência vítrea (23).

Desta maneira poderia se prever que o peso específico do arroz parboilizado seria maior que o do arroz brunido (23).

2.7.3. Dureza

RAO & JULIANO (95) verificaram dureza maior em arroz parboilizado, relacionando à intensidade de calor aplicado ao processo. As principais razões dessa dureza foram a gelatinização, e a posterior retrogradação.

2.7.4. Cor

Após a parboilização, o grão torna-se amarelado ou próximo ao âmbar. Estas modificações se devem principalmente à reação de Maillard e à migração dos pigmentos da casca. A severidade do calor aplicado interfere na cor, mas a maceração parece ter maior influência, principalmente por propiciar nesta etapa, a transferência dos pigmentos da casca (60) (104).

Grãos defeituosos, tais como imaturos, escurecem facilmente, devido à elevada concentração de acúcares e aminoácidos (23).

Se a matéria prima sofrer armazenagem precária, ocorrendo contaminação microbiológica, ou possíveis fermentações e outras alterações bioquímicas, após a autoclavagem, o escurecimento será evidente (23).

2.7.5. Umidade de equilíbrio

Segundo HOUSTON et al (58), houve pouca variação de umidade de equilíbrio entre amostras de arroz brunido e parboilizado, sendo que até 50% de umidade relativa, a umidade de equilíbrio do arroz parboilizado foi um pouco acima do arroz brunido, após essa faixa, reverteu-se a situação, porém, com pouca variação.

2.7.6. Peso específico e coeficiente de atrito

BHATTACHARYA et al (22) verificaram que o arroz parboilizado pardo apresentou maior peso específico aparente e maior coeficiente de atrito, se comparado ao pardo sem processamento. Porém, após o beneficiamento o peso específico aparente foi menor que o brunido, mostrando a alta coesividade do arroz parboilizado.

O peso específico real aumentou com o grau de beneficiamento, porém, não variou com o tratamento de parboilização (22).

O coeficiente de atrito foi maior para arroz parboilizado com relação ao arroz comum brunido (22).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. Matéria-prima

Foram utilizados 80 Kg de arroz em casca das cultivares IAC-25 e IAC-47, de sequeiro, acondicionados em sacos de pano. O material foi fornecido pela Seção de Arroz do Instituto Agronomico de Campinas, produzido junto ao Centro Experimental Theodureto de Camargo, em Campinas, durante a safra 1980-1981.

O produto se apresentava limpo, destinado inicialmente para sementes.

3.1.2. Equipamentos

3.1.2.1. Engenho de provas KEPLER-WEBER

O descascamento foi realizado por disco abrasivo de pedra carburundun. O brunimento foi realizado com tronco de cone giratório vertical de carburundun. Para a separação de quebrados, utilizou-se o " trieur ", que consiste num cilindro horizontal rotativo, cujas paredes laterais contém pequenos alvéolos, de dimensões que permitem acomodar grãos quebrados menores que 3/4 do comprimento dos grãos inteiros,

UNICAMP

até uma determinada posição, sendo recolhidos num recipiente regulável. Os grãos inteiros e maiores que 3/4 do comprimento permanecem deslizando na superfície do cilindro.

3.1.2.2. Testador de arroz SUZUKI

O descascamento foi efetuado por pressão, através de 2 cilindros de borracha. O brunimento foi realizado através de cilindro de pedra abrasiva horizontal. A separação de quebrados foi processada por " trieur ".

3.1.2.3. Secador horizontal

O secador utilizado possuia capacidade para 30Kg de produto úmido. A seção do secador é de 27,0 x 23,5cm, acomodando 4 bandejas sobrepostas. Cada uma, medindo 41,0 x 26,0 x 4,5 cm. A velocidade do ar é de 60 m/min, através de um ventilador centrífugo. O aquecimento de ar se efetua através de resistências elétricas de 1700W, cada, alcançando a temperatura máxima de 120°C. O controle de temperatura é realizado através de um termostato, com precisão de 4-5°C.

3.1.2.4. Sistema de maceração (Fig. 02)

- Caixa d'água (1)
- Válvula gaveta (2)
- Banho maria (3)

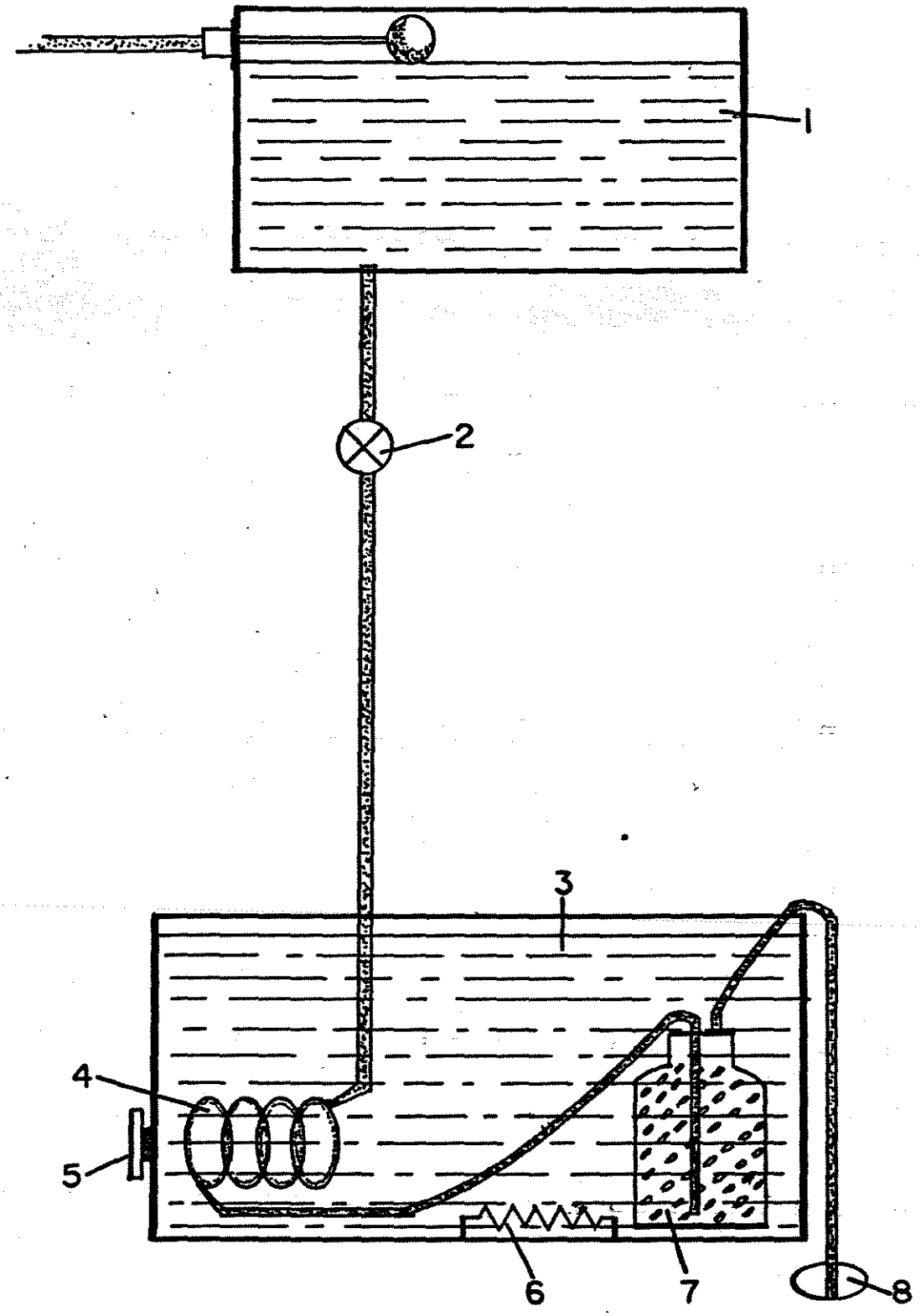

Figura 02. Sistema de maceração.

- Serpentina de cobre (4)
- Controle do banho (5)
- Aquecedor auxiliar (6)
- Vidro com amostra de arroz (7)
- Descarga d'água (8)

3.1.2.5. Outros equipamentos

Foram ainda utilizados os seguintes equipamentos:

- estufa elétrica FANEN - temperatura máxima de 140°C
- autoclave FABBE - pressão máxima de 3kg*/cm²
- balança analítica SARTORIUS
- extrator de gorduras SOXLET
- conjunto para determinação de proteínas KJELDHAL
- mufla para determinação de cinzas
- anemômetro ROSENMULLER

3.1.3. Reagentes

Foram utilizados reagentes para determinações químicas de acordo com as especificações exigidas pelos métodos analíticos.

3.1.4. Outros

- paquímetro MITUTOYO

- cronômetro
- termometros
- cadinhos
- papel-jornal
- bandejas
- vidrarias

3.2. MÉTODOS

Toda a metodologia foi apresentada com 3 repetições, com exceção das dimensões que foram realizadas para 50 grãos.

3.2.1. Caracterização de arroz em casca e arroz brunido

A matéria-prima, arroz em casca, dos cultivares IAC-25 e IAC-47, provenientes do Instituto Agronômico de Campinas se encontravam em condições normais de limpeza e homogeneidade, sem apresentar defeitos aparentes.

Inicialmente foi realizado um estudo da matéria-prima, estabelecendo-se as características de beneficiamento, renda e rendimento.

A seguir, realizaram-se algumas determinações físicas de arroz em casca e arroz brunido: umidade, umidade de equilíbrio e dimensões.

As determinações químicas foram realizadas apenas para arroz brunido.

Todas estas determinações foram realizadas posteriormente para arroz parboilizado.

3.2.1.1. Determinação de renda e rendimento de arroz em casca

Utilizando-se o equipamento de beneficiamento para testes, SUZUKI, foram testados renda e rendimento das matérias-primas IAC-25 e IAC-47.

Amostras de 100g de arroz em casca foram descascadas através de cilindros de borracha com alimentação durante 10s. A seguir o arroz integral foi brunido em cilindro abrasivo onde permaneceu durante 1 min.. O produto foi pesado conhecendo-se a renda.

Passando-se o produto pelo 'trieur' separou-se os grãos inteiros dos quebrados, pesando-se os inteiros obteve-se o rendimento desses grãos.

3.2.1.2. Características físicas

a) umidade

Foi determinada umidade de arroz em casca e arroz brunido, de acordo com a Portaria nº 547 do Ministério da Agricultura, conservando-se o arroz em estufa a 105ºC por 24 horas (91).

Para amostras com alto teor de umidade utilizaram-se duas etapas. Inicialmente secagem em estufa com ventilação forçada, conforme método AACC 44-18 e a seguir 105ºC por 24 horas (01).

b) umidade de equilíbrio

Em dissecadores de 20cm de diâmetro, foram preparadas soluções de H_2SO_4 conforme FRANCO (50) como ilustra a Tabela 05.

Tabela 05 Volume de ácido sulfúrico necessário para obter 1 litro de solução com ambiente de umidade relativa de 10 a 90%.

Umidade Relativa (%)	Volume de H_2SO_4 (ml)
10	575,10
20	480,72
30	421,14
40	372,70
50	326,25
60	275,16
70	231,75
80	183,65
90	123,85

fonte - FRANCO (50)

As diferentes concentrações de ácido sulfúrico propiciam variações de pressão de vapor, proporcionando umidades relativas de 10 a 90%, à temperatura ambiente.

Pesaram-se 2,0000g de arroz, e conservou-se no interior do dissecador, durante 6 a 8 semanas, até atingir o equilíbrio. Ao final do período, pôde-se constatar o equilíbrio pela manutenção de peso constante da amostra.

Determinou-se a umidade de equilíbrio (bs) do produto em cada ambiente pelo método da estufa.

Estimaram-se os parâmetros do modelo matemático desenvolvido por HENDERSON (55) descrito em 2.3.2.

A estimaçao de parâmetros foi realizada através do programa SYSTAT (111) em microcomputador, e com os valores de umidade de equilíbrio estimados, foram construídas as curvas para arroz em casca e brunido.

c) dimensões

Para avaliação das dimensões da matéria prima, foram medidas as três dimensões de 50 grãos, através de um paquímetro, do grão em casca, beneficiado manual e mecanicamente.

3.2.1.3. Características químicas

a) proteínas

Foi determinada a composição de proteínas pelo método semi-micro KJELDHAL, empregando-se o fator de conversão 5,95 (63) para arroz (01).

b) cinzas

Foi utilizado o método AACC 08 - 03. Consiste em calcinar o produto a 600°C por 2h (01).

c) gorduras

O método empregado foi AACC 30 - 20, destilação em éter etílico no aparelho SOXLET (01).

d) vitamina B_1 - Tiamina

Utilizou-se a metodologia descrita por STRONECKER & HENNING (105).

e) vitamina B_2 - Riboflavina

Utlizou-se a metodologia descrita por STRONECKER e HENNING (105).

f) nicotinamida

Aplicou-se os métodos AOAC - 43044, 43045c e 43046b (06).

g) ferro

Determinado por espectrofotometria de absorção atômica, através do aparelho PERKIN-ELMER.

h) cálcio

Determinado por colorimetria, método AOAC - 36305 (06).

i) fósforo

Determinado por espectrofotometria, método AOAC - 22041 (06).

3.2.2. Processamento de arroz parboilizado

O processo de parboilização compreende duas etapas principais: maceração para aumentar a umidade do grão e a autoclavagem, para gelatinizar o amido já entumescido.

Posteriormente, o produto com alta umidade é seco e beneficiado, resultando o arroz parboilizado.

3.2.2.1. Ensaios preliminares

Inicialmente, realizaram-se alguns testes preliminares para definir parâmetros relacionados com o processo de

parboilização, compreendendo as etapas de maceração, autoclavagem, secagem e beneficiamento.

a) Maceração

Tomaram-se cerca de 300g de arroz em casca, acondicionando-se no interior de um vidro com capacidade de 1000ml, completando-se o volume com água e introduzindo-se em estufa elétrica. Periódicamente foi completado o volume d'água para suprir a absorção pelo grão e perdas por evaporação.

As temperaturas empregadas para maceraçào foram 50°C, 60°C, 70°C e 80°C. O tempo de operação variou entre 1h, 3h, 5h e 7h para cada temperatura.

A seguir o arroz foi retirado da estufa drenando-se o excesso d'água e colocado em bandejas de fundo perfurado de tela de nylon, para autoclavagem.

b) Autoclavagem

As amostras de arroz, colocadas em autoclave, foram submetidas às pressões manométricas de zero Kg^{*}/cm^{2}, 0,5kg^{*}/cm^{2} e 1,0kg^{*}/cm^{2} por intervalos de 5min, 10min e 15min, para cada condição de pressão.

c) Secagem

Após a autoclavagem, as amostras foram distribuídas em 4 bandejas de alumínio. Os grãos foram secados no equipamento descrito em 3.1.2.3, utilizando-se temperatura de 40°C, até atingir umidade de 15-16%. Desligava-se o secador e a umidade decrescia naturalmente até 12-13%.

d) Beneficiamento

Cerca de 48h após a secagem, foi realizado o beneficiamento para se comparar com o arroz em casca natural e escolher os parâmetros a serem utilizados nos testes definitivos.

O beneficiamento nos ensaios preliminares foi realizado no equipamento da KEPLER-WEBER, pois o aparelho da SUZUKI não estava disponível.

Arroz parboilizado exigiu maior tempo de brunimento. Utilizou-se 1,5min de operação de brunimento.

3.2.2.2. Ensaios definitivos

Após os ensaios preliminares, foram realizados os experimentos definitivos para estudar o processo detalhadamente e avaliar a qualidade do produto final.

a) Maceração

Durante os ensaios preliminares, a maceração de arroz em casca, sem circulação de água apresentou odor desagradável após 3 horas, portanto, optou-se por efetuar maceração com renovação de água.

Observou-se que a maceração apresentava boa absorção d'água a partir de 3h de duração e acima de 60°C. Temperaturas acima de 70°C causavam deformação dos grãos e após 5h de maceração, normalmente os grãos já atingiram cerca de 30% de umidade.

Portanto, para os ensaios definitivos, os tratamentos de maceração foram realizados a 60 e 70°C por períodos de 3 e 5h para cada temperatura, com vazão d'água de 250-300 ml/min.

Tendo utilizado o processo de maceração com renovação de água, a vazão foi bem controlada para conservar a temperatura estável na massa de gráos. Adaptou-se um sistema (fig. 02) com caixa d'água, regulando-se o fluxo d'água através de válvula-gaveta.

A água seguiu circulando em mangueiras de plástico até o banho-maria,onde foi aquecida água à temperatura de 70°C para maceração a 60°C e 80°C para maceração a 70°C.

À mangueira proveniente da caixa d'água foi acoplada uma serpentina de cobre imersa no banho-maria para que a troca de calor entre a água do banho e a água entrando à temperatura ambiente fosse eficiente. A água já aquecida entrou em contato com o arroz em casca contido no interior de um vidro com tampa, que por sua vez estava imerso no banho.

Um dispositivo da tampa dirigiu a água para o fundo do vidro, entrando em contato com arroz presente na região inferior e, progressivamente até as camadas superiores, saindo por outra abertura na tampa, renovando-se a água de maceração continuamente.

Foram utilizadas cerca de 300g de arroz em casca por amostra.

O controle da vazão d'água e da temperatura do banho-maria, permitiram maceração a 60 e 70°C, durante períodos de 3 e 5h para cada temperatura.

b) Autoclavagem

Durante os ensaios preliminares, a autoclavagem acima de 10min resultou em produto muito escuro e de difícil

brunimento, enquanto que o tratamento com vapor à pressão atmosférica apresentou produto extremamente quebrado.

Portanto, para a autoclavagem, utilizou-se vapor à pressão de 0,5 e 1,0 Kg^{*}/cm^{2} durante 5 e 10 min, para cada pressão.

O arroz, encharcado, foi acondicionado em duas bandejas de alumínio, de fundo de tela de nylon, para contato mais íntimo com o vapor. As amostras foram colocadas na autoclave e injetava-se vapor até atingir a pressão desejada. Após o tempo de autoclavagem, abriu-se o exaustor, retirando-se a amostra para secagem.

As pressões manométricas utilizadas foram 0,5 e 1,0 Kg/cm^{2} por intervalos de 5 e 10 min. para cada pressão.

c) Secagem

O arroz foi acondicionado em 4 bandejas dispostas em camadas horizontais, uma sobre a outra, sendo que o ar passava longitudinalmente entre as bandejas.

A temperatura utilizada foi de 40 (+/- 4) °C, regulado através de um termostato.

A secagem contínua se processou até que a umidade atingisse cerca de 15-16%. Conservando-se as amostras no interior do

secador desligado, reduziu-se a umidade a 13% após completada a homogeneização de umidadade e temperatura dos grãos.

d) Beneficiamento

Nos testes definitivos, foi utilizado o equipamento Suzuki de beneficiamento que apresentou vantagem em relação ao da Kepler-Weber, pois o descascamento foi realizado por pressão. A separação de quebrados foi realizada no "trieur" da Kepler-Weber.

Os tempos de alimentação e brunimento foram estabelecidos para obtenção de um produto homogeneo no seu gráu de beneficiamento.

Utilizou-se 10s para alimentação e 1,5min. de permanência para brunimento, para a maioria das amostras. Tratamentos intensos de calor requereram 2,0min. de brunimento.

Pesou-se 100g de arroz em casca, alimentava-se o equipamento de benefício durante 10s. Após 1,5min. de brunimento,descarregou-se o equipamento, obtendo-se o arroz polido. O peso desta amostra forneceu a renda.

Colocou-se o produto beneficiado no 'trieur', para separar os grãos quebrados. Pesando-se os inteiros, obteve-se o rendimento.

3.2.2.3. Comportamento do arroz em casca durante o processo

a) Curva de Maceração

Empregando-se a metodologia descrita em maceração, construiu-se a curva do comportamento da absorção de umidade com o tempo, para as temperaturas utilizadas durante o processo.

Iniciando-se a operação com 300g de arroz em casca, abriu-se o vidro de hora em hora e retirou-se cerca de 50,0g de arroz úmido, drenando-se a umidade excessiva, para se determinar a água absorvida durante a maceração.

Repetiu-se o procedimento, até 5 horas de operação.

b) Curvas de Secagem

Após a autoclavagem foi tomada a amostra de 10,0000g de arroz úmido acondicionada em invólucro de tela de nylon e colocado na bandeja contendo o restante do arroz a ser seco.

Pesou-se a referida amostra a intervalos de 15min. até o final de secagem, quando a umidade chegou a 15%.

Determinou-se a umidade em cada leitura de peso e construiu-se a curva de secagem.

As curvas de secagem foram construídas somente para o tratamento nº 14, uma vez que a umidade ao final da autoclavagem não se alterou significativamente.

3.2.3. Caracterização de arroz parboilizado

Após o processamento, foram determinadas as características de beneficiamento, físicas e químicas do arroz parboilizado, da mesma maneira que no caso da matéria-prima recebida.

Os tratamentos realizados estão descritos na Tabela 06.

Tabela 06 Identificação dos tratamentos de parboilização.

Nº do Tratamento	Maceração		Autoclavagem	
	temp. (°C)	tempo (h)	pressão (kg^*/cm^2)	tempo (min.)
01	60	3	0,5	5
02	60	3	0,5	10
03	60	3	1,0	5
04	60	3	1,0	10
05	60	5	0,5	5
06	60	5	0,5	10
07	60	5	1,0	5
08	60	5	1,0	10
09	70	3	0,5	5
10	70	3	0,5	10
11	70	3	1,0	5
12	70	3	1,0	10
13	70	5	0,5	5
14	70	5	0,5	10
15	70	5	1,0	5
16	70	5	1,0	10

3.2.3.1. Determinação de renda e rendimento de arroz em casca parboilizado.

Segundo a metodologia descrita em 3.2.1.1., os dados de renda e rendimento foram obtidos através da pesagem de grãos após o beneficiamento e separação em "trieur".

Arroz parboilizado exigiu maior tempo de brunimento (21). Utilizou-se 1,5 min nesta operação, para todos os tratamentos, porém, para os tratamentos 07, 08, 11, 12, 15 e 16 utilizou-se 2,0 min para brunimento.

As médias dos resultados foram analisadas estatisticamente através de análise de variância, de acordo com o delineamento fatorial 2^4 (25).

3.2.3.2. Determinações físicas

A metodologia seguiu conforme o ítem 3.2.1.2.. Restringiu-se à amostra de tratamento nº 14 que apresentou melhores dados de rendimento.

3.2.3.3. Determinações químicas

Para determinar a composição de arroz parboilizado, seguiu-se a metodologia descrita em 3.2.1.3.. Restringiu-se à amostra de tratamento nº 14.

3.2.4. Análise Sensorial

No Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos, foram realizadas avaliações de cozimento e degustação com arroz parboilizado comercial e arroz parboilizado processado neste presente estudo.

3.2.4.1. Cozimento

Utlizou-se 10g de cada amostra de arroz, colocando-se em bequer com 70ml de água fervente, mantendo-se em cocção por 30min. (43).

Determinou-se, nesta fase, expansão de volume e absorção d'água.

A expansão do volume foi determinado pelo volume deslocado em uma coluna d'água numa proveta graduada, antes e após o cozimento.

$$EV = \frac{\text{volume final} - \text{volume inicial}}{\text{volume inicial}}$$

A absorção d'água foi determinada por diferença de peso, antes e após o cozimento.

$$AA = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{peso inicial}}$$

3.2.4.2. Degustação

Foram avaliados, por análise subjetiva, através de degustação, os seguintes parâmetros: odor, sabor, textura e preferência, das amostras de arroz parboilizado processado neste trabalho e de arroz parboilizado comercial, adquirido no comércio.

Os provadores foram em número de 6, selecionados e treinados com arroz parboilizado.

Os dados obtidos pela análise sensorial foram testados estatísticamente, tendo sido realizada a análise de variância segundo o delineamento de blocos incompletos do tipo V, e o teste de médias de TUKEY se houver diferença entre os tratamentos (35).

Os tratamentos testados para cada cultivar, foram:

c - Arroz parboilizado comercial

1 - 60°C/5h e 10min/autoclave

2 - 70°C/3h e 10min./autoclave

3 - 70°C/5h e 5min./autoclave

4 - 75°C/5h e 10min./autoclave

Os tratamentos escolhidos foram de acordo com a boa apresentação de aparência, bom rendimento de grãos inteiros e diversos parâmetros de maceração e autoclavagem. Foram descartados os tratamentos de dureza excessiva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DE ARROZ EM CASCA E ARROZ BRUNIDO

4.1.1. Determinação de renda e rendimento de arroz em casca

Após o beneficiamento, os resultados estão apresentados na Tabela 07.

Tabela 07 Renda e rendimento de arroz em casca

Cultivar		IAC-25	IAC-47
Renda	(%)	74,3	73,2
Rendimento	(%)	65,8	58,7

Os cultivares IAC-25 e IAC-47 apresentaram valores próximos de renda, porém IAC-47 apresentou maior valor de porcentagem de grãos quebrados (14,6%) que IAC-25 (8,6%).

4.1.2. Características físicas

4.1.2.1. Umidade

As umidades do arroz em casca e brunido após o recebimento do Instituto Agronômico de Campinas estão especificados na Tabela 08.

Tabela 08 Umidade de arroz em casca e brunido

Cultivar	IAC-25	IAC-47
Ubu_1 (%)	12,1	11,8
Ubu_2 (%)	12,9	12,6

1 - arroz em casca

2 - arroz brunido

O cultivar IAC-25 apresentou umidade maior que IAC-47 no recebimento da matéria-prima.

4.1.2.2. Umidade de equilíbrio

Os dados de umidade de equilíbrio para diversos valores de umidade relativa, estão relacionados nas Tabelas 09 e 10.

Tabela 09 Média dos dados experimentais e valores estimados de umidade de equilíbrio (bs) de arroz em casca e brunido em função da umidade relativa - IAC-25.

UR	$UE_{q_1}ex$	$UE_{q_1}t$	$UE_{q_2}ex$	$UE_{q_2}t$
10	4,8	4,0	5,7	6,2
20	6,2	5,9	8,5	8,5
30	7,5	7,5	10,6	10,3
40	8,5	9,0	12,1	12,0
50	10,2	10,5	14,0	13,6
60	11,9	12,1	15,2	15,3
70	14,1	13,9	16,7	17,2
80	15,8	16,2	19,4+	19,4
90	19,9+	19,4	22,5+	22,6

1 - arroz em casca

2 - arroz brunido

ex- valores experimentais

t - valores estimados

+ - contaminação de fungos

Tabela 10 Média dos dados experimentais e valores estimados de umidade de equilíbrio (bs) de arroz em casca e brunido em função da umidade relativa - IAC-47.

UR	$UE_{q_1}ex$	$UE_{q_1}t$	$UE_{q_2}ex$	$UE_{q_2}t$
10	3,0	3,4	3,7	3,7
20	5,8	5,1	5,0	5,5
30	6,8	6,6	7,1	7,2
40	8,0	8,1	8,5	8,7
50	9,3	9,6	10,6	10,3
60	11,1	11,2	12,3	12,1
70	13,0	13,0	14,6	14,0
80	15,2	15,3	16,5+	16,4
90	18,9+	18,7	19,6+	20,0

1 - arroz em casca

2 - arroz brunido

ex- valores experimentais

t - valores estimados

+ - contaminação de fungos

Tabela 11 Estimação de parâmetros de umidade de equilíbrio de arroz em casca e brunido para temperatura ambiente (20-25°C).

Cultivar	n	k	r	t
IAC-25				
em casca	1,95	$2,4 \times 10^{-5}$	0,989	18,20
brunido	2,39	$4,5 \times 10^{-6}$	0,992	21,63
IAC-47				
em casca	1,80	$4,0 \times 10^{-5}$	0,991	20,16
brunido	1,82	$3,3 \times 10^{-5}$	0,978	12,49

As curvas de umidade de equilíbrio estão representadas pelas Figuras 03 e 04.

Para as matérias-primas estudadas, o cultivar IAC-25 apresentou valores mais elevados de umidade de equilíbrio em relação à IAC-47, para cada ambiente de umidade relativa.

Os dados experimentais apresentaram maior valor de umidade de equilíbrio para arroz brunido que em casca, para ambos os cultivares, devido à menor absorção de umidade pela casca, em relação ao endosperma. KARON & ADAMS (65) verificaram que a 10% de umidade relativa, o arroz em casca apresentou umidade de 4,4% (bu), o grão brunido 5,2% e a casca 3,7% de

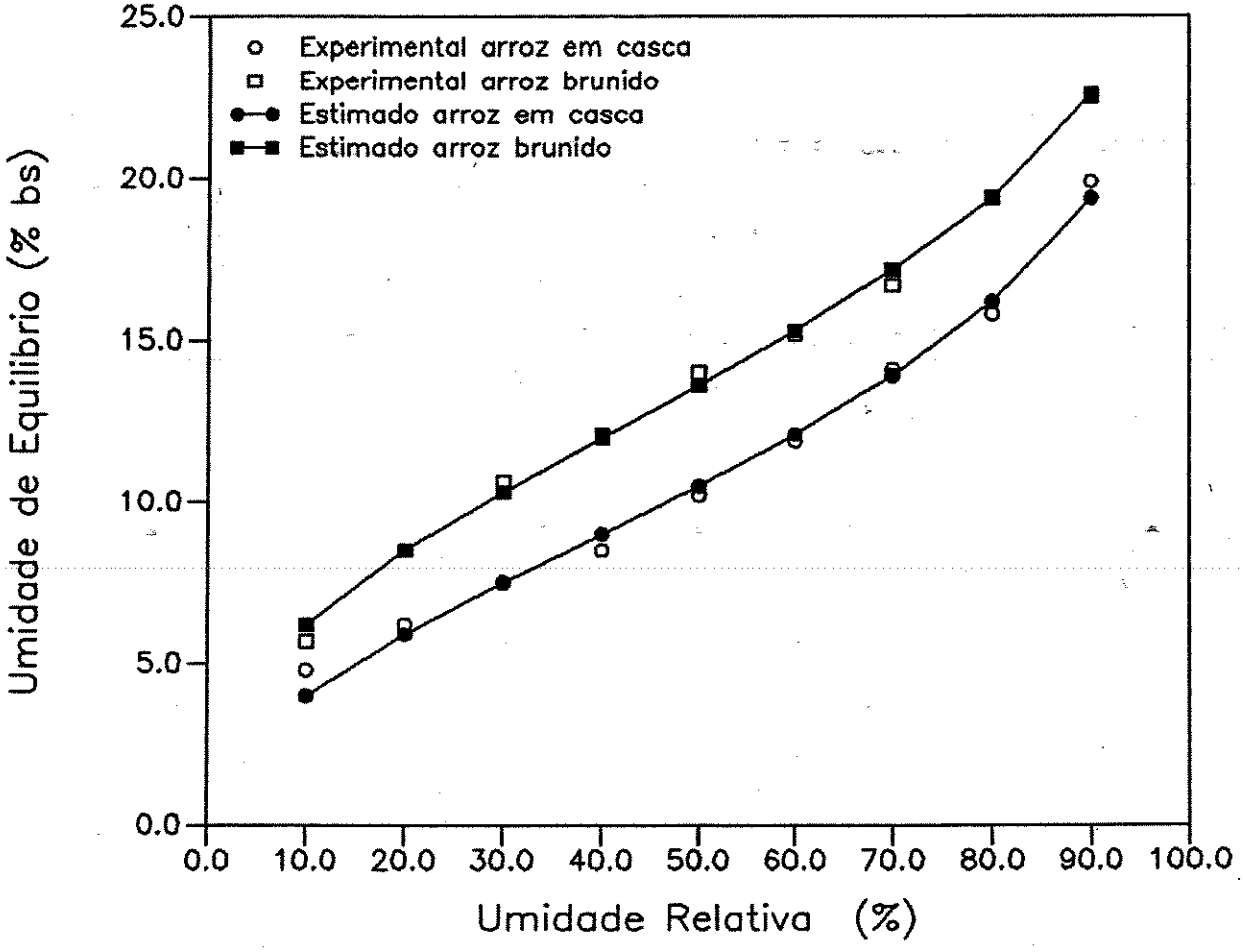

Fig. 03 Curvas de umidade de equilibrio. IAC25. Arroz sem tratamento.

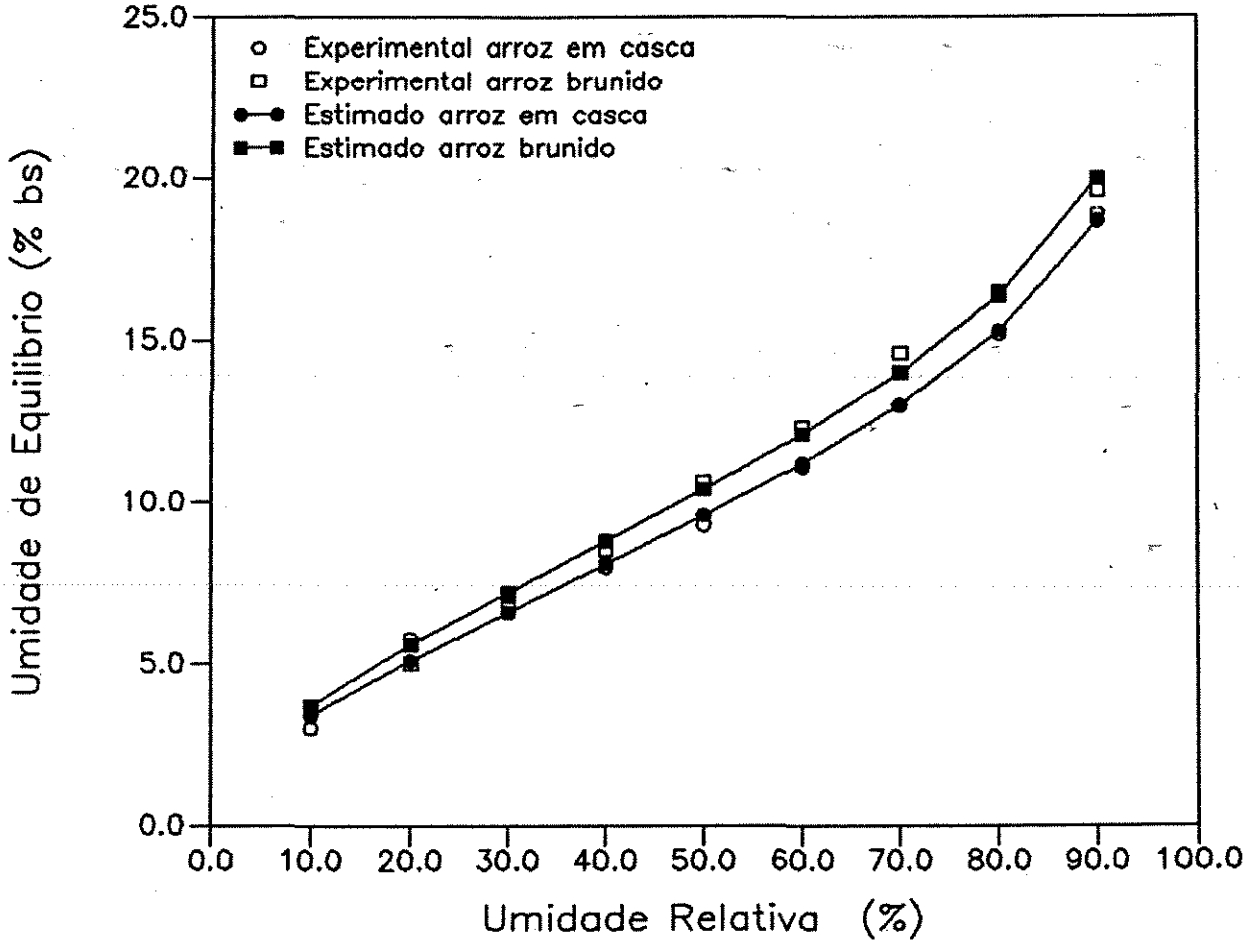

Fig. 04 Curvas de umidade de equilibrio. IAC47. Arroz sem tratamento

umidade de equilíbrio. A 90% de umidade relativa, o grão brunido apresentou umidade de 18,8% (bu) enquanto que o arroz em casca, umidade de 17,6% e a casca 15,3%.

Verificando-se os dados de HOUSTON et al (58), a umidade do cultivar IAC-25, arroz brunido apresentou valor semelhante a alta umidade relativa, enquanto que as demais amostras apresentaram valores abaixo dos da bibliografia (58) (65).

A análise estatística apresentou ótima correlação dos dados experimentais com o modelo de HENDERSON (55), todos significativos ao nível de 0,05% (t == 5,405).

4.1.2.3. Dimensões

As médias das dimensões de 50 grãos, de arroz em casca e beneficiado manual e mecanicamente estão na Tabela 12.

As medidas de dimensões das matérias-primas recebidas apresentaram valores acima das especificadas pelo Instituto Agronômico de Campinas (09) (14).

Quanto às dimensões do arroz beneficiado foram menores que às apresentadas por USBERTI et al (110), sendo que os equipamentos de beneficiamento utilizados foram distintos.

IAC-25 apresentou relação C/L = 2,91 e IAC-47, 2,67 enquanto que USBERTI et al encontraram 2,74 para IAC-25 e 2,63 para IAC-47, apresentando compatibilidade com relação a este último.

Observou-se ainda que as culturas foram desenvolvidas em locais e anos distintos.

4.1.3. Características químicas

Através das determinações químicas a composição do arroz brunido está presente na Tabela 13.

A composição de carbohidratos foi determinada pela diferença dos demais componentes, ou seja, proteínas, gorduras e cinzas.

Tabela 12 Dimensões de Arroz sem Tratamento

Cultivar	IAC-25			IAC-47		
	em casca	beneficiado		em casca	beneficiado	
		manual	mecan.		manual	mecan.
comprimento (mm)	10,06	7,56	7,28	9,59	7,42	7,24
largura (mm)	3,08	2,68	2,46	3,11	2,67	2,70
espessura (mm)	2,20	2,09	2,05	2,14	2,10	2,11

Tabela 13 Composição de arroz brunido, em base seca

Cultivar		IAC-25	IAC-47
Proteína	(%)	6,78	6,72
Gordura	(%)	0,25	0,38
Cinzas	(%)	0,26	0,35
Carboidratos	(%)	92,71	92,51
Tiamina	(mg/100g)	0,07	0,05
Riboflavina	(mg/100g)	0,03	0,01
Nicotinamida	(mg/100g)	3,5	3,4
Ferro	(mg/100g)	0,50	0,48
Cálcio	(mg/100g)	6,3	6,2
Fósforo	(mg/100g)	7,8	77,8

Os resultados encontrados de composição química estão de acordo com a Tabela 03, com exceção de fósforo que apresentou valor muito abaixo de JULIANO (62).

De acordo com TEIXEIRA (107), a composição de gordura para IAC-25 é de 2,07% e 2,68% para IAC-47, ambos arroz pardo.

Segundo GARIBOLDI (52), 80% das gorduras estão presentes no farelo, logo os resultados de gordura apresentados na Tabela 13 estão próximos aos dados de TEIXEIRA (107).

4.2. COMPORTAMENTO DO ARROZ EM CASCA DURANTE O PROCESSO

4.2.1. Discussão sobre as etapas da parboilização

4.2.1.1. Maceração

Nos testes definitivos, foi realizada maceração com renovação contínua de água, evitando-se alterações de odor e sabor durante a operação (23) (32) e (100).

Os grãos não apresentaram rompimento da casca ao final da maceração, mesmo no tratamento mais severo de 70°C por 5 horas para ambas as cultivares (52) (93).

A umidade dos grãos após a maceração encontra-se na Tabela 14.

Tabela 14 Umidade média de arroz em casca após a etapa de maceração de 3 e 5h.

Cultivar	IAC-25		IAC-47	
	Temperatura (°C)			
tempo(h)	60	70	60	70
03	25,9	26,2	25,1	26,1
05	29,2	30,7	28,2	29,7

A umidade após 3 horas de maceração, a 60°C, foi de 25,9% para IAC-25 e 25,1 para IAC-47, ainda insuficiente para ocorrer gelatinização completa na etapa de autoclavagem, conforme KURIEN et al (72). Porém, a 20% de umidade, ja há início da gelatinização (90).

Após 5 horas de maceraçào, a 60°C, o cultivar IAC-47 atingiu 28,2% de umidade, enquanto que IAC-25 possuia 29,2%. A 70°C todas as amostras já atingiram níveis mais elevados de umidade.

Segundo BHATTACHARYA & RAO (19), a temperatura de maceração é um dos principais fatores de escurecimento, portanto não foi utilizada temperatura de maceração acima de 70°C, pois o rompimento da casca durante o processo, comum a altas temperaturas, leva à migração dos pigmentos da casca ao interrior dos grãos (104).

Temperaturas reduzidas (abaixo de 60°C) causam fermentações, além de ação de microorganismos devido ao tempo excessivo de operação (23). Portanto, a maceração foi realizada a 60° e 70°C.

4.2.1.2. Autoclavagem

O cultivar IAC-25 apresentou rompimento da casca em todos os tratamentos, com exceção dos tratamentos 01 a 04.

O cultivar IAC-47 apresentou rompimento nos tratamentos 09 a 16. BHATTACHARYA (23) comentou sobre o rompimento da casca após a autoclavagem, principalmente com umidade de maceração superior a 29%.

Não foi avaliada a proporção de rompimento de casca, porém, quanto maior a intensidade de calor no tratamento, maior a concentração de grãos com rompimento da casca.

4.2.1.3. Secagem

A secagem foi efetuada continuamente até a umidade de 16-18%, ponto crítico na secagem de arroz, quando são maiores os riscos de ocorrência de fissuras e trincas. Nesta faixa de umidade, recomenda-se o descanso de algumas horas e posterior continuidade de operação de secagem conforme BHATTACHARYA & INDUDHARA SWAMY (20).

Neste presente trabalho, colocou-se o produto no interior do secador durante o período de 12-16h, quando a umidade atingiu 13-14%, podendo ser manuseado e armazenado, conservando-se a qualidade do produto. Esta metodologia

segue a orientação de se manter o grão acondicionado logo após a secagem e beneficiar somente após 48h (20).

Segundo CRAUFURD (36), a temperatura de 36°C apresentou ótimos resultados de rendimento de grãos inteiros, porém, acima de 40°C pode resultar em alta porcentagem de quebras (19).

4.2.1.4. Beneficiamento

O tempo de brunimento, para arroz parboilizado foi maior que para arroz em casca comum, pois o tratamento torna as camadas externas aderentes à superfície do endosperma, dificultando a operação de brunimento (52) (94).

Para os tratamentos 01 a 10, 13 e 14, o tempo de brunimento foi de 1,5 min. Os tratamentos 11, 12, 15 e 16 foram brunidos durante 2,0 min., mesmo assim não apresentaram boa aparência, homogeneidade de grau de beneficiamento em toda superfície, além de maior escurecimento (82).

A separação de grãos inteiros e quebrados no "trieur" foi eficiente, permanecendo entre os grãos inteiros, grãos quebrados de comprimento superior a 3/4 do grão inteiro. O recipiente de recolhimento de grãos quebrados foi posicionado no ponto médio de graduação.

4.2.2. Curva de Maceração

Seguindo o processo descrito em 3.2.2.3. ítem a., foram elaboradas as tabelas de umidade de maceração com o tempo de operação para 60 e 70°C, como ilustram as Tabelas 15 e 16 e Figuras 05 e 06.

De acordo com PRIESTLEY (90), o teor ótimo de umidade após a maceração é de 30%.

BHATTACHARYA (21) estabeleceu tempos ótimos de maceração para evitar o surgimento de grãos com pérolas brancas, para 60°C o tempo mínimo é de 6 horas, com umidade final de 30,7%, não podendo se concluir com os dados apresentados nas Tabelas 15 e 16.

Os tratamentos que apresentaram maior índice de pérolas brancas foram as amostras que sofreram maceração de 3 horas.

Maceração acima de 70°C favorecem o rachamento da casca e maior escurecimento (104), porém, nos dados de maceração em 4.2.1.1., não houve rompimento da casca.

Para a temperatura de 60°C tratado durante 3h, houve apresentação de umidade insuficiente, como mostram as curvas de umidificação, das Figuras 05 e 06.

A 70°C, durante 3h, as umidades já eram razoáveis, porém só atingiu 29-30% com 5h de maceraçào.

IAC-25 absorveu mais umidade que IAC-47, indicando diferenças varietais.

4.2.3. Curvas de secagem

Foram traçadas curvas de secagem para o tratamento 14 dos cultivares IAC-25 e IAC-47. As Tabelas 17 e 18 ilustram o comportamento da secagem, complementadas pela Figura 07.

A secagem se processou com alta taxa de redução de umidade devido à alta vazão de ar, porém, apresentando uma curva característica de secagem, até 18-19% e mantendo o produto no interior do secador até atingir 13%, após 12 horas. Segundo BHATTACHARYA & INDUDHARA SWAMY (20) até 16-18% de umidade, a velocidade de secagem pode ser elevada, aplicando-se descanso e prosseguindo a secagem posteriormente.

4.3. CARACTERIZAÇÃO DE ARROZ PARBOILIZADO

4.3.1. Renda e rendimento de arroz parboilizado

Tabela 15 Umidade de Maceração - IAC-25

Tempo(h)		01	02	03	04	05
Ubu	60°C	19,50	23,35	26,28	28,16	29,13
		20,54	23,02	23,95	27,82	29,58
		20,84	23,54	25,58	26,90	28,22
$\overline{Ubu}$		20,29	23,30	25,27	27,33	28,98
	70°C	20,06	24,86	28,01	29,97	31,05
		21,58	23,98	25,18	28,10	29,63
		20,84	23,59	25,58	28,22	30,76
$\overline{Ubu}$		20,83	24,14	26,19	28,76	30,48

Tabela 16 Umidade de Maceração - IAC-47

Tempo(h)		01	02	03	04	05
Ubu	60°C	20,95	23,10	24,98	26,75	28,13
		21,30	23,71	24,75	26,40	28,15
		18,97	22,15	25,12	27,08	28,26
$\overline{Ubu}$		20,41	23,25	24,92	26,74	28,18
	70°C	23,01	24,87	26,14	27,48	29,08
		21,84	23,92	26,07	28,15	29,78
		24,17	27,07	28,25	29,04	30,90
$\overline{Ubu}$		23,00	25,28	26,82	28,22	29,92

Tabela 17 Secagem de arroz IAC-25

Tempo (min)	0,0	15	30	45	60	75	90	105
Umidade(bs)	46,2	39,66	34,41	30,55	26,9	24,84	21,80	19,76
	45,77	39,28	34,95	31,06	27,55	25,31	22,40	20,19
	47,49	38,89	31,75	29,70	25,79	23,92	21,65	18,06
$\overline{Ubs}$	46,48	39,28	33,70	30,44	26,75	24,69	21,95	19,32

tabela 18 Secagem de arroz IAC-47

Tempo (min)	00	15	30	45	60	75	90	105
Umidade (bs)	50,38	42,45	36,05	29,70	26,26	24,07	21,36	18,76
	47,71	39,47	35,32	31,23	28,04	25,16	22,70	20,63
	48,59	40,85	35,50	30,72	26,10	24,38	21,80	19,33
$\overline{Ubs}$	48,89	40,92	35,62	30,55	26,80	24,53	22,41	19,57

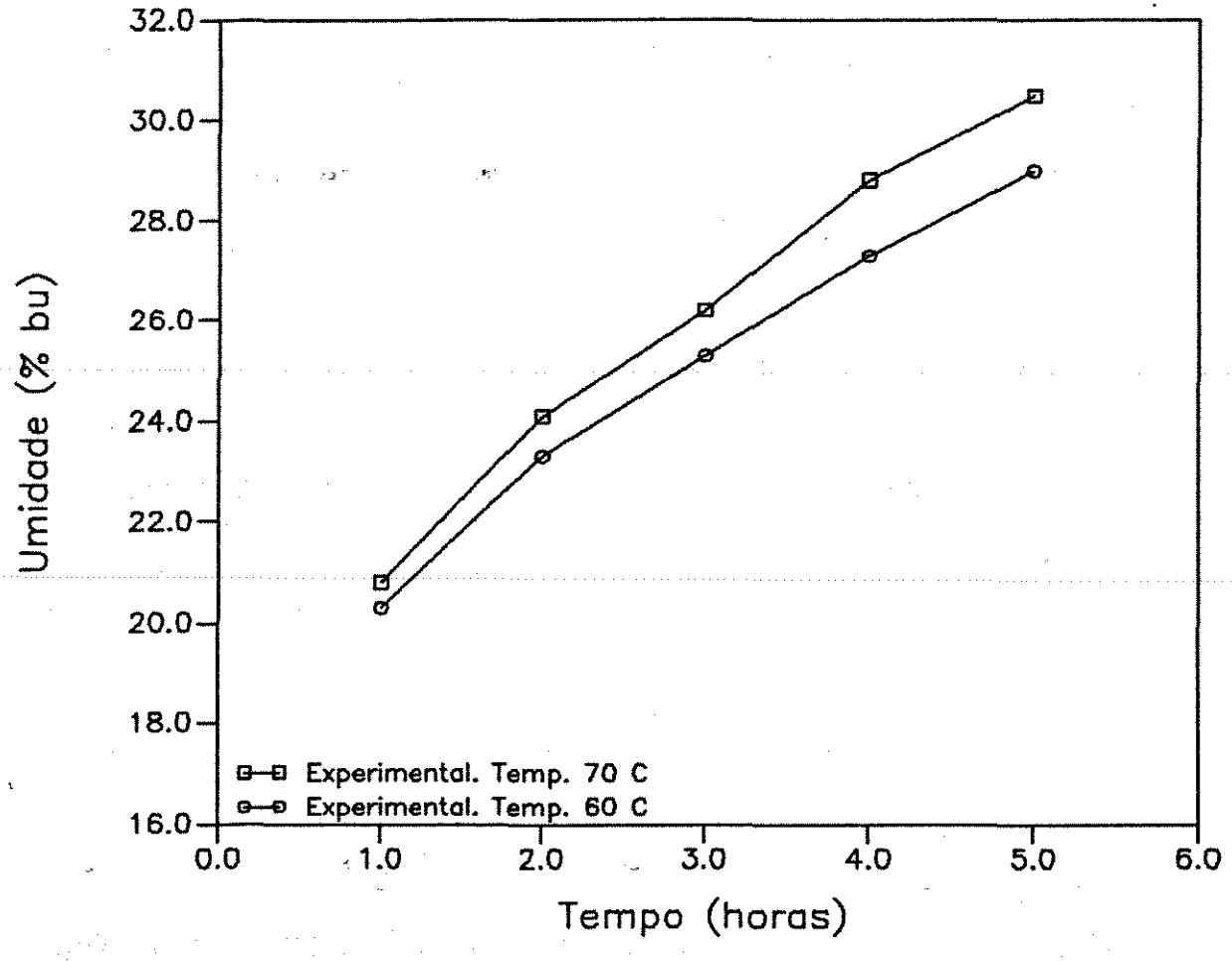

Fig. 05 Curvas de Maceracao. IAC25.

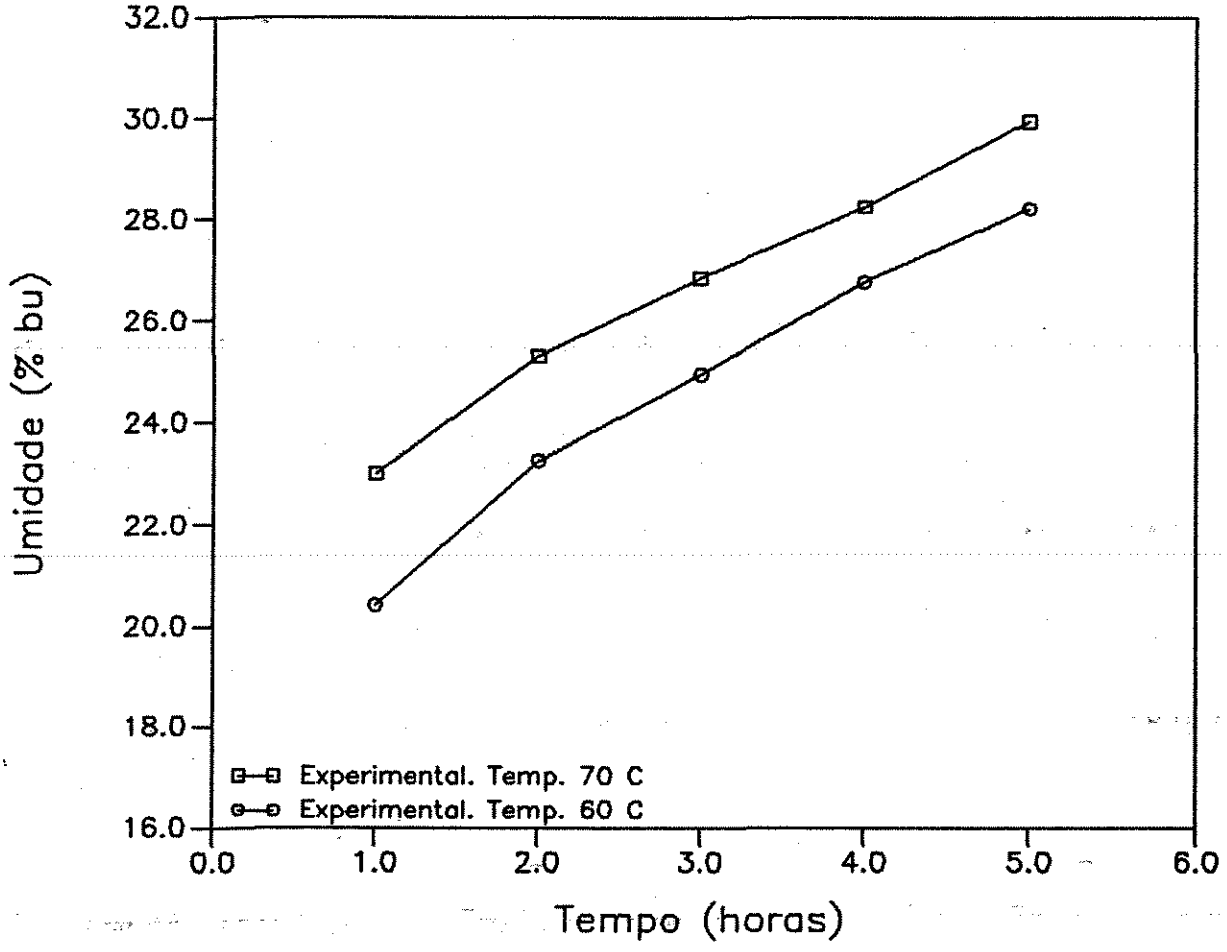

Fig. 06 Curvas de Maceracao. IAC47.

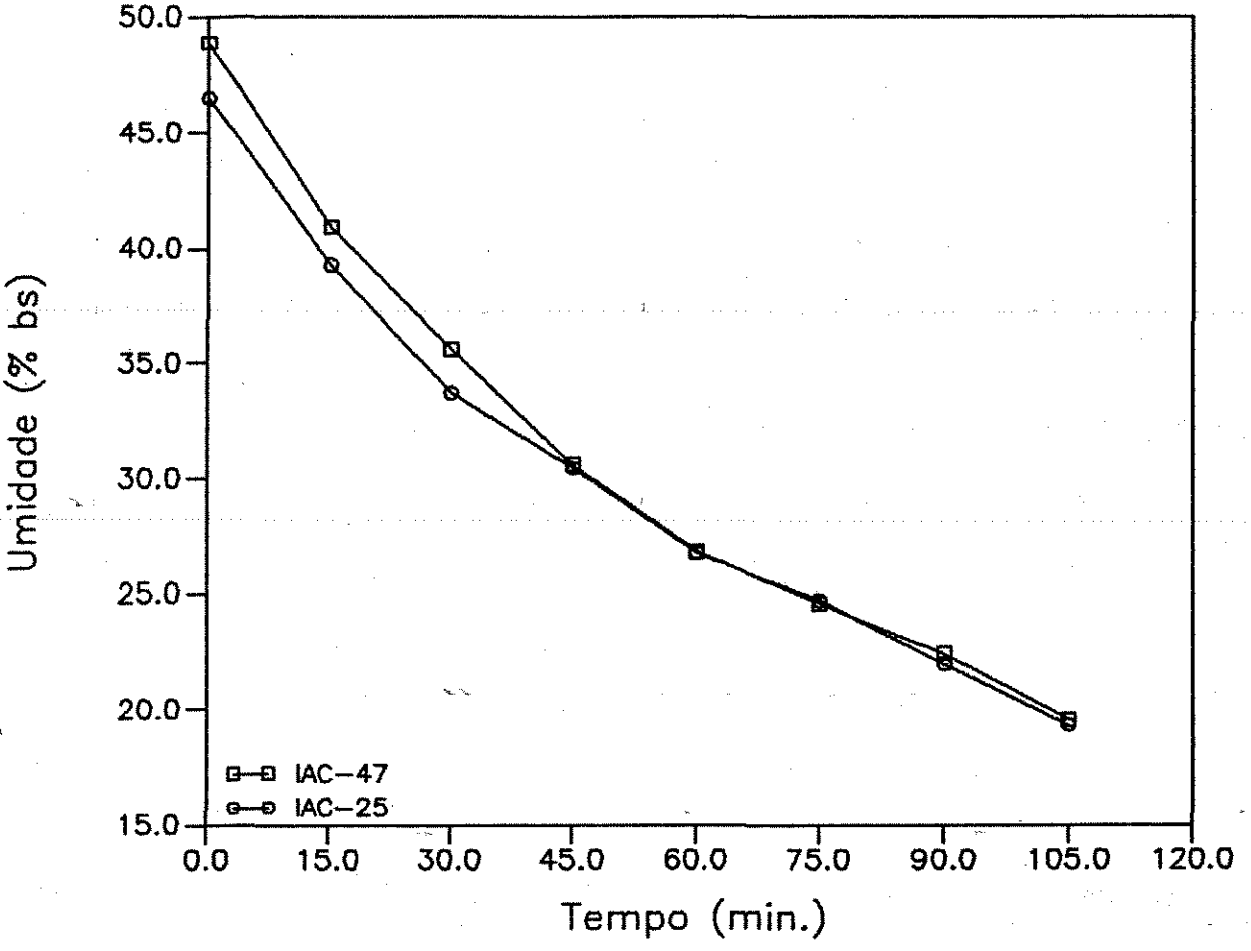

Fig. 07 Curvas de secagem de arroz parboilizado.

Os resultados do beneficiamento estão presentes nas Tabelas 19 e 20, de acordo com os tratamentos de parboilização empregados, conforme a Tabela 06.

Tabela 19 Renda e rendimento de arroz em casca parboilizado IAC-25.

Tratamento	Renda (%)	Rendimento (%)
01	71,0	36,0
02	71,0	41,0
03	73,3	42,3
04	73,7	53,0
05	71,3	56,0
06	72,0	68,7
07	72,7	69,0
08	72,7	70,3
09	70,7	28,0
10	71,3	35,7
11	73,3	64,7
12	75,0	70,3
13	71,3	64,0
14	74,7	71,7
15	74,0	71,0
16	75,0	73,3

Tabela 20 Renda e rendimento de arroz parboilizado IAC-47

Tratamento	Renda (%)	Rendimento (%)
01	72,0	25,7
02	70,3	39,3
03	70,0	53,7
04	71,7	57,7
05	71,7	56,7
06	72,0	67,0
07	72,3	69,7
08	73,7	71,3
09	69,7	46,0
10	71,7	56,0
11	74,3	64,0
12	73,3	66,7
13	72,7	66,7
14	70,7	68,7
15	72,3	71,0
16	73,0	72,0

a) O valor de renda foi homogeneo, cuja média se apresentou como sendo 72,7% para IAC-25 e 72,0% para IAC-47.

b) Os tratamentos que apresentaram baixa umidade após a maceração, foram os tratamentos 01 a 04, 09 a 12 para o cultivar IAC-25 e os tratamentos 01 a 06 e 09 a 12 para IAC-47. Estes tratamentos apresentaram pérolas brancas no centro do grão, porém, esses dados não foram avaliados quantitativamente.

c) Os tratamentos 07, 08, 15 e 16 resultaram em produtos de aparência indesejável após o beneficiamento mesmo com alto rendimento de grãos inteiros, o tegumento e aleurona se aglomeraram ao endosperma, tornando o brunimento dificultado e a superfície do grão apresentou cor heterogênea e além disso ocorrência de distorção da forma, confirmando as pesquisas de MECHAN (82).

d) Os tratamentos 06, 13 e 14 apresentaram melhor aparência visual após o beneficiamento e maior rendimento de grãos inteiros.

4.3.1.1. Análise de Variância

Realizando-se a análise de variância, conforme BOX et al (25) os resultados estatísticos estão tabelados nas Tabelas 21 e 22.

Tabela 21 Análise de variância IAC-25

Origem	gl	S.Q.	Q.M.	F.
Tratamento	15	10388,4	692,56	21,52 **
T	1	330,75	330,75	10,28 **
TM	1	5589,91	5589,91	173,65 **
PV	1	2408,35	2408,35	74,82 **
TV	1	520,03	520,03	16,16 **
T x TM	1	21,23	21,23	0,66
T x PV	1	420,09	420,09	13,05 **
T x TV	1	8,27	8,27	0,26
TM x PV	1	816,75	816,75	25,37 **
TM x TV	1	5,39	5,39	0,17
PV x TV	1	30,07	30,07	0,93
T x TM x PV	1	644,75	644,75	20,03 **
T x TM x TV	1	.75	.75	0,02
T x PV x TV	1	.34	.34	0,01
TM x PV x TV	1	75.00	75.00	2.33
T x TM x PV x TV	1	36.75	36.75	1,14
Resíduo	32	1030.27	32.19	
Total	47	11418.67		

Notação:

T = Temperatura de Maceração; TM= Tempo de Maceração;

PV= Pressão de Vapor; TV= Tempo de Vapor

$F_{1,32,1\%} = 7,50$ ** $F_{1,32,5\%} = 4,15$ *

Tabela 22 Análise de variância IAC-47

Origem	gl	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	15	7744,63	516.31	17,59 **
T	1	927,52	927,52	31,59 **
TM	1	3350,01	3350,01	114,10 **
PV	1	1887,52	1897,52	64,29 **
TV	1	379,69	379,69	12,93 **
T x TM	1	336,02	336,02	11,45 **
T x PV	1	143,52	143,52	4,89 *
T x TV	1	35,02	35,02	1,19
TM x PV	1	462,52	462,52	15,75 **
TM x TV	1	46,02	46,02	1,57
PV x TV	1	130,02	130,02	4,43 *
T x TM x PV	1	11,02	11,02	.38
T x TM x TV	1	2,52	2,52	.09
T x PV x TV	1	17,52	17,52	.60
TM x PV x TV	1	11,02	11,02	.38
T x TM x PV x TV	1	4,69	4,69	.16
Residuo	32	939,35	29,36	
Total	47	8683,98		

Notação:

T = Temperatura de Maceração; TM= Tempo Maceração;

PV= Pressão de Vapor; TV= Tempo de Vapor

$F_{1,32,1\%} = 7,50$ ** $F_{1,32,5\%} = 4,15$ *

Pelos resultados das Tabelas 21 e 22, pode-se fazer os seguintes comentários:

a) Todos os fatores analisados exerceram influência significativa ao nível de 1%, sobre o rendimento de grãos inteiros após o beneficiamento. Baseado nos dados experimentais, pode-se observar que aumentando de nível qualquer dos fatores envolvidos na parboilização, o rendimento aumentou, para ambos os cultivares.

b) Para os resultados apresentados, o tempo de maceração foi o fator que mais influiu no valor do rendimento, para ambos os cultivares, claramente justificado pela exigência de umidade mínima para que haja gelatinização durante a autoclavagem.

c) Pelos valores F, há indicação de que o fator PV também influiu significativamente ao nível de 1% pouco abaixo de TM, para ambos os cultivares.

d) Na maceração, T é fator menos importante que TM e na autoclavagem, TV é menos importante que a pressão de vapor (PV).

e) Nas interações duplas para IAC-25, verificou-se que TM x TV e TM x PV apresentaram influência significativas no teor de grãos inteiros. Variando-se um dos fatores da interação, é necessário variar-se o outro, para obtenção do mesmo rendimento de grãos inteiros.

f) As interações T x TM e TM x PV apresentaram influência significativa ao nível de 1% nos teores de grãos inteiros, sendo que isoladamente, o fator TV, teve menor influência que a interação TM x PV.

g) Para o cultivar IAC-47, as interações T x PV e PV x TV apresentaram influência significativa a nível de 5%, indicando interferência menor que as interações citadas em f.

h) A interação tripla T x TM x PV foi significativa ao nível de 1%. Pode-se explicar que a maceração exige uma umidade final acima de 29% para que durante a autoclavagem, o rendimento seja elevado, mesmo que a intensidade de autoclavagem não seja tão intensa.

i) Merece destaque, a diferença apresentada entre os cultivares na interação T x TM, que foi significativa para IAC-47 e não significativa para IAC-25. Este fato parece indicar que há influência no processo, provavelmente de alguma das propriedades físicas do arroz. As curvas de

maceração, Figuras 05 e 06, indicam uma capacidade de absorver água de forma distinta, sendo que IAC-25 absorve mais que IAC-47, no intervalo de tempo estudado. Isto facilitou a interação ter influenciado na 2ª variedade e não na 1ª. As curvas de umidade de equilíbrio podem confirmar estas hipóteses.

4.3.2. Características Físicas

4.3.2.1. Umidade

Após a secagem do arroz parboilizado, foi determinada umidade 24h após a operação.

Os resultados de umidade antes e após o beneficiamento estão presentes na Tabela 23.

Tabela 23 Umidade de arroz parboilizado em casca e brunido

Cultivar	IAC-25	IAC-47
Ubu_1 (%)	13,0	12,8
Ubu_2 (%)	13,3	13,0

1 - arroz em casca

2 - arroz brunido

Arroz parboilizado apresentou umidade superior à do arroz recebido, seja em casca ou brunido, sendo que IAC-25 apresentou maior capacidade de retenção de água, como já foi comentado em 4.1.2.1.

4.3.2.2. Umidade de equilíbrio

De acordo com a metodologia descrita em 3.2.1.2. ítem b, os resultados de umidade de equilíbrio foram obtidos como mostram as Tabelas 24 e 25.

Tabela 24 Média dos dados experimentais e valores estimados de umidade de equilíbrio (bs) de arroz parboilizado em casca e brunido em função da umidade relativa IAC-25.

UR	$UE_{q_1 ex}$	$UE_{q_1 t}$	$UE_{q_2 ex}$	$UE_{q_2 t}$
10	5,3	6,3	6,2	6,1
20	8,1	8,4	8,2	8,4
30	9,8	10,1	10,5	10,3
40	11,5	11,6	12,0	12,0
50	14,6	13,1	14,0	13,7
60	15,5	14,6	15,6	15,4
70	16,6	16,2	17,2	17,3
80	17,4	18,1	18,8+	19,6
90	20,3+	20,8	23,3+	22,8

1 - arroz em casca

2 - arroz brunido

ex- valores experimentais

t - valores estimados

+ - contaminação de fungos

Tabela 25 Média dos dados experimentais de umidade de equilíbrio (bs) de arroz parboilizado em casca e brunido em função da umidade relativa IAC-47.

UR	$\overline{UEq_{1}}ex$	$\overline{UEq_{1}}t$	$\overline{UEq_{2}}ex$	$\overline{UEq_{2}}t$
10	3,2	3,2	4,6	4,8
20	4,2	4,8	6,0	6,7
30	6,0	6,3	8,5	8,3
40	7,5	7,7	9,9	9,9
50	9,6	9,2	11,8	11,2
60	11,3	10,7	12,9	12,7
70	12,9	12,5	14,6	14,4
80	14,6	14,7	16,5+	16,4
90	17,6+	18,0	18,9+	19,3

1 - arroz em casca

2 - arroz brunido

ex- valores experimentais

t - valores estimados

+ - contaminação de fungos

Tabela 26 Estimação de parâmetros de umidade de equilíbrio de arroz parboilizado à temperatura de 20-25°C.

Cultivares	n	k	r	t
IAC-25				
em casca	2,58	$7,3 \times 10^{-4}$	0,986	15,53
brunido	2,35	$4,9 \times 10^{-4}$	0,997	35,93
IAC-47				
em casca	1,78	$4,5 \times 10^{-5}$	0,972	10,92
brunido	2,22	$1,1 \times 10^{-5}$	0,992	21,06

Através desses dados, foi testado o modelo matemático de HENDERSON (55), que forneceu os gráficos ilustrados nas Figuras 08 e 09.

O modelo apresentou excelente coeficiente de correlação (0,972 a 0,998), com significância de 0,05% pelo teste t de STUDENT.

4.3.2.3. Dimensões

Arroz parboilizado pelo tratamento 14 foi utilizado para medida das dimensões do grão em casca, beneficiado manual e mecanicamente, que se encontram na Tabela 27.

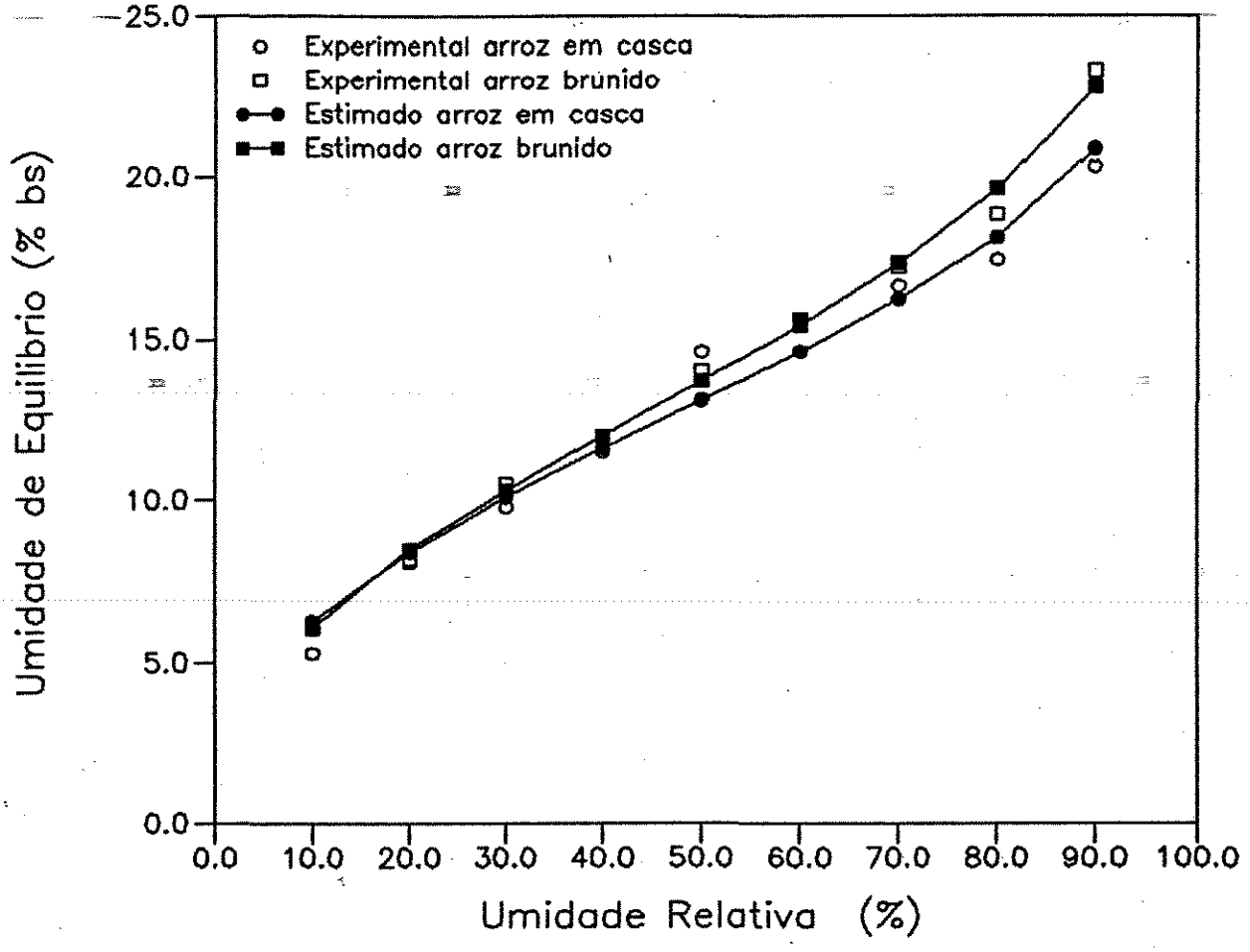

Fig. 08 Curvas de umidade de equilibrio. IAC25. Arroz parboilizado.

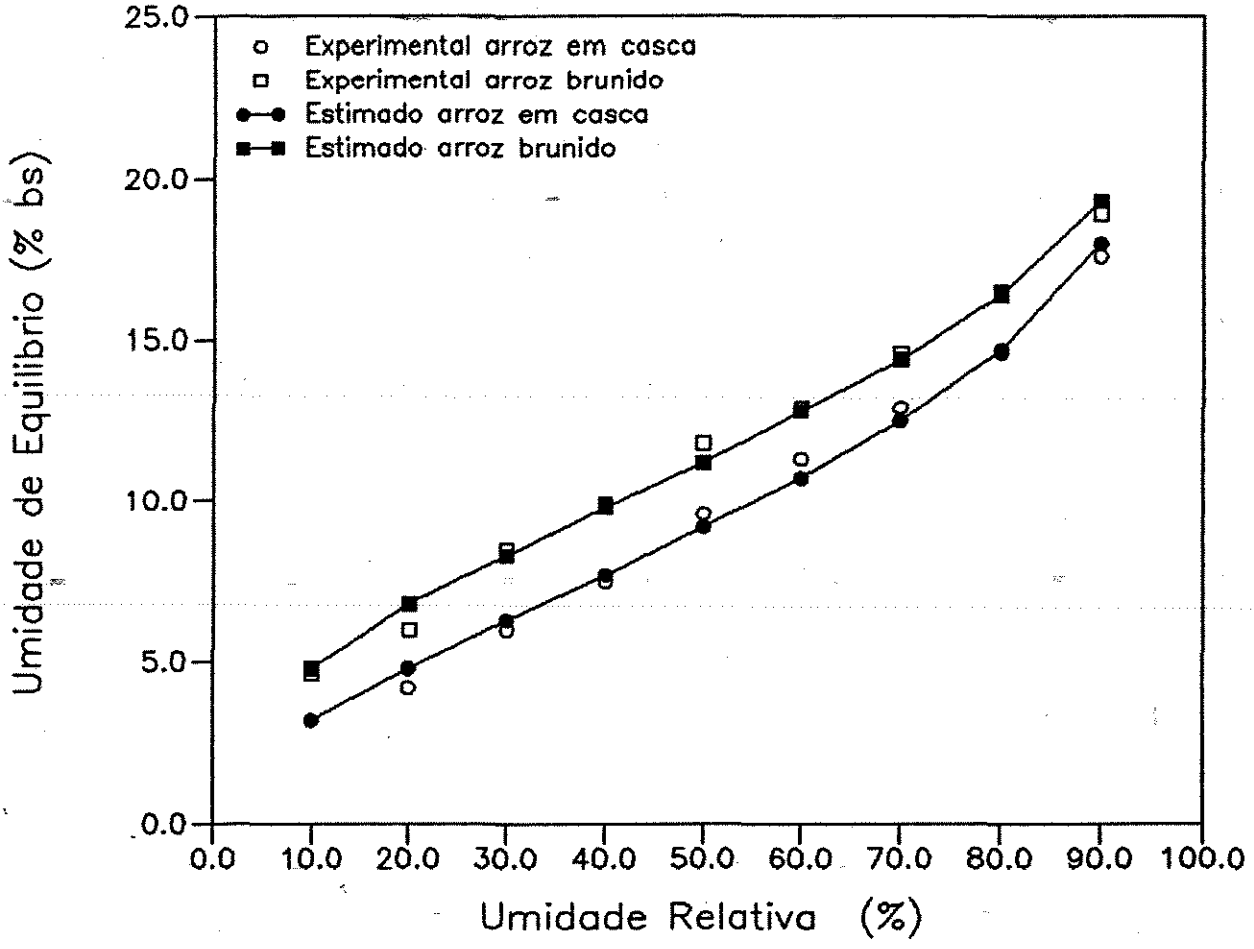

Fig. 09 Curvas de umidade de equilibrio. IAC47. Arroz parboilizado.

Os grãos apresentaram um pequeno aumento nas dimensões de largura e espessura. Além disso, verificou-se que, após o beneficiamento mecânico, o arroz brunido (Tabela 12) apresentou maior dimensão que arroz parboilizado brunido, sendo explicado pela dificuldade de brunimento de arroz parboilizado, mesmo aumentando-se o tempo de brunimento.

4.3.3. Características químicas

Através das determinações químicas, a composição do arroz parboilizado brunido está na Tabela 28.

Tabela 28 Composição de arroz parboilizado brunido,, em base seca.

Cultivar		IAC-25	IAC-47
Proteína	(%)	10,12	7,0
Gordura	(%)	0,50	0,73
Cinzas	(%)	0,53	0,57
Carbohidrato	(%)	88,85	91,70
Tiamina	(mg/100g)	0,24	0,27
Riboflavina	(mg/100g)	0,02	0,03
Niacina	(mg/100g)	6,75	7,85
Ferro	(mg/100g)	1,17	1,12
Cálcio	(mg/100g)	10,30	9,75
Fósforo	(mg/100g)	11,78	10,70

O arroz parboilizado apresentou acréscimo substancial no teor de vitaminas do complexo B, conforme já afirmavam KIK & WILLIAMS (66). Segundo PADUA & JULIANO (86), as perdas de tiamina em arroz integral foram consideráveis, porém, o arroz polido parboilizado apresentou concentração de vitamina B_1 maior que o arroz brunido comum.

Nos resultados apresentados na Tabela 28, somente a vitamina B_2 não apresentou variação com o tratamento de parboilização.

Os minerais seguem o mesmo comportamento das vitaminas, aumentando consideravelmente após o tratamento de parboilização, conforme DOESTHALE et al (39).

O teor de proteínas para os cultivares IAC-25 e IAC-47 apresentaram resultados distintos.

IAC-25 apresentou 10,12% de proteína após a parboilização, enquanto que o arroz brunido comum possuía apenas 6,78%.

Já IAC-47, que foi lançado como o cultivar com alta concentração proteica (14), não apresentou alto teor de proteínas após a parboilização.

4.3.4. Análise sensorial

A análise sensorial constituiu de duas etapas: cozimento, onde é analisada a absorção d'água e a expansão dos grãos após o cozimento e a 2ª etapa é a avaliação organoléptica do produto cozido.

Os tratamentos escolhidos para avaliação sensorial foram 05, 10, 13 e 14 da Tabela 06.

4.3.4.1. Cozimento

Utilizando-se a metodologia descrita em 3.2.4.1., os resultados estão expostos na Tabela 29.

Pela Tabela 29, pode-se tecer os seguintes comentários:

a) A maioria das amostras apresentou absorção d'água entre 1,45 e 1,75 com exceção do tratamento nº 10 (maceração a 70ºC por 3 horas e autoclavagem por 5 minutos) da cultivar IAC-25 que apresentou valor 1,02.

A amostra comercial apresentou absorção de 1,61, o que indica que todos os tratamentos são compatíveis com o comercial, com exceção citada acima.

Não foi possível relacionar através dos cálculos de absorção d'água, o comportamento de cada cultivar.

b) Com relação à expansão de volume, os tratamentos apresentaram, após a cocção, acréscimo de volume na faixa de 1,3 a 2,0, com exceção do tratamento nº 10 da cultivar IAC-47 que apresentou valor de 1,07. Em todas as amostras foram utilizadas 10g de arroz beneficiado, porém o volume ocupado pelo tratamento 10 foi de 16,3ml, enquanto que as demais amostras ocupavam de 12,5 - 15ml. Portanto, pode ter ocasionado um erro de leitura uma vez que o volume após o cozimento variou de 29-37ml e amostra 10 acusou 33,7ml.

Tanto para o cultivar IAC-25 como IAC-47, a expansão de volume apresentou uma certa correlação. IAC-25 apresentou maior expansão de volume que IAC-47 para todas as amostras.

Os tratamentos de maceração durante 5 horas (04, 13 e 14) apresentaram capacidade de expansão de volume maior que o tratamento 10 para ambas as cultivares.

Diversos pesquisadores, KIK et al (66), DESIKACHAR (37) e KURIEN (72), já afirmaram que arroz parboilizado apresenta menor absorção d'água durante o cozimento e necessita de maior tempo de cocção, por outro lado, retém muito bem sua forma, é mais solto, menos aglomerado, perde menos sólido na água de cocção que arroz brunido comum.

A expansão de volume de arroz parboilizado foi maior que arroz polido normal, quando cozidos a 20 e 30 min., respectivamente (72).

Segundo BHATTACHARYA & RAO (19), quanto mais severo o tratamento de maceração e autoclavagem, menor será a absorção d'água.

4.3.4.2. Degustação

Os dados experimentais de degustação foram obtidos através de avaliação em escala estruturada de 01 a 09.

Os valores médios estão relacionados na Tabela 30, com dados dos cultivares IAC-25 e IAC-47 e ainda arroz parboilizado comercial.

Os dados apresentados na Tabela 30 foram tratados estatísticamente, tendo sido realizada a análise de variância segundo o delineamento de blocos incompletos do tipo V e o teste de médias de TUKEY.

A análise de variância visa básicamente verificar se existem diferenças significativas entre os tratamentos, ou seja, verificar se os diferentes tratamentos produzem efeitos sobre os parâmetros sensoriais, medidos como odor, sabor,

Tabela 27 Dimensões de Arroz Parboilizado

Cultivar	IAC-25			IAC-47		
	em casca	beneficiado		em casca	beneficiado	
		manual	mecan.		manual	mecan.
comprimento (mm)	10,06	7,47	7,59	9,31	7,19	7,13
largura (mm)	3,18	2,68	2,61	3,20	2,78	2,67
espessura (mm)	2,28	2,11	2,06	2,22	2,11	2,06

Tabela 29 Dados experimetais de cozimento de arroz parboilizado brunido

Cultivar	IAC-25					IAC-47			
Amostra	C	1	2	3	4	1	2	3	4
Peso Inicial	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Peso Cozido	26,13	26,49	20,29	23,31	25,64	24,51	26,94	26,15	27,44
Volume Inicial	13,1	12,5	12,5	12,5	12,5	15,0	16,3	15,0	13,8
Volume Cozido	35,0	36,3	28,8	37,5	35,0	35,0	33,7	35,0	36,3
Absorção d'água	1,01	1,64	1,02	1,73	1,56	1,45	1,69	1,61	1,74
Expansão Volume	1,66	1,90	1,30	2,00	1,80	1,33	1,07	1,33	1,63

Tabela 30 Média dos dados experimentais de degustação

Cultivar	IAC-25					IAC-47				
Amostra	C	1	2	3	4	C	1	2	3	4
Odor	6,745	6,876	6,774	6,976	6,904	7,004	7,163	7,181	6,926	6,970
Sabor	6,583	6,176	6,288	6,267	6,245	6,934	6,554	6,608	6,509	6,612
Textura	6,901	5,655	6,665	5,737	6,306	6,749	6,450	6,602	6,349	6,427
Preferência	6,739	6,037	6,310	6,153	6,257	6,772	6,440	6,469	6,113	6,904

textura e preferência, testados pelo fator F. Se apresentar diferença significativa na análise de variância, realizou-se o teste de TUKEY comparando-se as médias 2 a 2, concluindo-se sobre os melhores tratamentos.

a) Odor

Não houve diferenças significativas entre as amostras. IAC-25 apresentou médias (6,77 - 6,98) inferiores a IAC-47 (6,92 - 7,18).

b) Sabor

Não houve diferenças significativas entre as amostras. IAC-25 apresentou médias entre 6,17 - 6,29 enquanto que as médias do cultivar IAC-47 foram pouco maiores entre 6,50 - 6,61.

c) Textura

Para o cultivar IAC-47 não houve diferenças significativas para a textura de arroz após o cozimento.

O cultivar IAC-25 apresentou diferenças significativas. com relação à amostra comercial. A amostra 2 apresentou maior média diferindo ao nível de 1% das amostras 1 e 3. A amostra 1 diferiu ao nível de 1% da amostra 2 e a 5% da amostra 4.

As amostras 2 e 4 diferiram entre si ao nível de 1% de significância.

Ordenando-se as amostras tem-se: c, 2, 4, 1 e 3.

d) Preferência

Não houve diferenças significativas entre as amostras.

A textura de arroz parboilizado é diferente do arroz brunido comum cozido. Consumidores de arroz parboilizado consideram arroz brunido comum insípido e muito macio, enquanto que os consumidores de arroz comum consideram o arroz parboilizado muito duro e solto demais, conforme relatou EL-DASH et al (43).

5. CONCLUSÕES

De acordo com as condições do desenvolvimento da pesquisa, podem-se tirar as seguintes conclusões:

5.1. A parboilização contribuiu para melhorar a qualidade do arroz brunido, tanto no valor nutricional, quanto no rendimento de grãos inteiros.

5.2. Os fatores envolvidos no tratamento de parboilização, tempo e temperatura de maceração e tempo e pressão de vapor de autoclavagem, influíram significativamente no rendimento de grãos inteiros. O fator tempo de maceração foi o que apresentou maior influência.

5.3. O produto que apresentou maior rendimento de grãos inteiros e melhor aparência após o beneficiamento foi o resultado do processo de maceração a 70°C por 5 h, e autoclavagem a 0,5 Kg^{*}/cm^{2} de vapor durante 10 min.

5.4. A concentração de proteínas para ambos os cultivares, aumentou após o processo, passando de 6,78% para 10,12% para IAC-25 e de 6,72 para 7,00 para IAC-47.

5.5. As gorduras tiveram aumento de 100% para os dois cultivares.

5.6. Com relação as vitaminas, o processo também apresentou maior enriquecimento, com exceção da vitamina B_2 que não apresentou variação.

5.7. Os minerais apresentaram maior enriquecimento no arroz parboilizado brunido, sendo que cálcio e fósforo aumentaram em cerca de 70% e ferro acusou 100% de aumento.

5.8. O arroz parboilizado desenvolvido no processo estudado, apresentou características semelhantes ao arroz parboilizado comercial, em relação aos testes de odor, sabor e preferencia.

5.9. O cultivar IAC-25 apresentou maior expansão de volume que o cultivar IAC-47 e arroz parboilizado comercial para todas amostras testadas, após o cozimento.

5.10. Todas as amostras dos cultivares IAC-25 e IAC-47 apresentaram absorção d'água superior a amostra comercial, após o cozimento.

5.11. O processo de maceração com circulação d'água apresentou produto de melhor aspecto comparado ao arroz macerado em vidro fechado.

5.12. O cultivar IAC-25 apresentou maior capacidade de absorçao d'água durante a etapa de maceração.

5.13. Foram determinadas as curvas de umidade de equilíbrio para arroz parboilizado. Os parâmetros encontrados para a equaçao de HENDERSON foram: para a cultivar IAC-25, o parâmetro n teve valor de 2,58 para arroz em casca, 2,35 para arroz brunido, sendo o parâmetro k, 7,3 x 10^{-6} para arroz em casca e 4,9 x 10^{-6} para arroz brunido; IAC-47 apresentou n de 1,78 para arroz em casca e 2,22 para arroz brunido, enquanto k foi de 4,5 x 10^{-5} para arroz em casca e 1,1 x 10^{-5} para arroz brunido, à temperatura ambiente (20-25°C).

6. Referência Bibliográfica

01. A.A.C.C. Aproved methods of the American Association of Cereal Chemists 7 ed. St. Paul, Minn. A.A.C.C., 2V, 1969.

02. ALI, N. & OJHA, T.P. Parboiling. In . Rice Postharvest Technology. Araullo, E.V.; De Padua, D.B.; Graham, M. (Editors) International Development Research Center. Otawa Canadá, 1976.

03. ALI, N. & PANDYA, A.C. Basic concept of parboiling of paddy. Journal of Agricultural Engineering Research 19(4):111-115, 1974.

04. ALI, S.Z. & BHATTACHARYA, K.R. Starch retrogradation and starch damage in parboiled rice and flaked rice. Die Starke 28(7):233-240, 1976.

05. ALI, S.Z. & BHATTACHARYA, K.R. Studies on pressure parboiling of rice. Journal of Food Science Technology. 19(6):236-242, 1982.

06. A.O.A.C. Aproved methods of the Association of Oficial Agricultural Chemists. 12 ed. Washington D.C., A.O.A.C., 1975.

07. AUTREY, H.S.; GREGORIEFF, W.W. Effect on milling conditions on breakage of rice grains. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 3(7):593-599, 1955.

08. ARNT, M. Origem e desenvolvimento do arroz parboilizado Lavoura Arrozeira. 30( ): 21-22, 1977.

09. AZZINI, L.E.; BANZATTO, N.V.; SOAVE, T.; SOUZA, D.M.; ALOISI SOBRINHO, J. & ROCHA, T.R. IAC-25: Nova cultivar precoce de arroz de sequeiro para o estado de São Paulo. In I Reunião de técnicos em rizicultura do estado de Sào Paulo. Anais. Campinas - S.P., 1979.

10. BAKSHI, A.S. & SINGH, R.P. Drying of high moisture parboiled rice. ASAE Paper 79-6006, 1979.

11. BAKSHI, A.S. & SINGH, R.P. Kinetics of water diffusion and starch gelatinization during rice parboiling. Journal of Food Science Technology. 45(5): 1387-1392, 1980.

12. BAN, T. Rice cracking in high rate drying Japan Agricultural Research Quarterly. 6(2):113-116. 1971.

13. BANDYOPADHYAY, S. & ROY, N.C. A semi-empirical correlation for prediction of hydration characteristics of paddy during parboiling . Journal of Food Technology. 13(2):91-98, 1978.

14. BANZATTO, N.V.; AZZINI, L.E.; SOAVE, T.; SOUZA, D.M.; R ROCHA, T.R. & ALOISI SOBRINHO, J. IAC-47: Nova cultivar de arroz de sequeiro. Circular nº 99. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas-S.P., 1978.

15. BARBER, S.; & BARBER, C.S. Una aproximación de la medición objetiva del grado de elaboración del arroz. Revista Agroquímica Y Technologia de Alimentos. 17(2)223-234, 1977.

16. BARR, H.T. & COONROD, L.G. Present status of bulk drying and storage of rice on the farm. The Rice Journal. 54(8):12-17, 1951.

17. BEENY, J.M. & NGIN, C.S. Multipass Drying of paddy in the humid tropics. Journal of Agricultural Engeneering Research 15(4):364-374, 1970.

18. BHATTACHARYA, K.R. & SUBBA RAO, P.V. Processing conditions and milling yield in parboling of rice. Journal of Agricultural and Food Chemistry 14(5): 473-475, 1966.

19. BHATTACHARYA, K.R. & SUBBA RAO, P.V. Effect of processing conditions on quality of parboiled rice. Journal of Agricultural and Food Chemistry 14(5): 476-479, 1966.

20. BHATTACHARYA, K.R. & INDUDHARA SWAMY, Y.M. Conditions of drying Parboiled paddy for optimum milling quality. Cereal Chemistry 44( ):592-600, 1967.

21. BHATTACHARYA, K.R. Breakage of rice during milling and effect of parboiling. Cereal Chemistry 46( ):478-485, 1969.

22. BHATTACHARYA, K.R. Breakage of rice during milling: a review. Tropical Science 22(3):255-276.

23. BHATTACHARYA, K.R. & ALI, S.Z. Changes in rice during parboiling and properties of parboiling rice. In Advances of Cereal Science and Technology, Vol.VII, ed by Pomeranz, Y., 362p, A.A.C.C., 1984.

24. BLUMENSCHEIN, A.; AQUINO, A.R.; BLUMENSCHEIN, F. & DALL'ACQUA, F. A cultura do arroz de sequeiro no Brasil: problemas e perpectivas. In Simpósio sobre cultura do arroz de sequeiro. Jaboticabal, Instituto de Potassa e Fosfato, 1983.

25. BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G. & HUNTER, J.S. In Statistics for Experimenters. Ed. by John Wiley & Sons, Inc. U.S.A., 1978.

26. BRANDÃO, S.S. GALVÃO, J.D. & OLIVEIRA, L.M. Relação entre umidade dos grãos na colheita do arroz e o rendimento total e de grãos inteiros, no beneficiamento. Revista Ceres, 17(91):35-46, 1970.

27. BRASIL, Ministério da Agricultura. Classificação do arroz - Portaria nº 205 de 09/11/81. Lavoura Arrozeira, 35(333):03-12, 1981.

28. BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W. & HALL, C.W. Drying Cereal Grains. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 265 p., 1974.

29. CAILLEAU, R.; KIDDER, L.E. & MORGAN, A.F. The thiamine content of raw and parboiled rice. Cereal Chemistry 22( ):50-60, 1945.

30. CALDERWOOD, D.L. & WEBB, B.D. Effect of the method of dryer operation on performance and on the milling and cooking characteristics of rice. Transactions of ASAE 14( ):142-146, 1971.

31. CARVALHO, G.J. Colheita, secagem e armazenamento de arroz. Informe Agropecuário, 5(55):76-80, 1979.

32. CEREDA, M.P.; BONASSI, I.A. & GIL, A.R. Maceração do arroz. Lavoura Arrozeira, 36(346):34-38, 1983.

33. CHATTOPADHYAY, P.K.; HAMMERLE, J.R. & HAMANN, D.D. Time, temperature and moisture effects on the failure strengh of rice. Cereal Foods World, 24(10):514-516, 1979.

34. CHINNASWAMY, R. & BHATTACHARYA, K.R. Relationship between amylose content and expansion characteristics of parboiled rice. Journal of Cereal Science, 2( ):273-279, 1984.

35. COCHRAN, W.G. & COX, G.M. In Experimental designs. John Wiley & Sons, U.S.A., 611p., 1957.

36. CRAUFURD, R.Q. Sorption and desorption in raw and parboiled paddy. Journal of Science and Food Agriculture, 14(10):744-750, 1963.

37. DESIKACHAR, H.S.R. & SUBRAHMANYAN, V. Expansion of new and old rice during cooking. Cereal Chemistry, 36(7):385-3914, 1959.

38. DIMOPOULOS, J.S. & MULLER, H.G. Effect of processing conditions on protein extraction and composition and on some other physicochemical characteristics of parboiled rice. Cereal Chemistry, 49(1):54-62, 1972.

39. DOESTHALE, Y.G.; DEVARA, D.; RAO, S. & BELAVARY, D. Effect of milling on mineral and trace element composition of raw and parboiled rice. Journal of Science and food Agriculture, 30( ):40-46, 1979.

40. DORFMAN, E. & ROCHA, J.L.V. Ponto de colheita e temperatura de secagem na qualidade do arroz. Lavoura Arrozeira, 30( ):69-74, 1980.

41. DUNG, N.V.; BOWREY, R.G. & FOWLER, R.T. Variables affecting the drying rate of paddy rice. Food Technology in Australia, 32(12):604-606, 1980.

42. DUSI, D.N. Características de hidratação de arroz em casca, cultivar EMPASC-101, e o efeito do método de [illegible]zação sobre o valor nutricional. Viçosa 1982 (Tese de mestrado - Faculdade de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa).

43. EL-DASH, A.; SHAHEEN, A. & EL-SHIRBEENY, A. The effect of parboiled on the consumer acceptance of rice. Cereal Foods World, 20(2):101-103, 112, 1975.

44. FALCONE, M. & PRIETTO, R.P. Estudo sobre a parboilização de seis variedades de arroz. Parte I: algumas características e curvas de umidecimento. Boletim SBCTA 17(3):219-233, 1983.

45. FAO. PRODUCTION YEARBOOK. FAO, Rome 1985.

46. FERRAZ, E.C. Fisiologia da cultura de arroz. In Simpósio sobre cultura de arroz de sequeiro. Jaboticabal, Instituto da Potassa e Fosfato, 1983.

47. FERREL, R.E. & PENCE, J.W. Use of amylograph to determine extent of cooking in steamed rice. Cereal Chemistry, 41(1):1-9, 1964.

48. FONTANA, C. Secagem de arroz parboilizado. Série Cadernos Didáticos Nº 4, UF Santa Maria, 1986.

49. FORNASIERI FILHO, D. Manejo da cultura de arroz de sequeiro. In Simpósio sobre cultura de arroz de sequeiro. Jaboticabal, Instituto da Potassa e Fosfato, 1983.

50. FRANCO, C.M. Estudos sobre conservação de Sementes Bragantina 3(6):137-149, 1943.

51. GALVÉZ, U.V.M.; BRANDÃO, S.S.; GALVÃO, J.D. & CONDÉ, A.R. Relação entre a umidade dos grãos, na colheita do arroz, e a produção, o rendimento no beneficiamento e a qualidade da semente. Experientiae 19(5):75-94, 1975.

52. GARIBOLDI, F. Parboiled rice. In Rice Chemistry and Technology. Ed. by Houston, D.H., A.A.C.C., St. Paul, Minn., 1972.

53. HALICK, J.V. & KELLY V.J. Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cook behavior. Cereal Chemistry, 36(1):91-98, 1959.

54. HALIM, A. & BHATTACHARYA, K.R. Effect of degree and pressure of milling on the stickness of milled parboiled rice. Journal of Food Quality, 1( ): 349 -358, 1978.

55. HENDERSON, S.M. The curves and characteristics of rice checking. The Rice Journal 57(5):16-18, 1954.

56. HOGAN, J.T. & KARON, M.L. Hygroscopic equilibria of rough rice at elevated temperatures. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 3(10):855-860, 1955.

57. HOGAN, J.T. & PLANCK, R.W. Hydration characteristics of rice as influenced by variety and drying method. Cereal Chemistry, 35(11):469-482, 1958.

58. HOUSTON, D.F.; STRAKA, R.P.; HUNTER, I.R.; ROBERTS, K.L. & KESTER, E.B. Changes in rough rice of different moisture content during storages at controlled temperatures. Cereal Chemistry, 34(11):444-455, 1957.

59. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário estatístico, 1986.

60. JOHNSON, R.M. Light-reflectance meter measures degree of milling and parboiling of parboiled rice. Cereal Chemistry, 42(3): 167-174,1965.

61. JULIANO, B.O. The rice caryopsis and its composition. In Rice Chemistry and Technology. Ed. by Houston, D.F., A.A.C.C., St. Paul Minn., 1972.

62. JULIANO, B.O. Properties of the rice caryopsis. In Rice: Production and Utilization. Ed. by Luh, B.S., AVI Publishing, INC. Westport, Connecticut, 1980.

63. JULIANO, B.O.; ANTONIO, A.A. & ESMANA, B.V. Effects of protein content on the distribution and properties of rice protein. Journal of Science and Food Agriculture 24( ):295-306, 1973.

64. JULIANO, B.O. Starch and protein eating quality of milled rice. National Science Development Board Technology Journal, 4(3):62-72, 1979.

65. KARON, M.L. & ADAMS, M.E. Hygroscopic equilibrium of rice and rice fractions. Cereal Chemistry, 26(1):1-12 1949.

66. KIK, M.C. & VAN LANDINGHAM, F.B. Riboflavin in products of commercial rice milling and thiamin and riboflavin in rice varieties. Cereal Chemistry, 22( ):563-572, 1943.

67. KEPLER-WEBER. Catálogo do equipamento de beneficiamento para testes, 1975.

68. KUNZE, O.R. & HALL, C.W. Relative humidity changes that cause brown rice to crack. Transactions of ASAE, 81( ):396-399,405, 1965.

69. KUNZE, O.R. Moisture adsorption influences in rice. Journal of Food Process Engeenering, 1( ):167-181, 1977.

70. KUNZE, O.R. & PRASAD, S. Grain fissuring potentials in harvesting and drying of rice. Transactions of ASAE 21( ):361-366, 1978.

71. KUNZE, O.R. Fissuring of the rice grain after heated on drying. Transactions of ASAE 22( ): 1197-1207, 1979.

72. KURIEN, P.P.; MURTY, R.R. & DESIKACHAR, H.S.R. Effect of parboiling on the swelling quality of rice. Cereal Chemistry, 41(1):16-22, 1964.

73. LEACH, H.W. Gelatinization of starch. In Methods of Carbohidrates. Ed. by Whistler & Wolfran, Academic Press, 4V, 1962.

74. LECLERC, J.A. The comparative composition of brown and polished rice the losses in material due to polishing. Cereal Chemistry, 9(11):600-602, 1932.

75. LEQUERICA, J.L. & TORTOSA, E. Sancochado de arroces cultivados en Espana y Comportamiento en el proceso. Revista de Agroquimica y Tecnologia de Alimentos, 17(1):42-57, 1977.

76. LU, J.J. & CHANG, T.T. Rice in its temporal and spatial perspectives. In Rice: Production and Utilization. Ed by Luh, B.S., AVI Publishing Company, INC. Westport, Connecticut, 1980.

77. MATTHEWS, J. & SPADARO, J.J. Rice breakage during combine harvesting. Rice Journal, 78(7):59-63, 1975.

78. MATTHEWS, J. & SPADARO, J.J. Breakage of long grain rice in relation to kernel thickness. Cereal Chemistry, 53(1):13-19, 1976.

79. MATTHEWS, J.; WADSWORTH, J.I. & SPADARO, J.J. Rough rice breakage in relation to kernel tickness and hand- and combine-harvested rice. Transactions ASAE, 24(1):255-258, 1981.

80. MATTHEWS, J.; WADSWORTH, J.I. & SPADARO, J.J. Characteristics of the thin rice kernels before and after parboiling. Transactions ASAE, 25( ):818-819, 1982.

81. MC NEAL, X. Effects of drying techniques and temperatures on head rice yields. Agricultural Experimental Station, University of Arkansas, Bulletin 640, 1961.

82. MECHAN, D.K.; KESTER, E.B. & PENCE, J.W. Parboiling characteristics of California medium grain rice. Food Technology, 15( ):475-479, 1961.

83. MENEZES, V.G. Produção de arroz no Brasil. Lavoura Arrozeira, 40(372):24-31, 1987.

84. MESQUITA, C.M. Mecanização da cultura de arroz de sequeiro. In Simpósio sobre cultura de arroz de sequeiro, Jaboticabal, Instituto da Potassa e Fosfato, 1983.

85. OKABE, M. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. Journal of Texture Studies, 10( ):131-152, 1979.

86. PADUA, A.B. & JULIANO, B.O. Effect of parboiling on thiamin, protein and fat of rice. Journal of Science and Food Agriculture, 25( ):607-701, 1974.

87. PEDROSO, B.A. Ponto ideal para a colheita do arroz. Lavoura Arrozeira, 31( ):04-10, 1978.

88. PEDROSO, B.A. & SELISTRE, F. Influência da época de colheita e umidade do arroz no beneficiamento de arroz. Lavoura Arrozeira, 36(340):09-10, 1983.

89. PIXTON, S.W. & WARBURTON, S. Moisture content / relative humidity equilibrium of some cereal grains at different temperatures. Journal of Stored Products Research, 6( ):283-293, 1971.

90. PRIESTLEY, R.J. Moisture requiriments for gelatinisation of rice. Die Starke, 27(12):416-419, 1975.

91. PUZZI, D. Abastecimento e armazenagem de grãos. ICEA, 603p., 1986.

92. RADLEY, J.A. Starch retrogradation. In Starch and its derivative. Ed. by Chapman & Hall, 558p., U.S.A., 1968.

93. RAJ, S.A. & SINGARAVADIVEL, K. Influence of soaking and steaming on the loss of simple constituents in paddy. Journal of Food Science Technology, 17():141-143, 1980.

94. RAO, R.M.R; JAMES, W.H.; NOVAK, A.F. & SHANSUDIN, I.B. Rice processing effects on milling yields, protein content and cooking qualities. Louisiana State University Agricultural Experimental Station, Bulletim 663, 1972.

95. RAO, S.N.R. & JULIANO, B.O. Effects of parboiling on some physicochemical properties of rice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 18(2):289-294, 1970.

96. ROBERTS, R.L.; POTTER, A.L.; KESTER, E.B. & KENEASTER, K.K. Effect of processing conditions on the expanded volume, color and soluble starch of parboiled rice. Cereal Chemistry, 31(3):121-126, 1954.

97. SÃO PAULO. Secretaria da Indústria, Comércio Ciências e Tecnologia. Arroz - produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. 2V., 1981.

98. SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Prognóstico para o ano 80/81, 1980.

99. SHARMA, A.D. & KUNZE, O.R. Post-drying fissure developments in rough rice. Transactions of ASAE, 25():465-474, 1982.

100. SILVA, P.D. Arroz parboilizado. Lavoura Arrozeira, 33():40-49, 1980.

101. SPADARO, J.J.; MATTHEWS, J. & WADSWORTH, J.I. Milling. In Rice: Production and Utilization. Ed by Luh, BD, AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 1980.

102. STEFFE, J.F.; SINGH, R.P. & MILLER, G.E. Harvest, drying and storage of rough rice. In Rice: Production and Utilization,. Ed by Luh, BD, AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 1980.

103. STEFFE, J.F. & SINGH, R.P. Theorical and practical aspects of rough rice tempering. Transactions of ASAE, 23():775-782, 1980.

104. STERMER, R.A. An instrument of objective measurement of degree of milling and color of milled rice. Cereal Chemistry, 45():358-361, 1968.

105. STRONECKER, R. & HENNING, H.M. Analisis de vitaminas: Metodos comprobados. Madrid, Editorial Paz Montalvo, 428p., 1967.

106. SUZUKI. Catálogo do equipamento de beneficiamento.

107. TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & AZZINI, L.E. Teores de proteína, óleo, lisina e triptofano em grãos integrais de diversos cultivares de arroz. Bragantia, 35(39):453-459, 1976.

108. UHLIG, C.W. & HEBERLE, E. Parboilização de arroz em escala industrial. Lavoura Arrozeira, 30():16-19, 1977.

109. UHLIG, C.W. & HEBERLE, E. Arroz parboilizado x arroz macerado. Lavoura Arrozeira, 32():54-56, 1979.

110. USBERTI FILHO, J.A.; AZZINI, L.E.; SOAVE, J.; VITTI, P.; LEITÃO, R.F.; PIZZINATTO, A.; VILLELA, O. & GALLO, P.B. Características agronômicas e de qualidade de produto de cultivares de arroz de sequeiro e irrigado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 21(12):1283-1296, 1986.

111. WILKINSON, L. Systat-the system for statistics. Systat, Inc. Evanston, Il., 1986.

112. WILLIANS, V.R. & FIEGER, E.A. A study of some of the vitamin B-complex factors in rice and its milled products. Cereal Chemistry, 23():540-545, 1944.

7. APÊNDICE

Tabela 31 Dados experimentais de dimensões de arroz em casca, IAC-25

Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)	Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)
01	10,54	3,16	2,32	26	9,16	3,04	2,22
02	10,46	3,38	2,28	27	9,98	3,18	2,46
03	9,84	2,88	1,84	28	9,96	2,92	2,16
04	10,46	3,16	2,24	29	9,84	3,04	2,30
05	10,00	3,12	2,28	30	10,40	3,16	2,26
06	9,86	2,84	2,00	31	10,20	3,14	2,32
07	10,04	3,12	2,24	32	9,98	3,12	2,08
08	10,06	3,12	2,26	33	10,12	3,14	2,20
09	9,94	2,98	2,06	34	10,16	3,20	2,28
10	10,02	3,14	2,26	35	9,84	3,10	1,84
11	10,32	3,10	2,26	36	10,36	3,18	2,34
12	10,50	3,10	2,32	37	9,62	2,86	2,16
13	10,24	3,22	2,22	38	10,16	3,30	2,26
14	10,24	3,12	2,38	39	10,06	3,16	2,32
15	10,12	3,26	2,36	40	9,88	2,88	1,88
16	9,98	2,98	2,10	41	10,08	3,14	2,30
17	10,52	3,18	2,36	42	9,80	2,98	2,04
18	10,14	3,12	2,22	43	10,34	3,16	2,24
19	9,88	2,96	2,06	44	9,92	2,90	2,04
20	10,42	3,16	2,28	45	9,78	2,92	2,02
21	9,82	3,10	2,18	46	9,86	3,12	2,28
22	10,10	3,18	2,32	47	10,26	3,18	2,28
23	9,78	2,98	1,86	48	9,84	2,92	2,02
24	10,20	3,08	2,46	49	10,32	3,12	2,24
25	9,96	2,86	2,00	50	9,80	2,90	2,18
				Média	10,06	3,08	2,19
				D. P.	0,26	0,12	0,15

Tabela 32 Dados experimentais de dimensões de arroz beneficiado manualmente IAC-25

Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)	Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)
01	7,40	2,68	2,00	26	6,86	2,64	1,98
02	8,04	2,74	2,10	27	7,86	2,86	2,06
03	7,34	2,66	2,00	28	7,10	2,74	1,98
04	7,46	2,80	2,08	29	7,52	2,76	2,04
05	8,16	2,72	2,06	30	7,26	2,72	2,02
06	7,36	2,70	2,00	31	7,96	2,62	2,20
07	7,84	2,60	2,00	32	7,34	2,72	2,10
08	7,62	2,66	2,18	33	7,42	2,74	1,98
09	7,34	2,68	2,10	34	7,82	2,84	2,18
10	7,00	2,60	1,94	35	7,62	2,22	2,06
11	8,02	2,76	2,12	36	6,98	2,62	2,00
12	7,04	2,72	2,04	37	8,02	2,60	2,06
13	7,30	2,74	1,96	38	7,30	2,70	2,04
14	7,66	2,72	2,20	39	7,10	2,62	2,00
15	7,84	2,90	2,10	40	7,38	2,46	2,02
16	7,98	2,72	2,10	41	7,54	2,60	2,10
17	7,36	2,70	2,08	42	7,78	2,66	2,20
18	7,02	2,58	1,98	43	8,04	2,70	2,10
19	6,94	2,68	2,12	44	7,38	2,58	2,06
20	7,46	2,50	2,10	45	7,32	2,46	2,12
21	7,84	2,82	2,24	46	7,90	2,70	2,22
22	7,94	2,74	2,26	47	7,58	2,56	1,98
23	7,64	2,68	2,26	48	7,86	2,72	2,18
24	7,62	2,70	2,08	49	7,70	2,68	2,20
25	7,68	2,70	2,06	50	7,80	2,74	2,22
				...	7,55	2,67	2,08
				D. P.	0,34	0,11	0,08

Tabela 33 Dados experimentais de dimensões de arroz beneficiado mecanicamente, IAC-25

Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)	Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)
01	7,28	2,54	2,00	26	7,34	2,58	2,02
02	7,40	2,62	2,02	27	2,22	2,50	1,98
03	7,36	2,62	2,08	28	7,28	2,54	2,10
04	7,52	2,58	2,12	29	7,16	2,50	2,02
05	7,24	2,32	2,00	30	7,52	2,42	2,14
06	7,32	2,56	2,06	31	7,18	2,38	1,98
07	7,28	2,48	2,04	32	6,98	2,28	1,94
08	6,96	2,32	2,02	33	7,24	2,56	2,10
09	7,42	2,52	2,00	34	7,28	2,24	1,98
10	6,94	2,34	2,00	35	7,44	2,40	2,04
11	7,16	2,38	2,10	36	7,28	2,52	2,00
12	7,22	2,58	2,04	37	7,30	2,52	2,08
13	7,26	2,46	2,06	38	7,32	2,52	2,00
14	7,42	2,40	2,10	39	7,68	2,64	2,12
15	7,46	2,56	2,14	40	7,52	2,40	2,06
16	7,34	2,50	2,04	41	6,96	2,26	1,98
17	7,08	2,32	2,04	42	7,14	2,28	2,02
18	7,20	2,50	2,04	43	7,26	2,36	2,02
19	7,30	2,58	2,00	44	7,42	2,38	2,10
20	7,56	2,60	2,18	45	7,24	2,36	2,04
21	7,32	2,68	2,10	46	7,40	2,62	2,08
22	7,22	2,28	2,04	47	7,28	2,50	2,08
23	7,32	2,50	2,10	48	7,46	2,50	2,06
24	7,30	2,52	2,00	49	7,08	2,28	2,04
25	7,06	2,30	2,00	50	7,28	2,30	2,00
				Média	7,28	2,46	2,05
				D. P.	0,15	0,12	0,05

Tabela 34 Dados experimentais de dimensões de arroz parboilizado beneficiado manualmente, IAC-25

Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)	Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)
01	8,18	2,76	2,16	26	8,08	2,68	2,16
02	7,78	2,64	2,24	27	8,24	2,60	2,14
03	9,20	2,78	2,12	28	6,86	2,60	2,06
04	7,92	2,64	2,08	29	8,06	2,76	2,06
05	8,00	2,68	2,18	30	8,08	2,56	2,22
06	7,26	2,66	2,16	31	7,28	2,50	2,00
07	7,80	2,86	1,98	32	7,60	2,68	2,08
08	6,98	2,58	1,98	33	7,58	2,68	2,00
09	7,60	2,64	2,02	34	6,78	2,60	1,98
10	7,94	2,72	2,18	35	7,90	2,76	2,16
11	7,30	2,68	2,26	36	7,26	2,74	2,16
12	7,28	2,74	2,16	37	7,24	2,76	2,16
13	7,32	2,80	2,20	38	7,22	2,72	2,08
14	7,28	2,70	2,10	39	7,30	2,74	2,12
15	7,26	2,68	2,16	40	7,34	2,78	2,18
16	7,24	2,70	2,04	41	7,36	2,74	2,14
17	7,48	2,76	2,16	42	7,26	2,68	2,08
18	7,38	2,76	2,20	43	7,42	2,70	2,08
19	7,22	2,66	2,04	44	7,30	2,68	2,10
20	7,18	2,64	2,02	45	7,20	2,66	2,12
21	7,28	2,72	2,12	46	7,24	2,48	2,00
22	7,32	2,56	2,04	47	7,20	2,46	2,02
23	7,28	2,58	2,08	48	7,66	2,78	2,20
24	7,12	2,48	1,98	49	7,32	2,66	2,00
25	7,46	2,78	2,18	50	7,68	2,80	2,22
				Média	7,47	2,68	2,10
				D. P.	0,35	0,09	0,08

Tabela 35 Dados experimentais de dimensões de arroz em casca parboilizado, IAC-25

Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)	nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)
01	9,84	3,10	2,30	26	10,26	3,24	2,42
02	10,42	3,26	2,48	27	9,62	3,04	2,10
03	10,34	3,28	2,46	28	10,12	3,26	2,42
04	10,04	3,26	2,44	29	10,10	3,30	2,44
05	10,24	3,36	2,46	30	9,96	3,20	2,30
06	9,84	3,16	2,28	31	10,30	3,34	2,38
07	9,94	3,20	2,18	32	10,26	3,28	2,28
08	10,12	3,10	2,36	33	9,82	3,06	2,20
09	10,42	3,30	2,42	34	10,04	3,28	2,38
10	10,18	3,32	2,34	35	10,28	3,28	2,36
11	10,02	3,26	2,40	36	9,78	3,12	2,20
12	10,04	3,16	2,24	37	10,22	3,20	2,30
13	10,46	3,32	2,42	38	9,42	2,94	2,02
14	10,02	3,02	2,24	39	9,68	3,10	2,18
15	10,26	3,32	2,32	40	10,16	3,10	2,30
16	10,24	3,30	2,34	41	9,78	3,10	2,08
17	10,36	3,36	2,40	42	10,18	3,28	2,40
18	9,88	3,18	2,28	43	9,96	3,22	2,32
19	10,28	3,24	2,32	44	9,82	3,04	2,08
20	10,02	3,02	2,10	45	9,80	2,98	2,06
21	9,74	3,00	2,08	46	10,26	3,10	2,16
22	9,72	2,96	2,04	47	9,98	3,22	2,26
23	10,08	3,30	2,28	48	10,10	3,10	2,30
24	10,26	3,24	2,32	49	10,40	3,32	2,28
25	10,00	2,98	2,16	50	9,86	3,06	2,10
				Média	10,05	3,18	2,28
				D. P.	0,24	0,12	0,13

Tabela 36 Dados experimentais de dimensões de arroz parboilizado beneficiado mecanicamente, IAC-25

Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)	Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)
01	7,50	2,56	1,88	26	7,58	2,46	1,98
02	7,22	2,60	1,90	27	7,60	2,54	1,94
03	8,14	2,58	2,14	28	7,62	2,76	2,00
04	7,58	2,70	2,06	29	8,00	2,74	2,10
05	6,74	2,58	2,12	30	7,66	2,70	2,12
06	7,96	2,60	2,08	31	7,36	2,66	1,88
07	7,66	2,70	1,96	32	7,42	2,66	2,08
08	7,90	2,74	2,14	33	7,26	2,52	1,90
09	7,86	2,56	2,16	34	7,66	2,62	2,08
10	8,08	2,70	2,20	35	7,82	2,68	2,04
11	7,56	2,76	2,10	36	7,30	2,56	2,10
12	7,92	2,66	2,04	37	6,60	2,56	1,98
13	7,56	2,66	2,10	38	7,66	2,68	2,12
14	7,56	2,72	2,06	39	7,68	2,62	2,10
15	7,86	2,72	2,12	40	7,66	2,72	2,10
16	7,84	2,62	2,14	41	7,94	2,62	2,16
17	7,42	2,52	2,00	42	7,40	2,48	2,02
18	7,44	2,46	2,04	43	7,42	2,50	2,06
19	7,40	2,46	2,04	44	7,42	2,42	2,06
20	7,46	2,46	2,04	45	7,50	2,52	2,00
21	7,44	2,44	1,96	46	7,32	2,28	2,00
22	7,68	2,60	2,20	47	7,90	2,64	2,12
23	7,54	2,76	2,08	48	7,64	2,74	2,12
24	7,82	2,70	2,10	49	7,94	2,72	2,18
25	7,42	2,62	2,06	50	7,50	2,60	2,02
				Média	7,59	2,61	2,06
				D. P.	0,62	0,14	0,10

Tabela 37 Dados experimentais de dimensões de arroz em casca, IAC-47

Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)	Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)
01	8,72	3,16	2,30	26	9,62	3,02	2,04
02	8,84	3,10	2,14	27	8,66	3,16	2,28
03	8,80	3,12	2,12	28	9,10	2,48	2,00
04	8,68	3,16	2,26	29	8,74	3,10	2,16
05	9,00	3,02	2,20	30	10,56	3,36	2,28
06	9,84	3,12	2,04	31	10,42	3,28	2,30
07	9,60	3,04	2,06	32	10,06	3,26	2,34
08	10,48	3,00	2,16	33	9,98	3,04	2,24
09	10,02	3,06	2,16	34	9,84	2,98	2,00
10	10,32	3,26	2,12	35	10,22	3,12	2,04
11	9,82	3,00	2,10	36	8,92	3,06	2,08
12	8,84	3,02	1,98	37	8,92	3,12	2,14
13	8,96	3,02	2,02	38	10,06	3,12	2,00
14	9,24	2,94	2,02	39	9,68	3,02	2,00
15	10,50	3,38	2,32	40	9,78	3,10	2,10
16	8,72	3,10	2,14	41	8,86	2,98	2,22
17	9,60	2,98	2,04	42	9,80	3,14	2,16
18	10,24	3,28	2,24	43	10,40	3,30	2,26
19	9,06	3,04	2,18	44	10,52	3,40	2,30
20	8,76	3,02	2,10	45	10,22	3,16	2,14
21	9,64	3,08	2,10	46	10,12	3,28	2,22
22	9,74	3,12	2,10	47	9,82	3,14	2,10
23	9,78	3,08	2,06	48	9,92	3,20	2,22
24	10,34	3,28	2,30	49	10,02	3,04	2,06
25	8,90	3,06	2,00	50	8,96	3,08	2,10
				Média	9,59	3,11	2,14
				D. P.	0,62	0,14	0,10

Tabela 38 Dados experimentais de dimensões de arroz beneficiado manualmente, IAC-47

Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)	Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)
01	7,96	2,70	2,06	26	7,10	2,68	2,18
02	7,34	2,50	1,94	27	7,88	2,54	2,16
03	6,88	2,64	2,12	28	6,58	2,60	2,00
04	7,22	2,70	2,16	29	7,46	2,74	2,24
05	7,50	2,76	2,12	30	7,00	2,80	2,08
06	7,30	2,58	2,16	31	7,74	2,88	2,06
07	7,92	2,74	2,10	32	6,64	2,74	2,14
08	6,88	2,90	1,90	33	7,46	2,44	1,92
09	6,58	2,70	2,08	34	7,50	2,88	2,26
10	7,00	2,80	2,06	35	6,80	2,74	2,08
11	7,66	2,82	2,24	36	7,90	2,72	2,12
12	7,78	2,70	2,14	37	8,04	2,78	2,26
13	7,84	2,74	2,20	38	8,00	2,70	2,18
14	7,46	2,52	2,20	39	7,82	2,64	2,22
15	7,68	2,54	2,18	40	7,28	2,42	2,14
16	7,68	2,74	2,14	41	7,66	2,76	2,20
17	7,44	2,54	2,08	42	7,74	2,70	2,10
18	6,90	2,60	2,08	43	6,96	2,58	1,96
19	7,62	2,78	2,30	44	7,64	2,50	1,96
20	7,60	2,68	2,10	45	7,82	2,70	2,08
21	7,92	2,74	2,14	46	6,86	2,70	2,06
22	6,80	2,50	1,92	47	7,34	2,58	1,94
23	7,62	2,86	2,18	48	7,52	2,70	2,10
24	7,42	2,54	2,00	49	7,68	2,70	2,06
25	6,86	2,40	1,90	50	7,48	2,46	2,08
				Média	7,42	2,67	2,10
				D. P.	0,41	0,12	0,09

Tabela 39 Dados experimentais de dimensões de arroz beneficiado mecanicamente, IAC-47

Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)	Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)
01	7,26	2,74	2,06	26	7,12	2,68	1,98
02	7,20	2,70	2,10	27	7,24	2,72	2,14
03	7,72	2,86	2,18	28	7,56	2,60	2,12
04	7,38	2,70	2,16	29	7,18	2,74	2,20
05	7,24	2,78	2,14	30	7,02	2,62	2,02
06	7,18	2,76	2,20	31	7,32	2,78	2,18
07	7,26	2,60	2,06	32	6,98	2,66	2,10
08	7,04	2,64	2,02	33	7,32	2,80	2,22
09	7,46	2,78	2,28	34	7,30	2,68	2,16
10	7,22	2,74	2,40	35	7,00	2,58	1,96
11	7,44	2,84	2,22	36	7,50	2,80	2,22
12	7,56	2,76	1,98	37	7,42	2,80	2,28
13	6,86	2,56	1,92	38	7,40	2,68	2,08
14	7,28	2,70	2,10	39	7,18	2,62	1,96
15	7,46	2,76	2,18	40	7,30	2,80	2,28
16	7,38	2,72	2,18	41	7,42	2,84	2,26
17	7,04	2,64	2,10	42	7,32	2,66	2,18
18	7,34	2,74	2,26	43	7,22	2,72	2,10
19	6,92	2,62	2,00	44	6,96	2,60	1,98
20	7,14	2,64	1,96	45	7,16	2,68	2,16
21	7,28	2,78	2,20	46	6,84	2,52	1,92
22	7,50	2,80	2,22	47	6,80	2,50	1,96
23	7,44	2,68	2,04	48	7,28	2,70	2,04
24	7,20	2,60	2,08	49	7,30	2,80	2,18
25	6,88	2,54	1,94	50	6,98	2,60	1,98
				Média	7,23	2,70	2,11
				D. P.	0,20	0,09	0,11

Tabela 40 Dados experimentais de dimensões de arroz em casca parboilizado, IAC-47

Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)	Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)
01	9,48	3,36	2,20	26	9,68	3,28	2,18
02	9,16	3,20	2,00	27	9.26	3,22	2,16
03	9,16	3,16	2,14	28	9,82	3,18	2,24
04	9,32	3,12	2,26	29	9,22	3,20	2,28
05	9,16	3,22	2,32	30	9,10	3,04	2,22
06	9,14	3,20	2,16	31	9,36	3,14	2,20
07	9,24	3,26	2,30	32	9,22	3,06	2,26
08	9,26	3,20	2,18	33	9,60	3,26	2,20
09	9,72	3,28	2,18	34	9,54	2,98	2,26
10	9,22	3,16	2,24	35	9,68	3,30	2,34
11	9,74	3,26	2,32	36	9,10	3,02	2,10
12	9,16	3,18	2,26	37	9,48	3,28	2,30
13	9,32	3,26	2,28	38	9,28	3,24	2,24
14	9,42	3,40	2,40	39	9,50	3,42	2,42
15	9,46	3,44	2,40	40	9,40	3,36	2,38
16	9,18	2,88	2,10	41	9,20	2,94	2,02
17	8,92	2,86	2,04	42	9,02	3,08	2,10
18	9,04	3,12	2,06	43	9,08	3,18	2,18
19	9,28	3,28	2,24	44	9,30	3,26	2,28
20	9,26	3,24	2,20	45	9,32	3,30	2,30
21	9,02	3,10	2,16	46	9,24	3,26	2,32
22	9,26	3,22	2,20	47	9,30	3,28	2,32
23	9,08	3,28	2,26	48	9,10	3,24	2,18
24	8,92	2,98	2,20	49	8,96	2,96	1,90
25	9,04	3,26	2,24	50	10,56	3,42	2,34
				Média	9,30	3,19	2,23
				D. P.	0,28	0,13	0,11

Tabela 11 Dados experimentais de dimensões de arroz parboilizado beneficiado manualmente, IAC-47

Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)	Nº	C(mm)	L(mm)	E(mm)
01	7,16	2,90	1,88	26	6,66	2,86	2,06
02	7,00	2,86	2,00	27	7,00	2,82	2,14
03	7,06	2,72	2,00	28	7,04	2,66	2,18
04	7,90	2,84	2,04	29	7,82	2,88	2,20
05	7,52	2,90	2,16	30	7,42	2,78	2,06
06	6,30	2,56	2,10	31	6,88	2,92	2,24
07	7,74	2,78	2,12	32	7,28	2,88	2,14
08	7,06	2,76	2,04	33	7,00	2,78	2,02
09	7,16	2,76	2,10	34	7,36	2,88	2,02
10	7,54	2,96	2,14	35	7,30	3,00	2,18
11	6,90	2,76	2,08	36	7,26	2,98	2,10
12	7,40	2,80	1,98	37	7,46	2,86	2,06
13	7,32	2,80	2,04	38	7,30	2,74	2,16
14	7,18	2,80	2,22	39	6,40	2,62	1,98
15	7,28	2,70	2,08	40	7,18	2,60	2,00
16	7,14	2,74	2,08	41	7,28	2,72	2,10
17	6,64	2,70	2,12	42	7,40	2,76	2,10
18	7,70	2,74	2,08	43	7,48	2,90	2,30
19	7,20	2,48	1,96	44	7,18	2,46	2,00
20	7,40	2,80	2,12	45	6,32	2,58	2,12
21	6,64	2,70	2,10	46	7,70	2,76	2,14
22	7,32	2,90	2,28	47	6,48	2,56	2,00
23	7,30	2,90	2,30	48	7,26	2,90	2,14
24	7,32	2,76	2,18	49	7,18	2,82	2,24
25	7,20	2,82	2,20	50	7,30	2,74	2,22
				Média	7,18	2,77	2,10
				D. P.	0,36	0,12	0,09

Tabela 43 Dados experimentais de renda e rendimento de arroz parboilizado, IAC-25

Número do tratamento	Renda (%)			Rendimento (%)		
	1	2	3	1	2	3
01	70	72	71	32	35	41
02	72	73	71	40	32	51
03	74	73	73	45	44	38
04	75	72	74	55	49	55
05	74	68	72	58	50	60
06	70	73	73	69	67	70
07	75	70	73	73	65	69
08	74	72	72	71	70	70
09	72	69	71	25	28	31
10	72	70	72	35	32	40
11	71	75	74	65	66	63
12	76	74	75	71	71	69
13	72	72	70	65	68	59
14	76	74	74	74	70	70
15	74	73	75	73	67	73
16	76	74	74	75	72	73

Tabela 44 Dados experimentais de renda e rendimento de arroz parboilizado IAC-47

Número do tratamento	Renda (%)			Rendimento (%)		
	1	2	3	1	2	3
01	75	71	70	20	30	27
02	72	70	69	35	42	41
03	73	67	70	61	39	61
04	76	69	70	52	56	65
05	73	70	72	58	57	55
06	74	71	71	68	65	67
07	76	73	68	74	70	65
08	75	73	73	71	71	72
09	70	68	71	42	41	55
10	68	73	74	51	51	66
11	74	74	75	60	61	71
12	75	75	70	63	70	67
13	76	71	71	70	65	65
14	73	69	70	69	68	69
15	74	73	70	73	70	70
16	75	72	72	73	72	71