

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA “ELISEU MACIEL”  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AGROINDUSTRIAL**



**Dissertação**

**INFLUÊNCIAS DO GESSAMENTO SOBRE PARÂMETROS DE QUALIDADE  
TECNOLÓGICA E NAS PROPRIEDADES DE CONSUMO DE ARROZ**

**Mirelen Moreira de Moraes**

**PELOTAS**

**Rio Grande do Sul - Brasil**

**2012**

**Mirelen Moreira de Moraes**

**INFLUÊNCIAS DO GESSAMENTO SOBRE PARÂMETROS DE QUALIDADE  
TECNOLÓGICA E NAS PROPRIEDADES DE CONSUMO DE ARROZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial.

**Comitê de Orientação:**

**Orientador:** Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

**Co-orientador:** Prof. Dr. Maurício de Oliveira

**PELOTAS**

**Rio Grande do Sul - Brasil**

**2012**

**Dados de catalogação na fonte:**  
( Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744 )

M827i Morais, Mirelen Moreira de

Influências do gessamento sobre parâmetros de qualidade tecnológica e nas propriedades de consumo de arroz / Mirelen Moreira de Morais ; orientador Moacir Cardoso Elias, co-orientador Maurício de Oliveira - Pelotas,2012.-105f. ; il.- Dissertacao (Mestrado ) –Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012

1.Gessamento 2.Qualidade tecnológica 3.Análise sensorial  
4.Composicao I.Elias, Moacir Cardoso(orientador) II.Título.

CDD 664

**Banca examinadora:**

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias – UFPel

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

Prof. Dr. Jander Luis Fernandes Monks – UCPel

Prof. Dr. Wilner Peres - UFPel

A minha irmã Narielen, por ser exemplo de amor e amizade; por estar ao meu lado em todos os momentos e ao meu filho Caetano, a razão de todos os meus esforços.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar saúde, guiar os meus passos e colocar verdadeiros anjos em meu caminho.

Aos meus pais Joni e Arlete pela educação, incentivo e carinho que sempre me proporcionaram, a minha irmã Roscielen por todo apoio e carinho e em especial à minha irmã Narielen pela sua amizade, incentivo, paciência e amor dedicados a mim e ao meu filho Caetano.

Ao meu esposo Carlos A.S. Oliveira por todo seu amor e incentivo, que mesmo estando longe sempre soube como me ajudar.

Ao meu filho Caetano, pelo brilho no olhar, gestos carinhosos e pela paciência nos momentos em que eu não estava presente.

Ao orientador Prof. Dr. Moacir Elias pela orientação, incentivo, carinho e amizade que sempre dedicou a mim, agradeço por todos os ensinamentos e pelo exemplo profissional a ser seguido.

Ao co-orientador Prof. Dr. Maurício de Oliveira pela orientação e amizade.

As colegas de trabalho do Laboratório de Análises de Qualidade em Arroz da Bayer S.A. Aline, Catiane, Cinara, Marília e Cristine pela ajuda na interminável tarefa de selecionar grãos gessados e auxílio na realização das análises.

Aos colegas do Laboratório de Grãos Daniel, Bruna A., Bruna K., Joana, Nathan, Ricardo, Vânia, Rafael e Jardel, pelo apoio na realização das análises, companheirismo e conhecimentos compartilhados.

Aos funcionários e professores do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, André Luiz Martins pela atenção e presteza, Prof. Leonardo Nora, Prof. Álvaro Dias e Prof. Manoel Shirmer pelo auxílio na realização das análises, idéias e ensinamentos compartilhados.

Vá firme na direção das suas metas,  
porque o pensamento cria, o desejo atrai  
e a fé realiza.

(L.Trevisan)

## RESUMO

MORAIS, Mirelen Moreira. **INFLUÊNCIAS DO GESSAMENTO SOBRE PARÂMETROS DE QUALIDADE TECNOLÓGICA E NAS PROPRIEDADES DE CONSUMO DE ARROZ**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O valor de comercialização e aceitação pelos consumidores do arroz está diretamente associado às suas características visuais, sendo o gessamento dos grãos fator determinante. O trabalho objetivou avaliar os efeitos percentuais de grãos gessados (área gessada igual e/ou superior a 75%) nos parâmetros tecnológicos e de qualidade de consumo dos grãos. Sendo avaliados os parâmetros tecnológicos (teor de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, fibras, carboidratos, amilose, temperatura de gelatinização, perfil textuométrico, perfil branquimétrico, tempo de cocção, rendimento volumétrico, rendimento gravimétrico e soltabilidade) e de qualidade de consumo (intenção de compra e atributos sensoriais) em amostras de arroz branco polido. As amostras utilizadas foram compostas por diferentes concentrações de grãos com área gessada igual e/ou superior a 75%, sendo A 0%, B 1%, C 3%, D 5%, E 10%, F 25%, G 50% e H 100%. Concluiu-se que o incremento de grãos com área gessada igual e/ou superior a 75%: a) Promove redução no teor de proteínas, lipídeos, cinzas, amilose, no grau de transparência, temperatura de gelatinização, tempo de cocção, rendimento volumétrico, rendimento gravimétrico e soltabilidade; b) promove aumento no teor de fibras, carboidratos, no percentual de brancura e polimento, adesividade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e deformação dos grãos; c) reduz a qualidade sensorial, diminui a intenção de compra dos produtos crus e cozidos, altera negativamente os atributos sensoriais avaliados; d) concentrações de grãos com área gessada igual e/ou superior a 75%, superiores a 5% afetam negativamente os parâmetros de qualidade tecnológica e as propriedades de consumo de grãos de arroz polido.

Palavras-chave: Qualidade tecnológica, gessamento, análise sensorial, composição.



## ABSTRACT

MORAIS, Mirelen Moreira. **INFLUENCES OF CHALKY ON PARAMETERS TECHNOLOGY QUALITY AND THE PROPERTIES OF RICE CONSUMPTION.** 2012. Master of Science Dissertation – Post-Graduation. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The value of marketing and consumer acceptance of the rice is directly linked to their visual characteristics, and the plastered grain factor. The study evaluated the effects percentages of chalky grains (equal area plastered and / or greater than 75%) on technological parameters and quality of grain consumption. Were evaluated for the technological parameters (moisture, protein, lipid, ash, fiber, carbohydrates, amylose, gelatinization temperature, profile texturometric, profile branquimetric, cooking time, volumetric efficiency, soltability, gravimetric yield) and quality of consumption (purchase intention and sensory attributes) in samples of polished white rice. The samples used were composed of grains with different concentrations of area chalkiness equal and / or more than 75%, and A 0%, B 1%, C 3%, D 5%, E 10%, F 25%, G 50% e H 100%. It was concluded that the growth of grains with area chalkiness equal and / or more than 75%: a) promote reduction in protein, lipid, ash, amylose, the degree of transparency, gelatinization temperature, cooking time, volumetric efficiency , gravimetric yield and soltability; b) promotes an increase in fiber content, carbohydrates, percentage of white and polished, adhesiveness, cohesiveness, gumminess, chewiness and deformation of the grains; c) reduces the sensory quality, reduces the intention to purchase the raw and cooked, adversely alters the sensory attributes evaluated; d) concentration of grains with area chalkiness equal and / or more than 75%, greater than 5% adversely affect the quality parameters technological properties and the consumption of polished rice grains.

Key-words: Quality technology, chalkness, sensory analysis, composition.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	12
LISTA DE FIGURAS.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Arroz.....	17
2.1.1. Estrutura do Grão de Arroz.....	19
2.1.2. Propriedades Tecnológicas e Funcionais.....	21
2.1.2.1. Amido.....	21
2.1.2.2. Gelatinização e retrogradação do amido.....	24
2.1.2.3. Teor de amilose.....	27
2.2. Consumo de arroz no Brasil.....	29
2.2.1. Legislação do arroz no Brasil.....	29
2.2.2. Características de consumo.....	30
2.2.2.1. Valor Nutricional.....	32
2.2.2.2. Aparência do endosperma.....	34
2.2.2.3. Comportamento na cocção.....	40
2.3. Qualidade sensorial.....	41
2.3.1. Atributos sensoriais.....	42
2.3.1.1. Aparência.....	42
2.3.1.2. Sabor e odor.....	42
2.3.1.3. Textura.....	45
2.3.2. Escalas sensoriais.....	46
2.3.2.1. Escala de Atitude (FACT).....	47
2.3.2.2. Escala do Ideal.....	47
2.3.3. Avaliação sensorial.....	48
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.1. Material.....	49
3.2. Métodos.....	49
3.2.1. Preparo das amostras.....	50
3.2.2. Avaliações propriedades tecnológicas.....	51

3.2.2.1. Composição proximal.....	51
3.2.2.1.1. Teor de umidade.....	51
3.2.2.1.2. Proteína .....	51
3.2.2.1.3. Lipídeos.....	52
3.2.2.1.4. Cinzas.....	52
3.2.2.1.5. Fibras.....	52
3.2.2.1.6. Carboidratos.....	52
3.2.2.2. Teor de amilose.....	52
3.2.2.3. Temperatura de gelatinização.....	53
3.2.2.4. Perfil textuométrico.....	55
3.2.2.5. Perfil branquimétrico.....	55
3.2.2.6. Comportamento na cocção.....	55
3.2.2.6.1. Tempo de Cocção.....	56
3.2.2.6.2. Rendimento volumétrico.....	56
3.2.2.6.3. Rendimento gravimétrico.....	57
3.2.2.6.4. Soltabilidade.....	58
3.2.3. Qualidade de consumo.....	61
3.2.3.1. Intenção de compra.....	61
3.2.3.2. Atributos sensoriais.....	61
3.2.3.4. Análise Estatística.....	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
4.1. Avaliações propriedades tecnológicas.....	65
4.1.1. Composição proximal.....	65
4.1.2. Teor de amilose.....	67
4.1.3. Temperatura de gelatinização.....	68
4.1.4. Perfil textuométrico.....	69
4.1.5. Perfil branquimétrico.....	71
4.1.6. Comportamento na cocção.....	72
4.1.6.1. Tempo de Cocção, Rendimento volumétrico, Rendimento gravimétrico.....	72
4.1.6.2. Soltabilidade.....	75
4.2. Qualidade de consumo.....	77

4.2.1. Intenção de compra.....	77
4.2.2. Atributos sensoriais.....	80
5. CONCLUSÕES.....	87
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
7. ANEXOS.....	105
ANEXO 1 - Ficha utilizada na análise de determinação do comportamento na cocção.....	105

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal média (% em matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido.....	32
Tabela 2. Efeitos da influência da presença de grãos gessados sobre os parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo.....	50
Tabela 3. Composição (g) das amostras em diferentes porcentagens de grãos gessados.....	51
Tabela 4. Escala de graus de dispersão alcalina.....	53
Tabela 5. Composição proximal de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados.....	65
Tabela 6. Perfil texturométrico de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados.....	69
Tabela 7. Grau de brancura, transparência e polimento de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados.....	71
Tabela 8. Tempo de cocção, rendimento volumétrico e rendimento gravimétrico de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados.....	73
Tabela 9. Soltabilidade (relação comprimento x altura) de amostras de arroz polido com diferentes porcentagens de grãos gessados.....	75
Tabela 10. Intenção de compra das amostras de arroz polido com diferentes porcentagens de grãos gessados.....	77
Tabela 11. Atributos sensoriais de amostras de arroz branco polido com diferentes percentuais de grãos gessados.....	80

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura anatômica do grão de arroz.....	20
Figura 2. Grãos de arroz em casca (esquerda), esbramado (centro) e polido (direita).....	21
Figura 3. Estrutura da Amilose (A) e Estrutura da Amilopectina (B).....	23
Figura 4. Grãos com TG alta(A), TG média(B) e TG baixa(C).....	25
Figura 5. A: amido nativo; B: amido gelatinizado e C: amido retrogradado.....	26
Figura 6. Grânulos de amido nativo de arroz de alta amilose.....	28
Figura 7. Grânulos de amido nativo de arroz de média amilose.....	28
Figura 8. Grânulos de amido nativo de arroz de baixa amilose.....	29
Figura 9. Escala de identificação centro-branco em grãos de arroz.....	36
Figura 10. Grãos contendo diferentes percentuais de área gessada.....	36
Figura 11. Aproximação 500µm <b>(a)</b> Centro de um grão translúcido <b>(b)</b> Centro de um grão farináceo.....	38
Figura 12. Aproximação 50µm <b>(c)</b> Centro de um grão translúcido <b>(d)</b> Centro de um grão farináceo.....	39
Figura 13. Aproximação 10µm <b>(e)</b> Grânulo de amido de grão translúcido <b>(f)</b> Grânulo de amido de grão farináceo.....	39
Figura 14. Círculo de Kramer.....	41
Figura 15. Grau de dispersão alcalina conforme aspecto do grão.....	54
Figura 16. Determinação da soltabilidade – Etapa 1: Preparo da amostra no copo padrão.....	58
Figura 17. Determinação da soltabilidade – Etapa 2: Amostra recém desenformada.....	59
Figura 18. Determinação da soltabilidade – Etapa 3: Amostra após período de repouso, pronta para medição de comprimento e altura.....	59

Figura 19. Determinação da soltabilidade – Etapa 4: Medição da maior altura obtida.....	60
Figura 20. Determinação da soltabilidade – Etapa 5: Medição do comprimento obtido desde o início até o fim do espalhamento dos grãos de arroz.....	60
Figura 21. Ficha de avaliação da intenção de compra.....	61
Figura 22. Ficha de avaliação de atributos sensoriais.....	63
Figura 23. Teores de amilose de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados.....	67
Figura 24. Graus de dispersão alcalina de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados.....	68
Figura 25: Representação gráfica da relação comprimento x altura.....	76
Figura 26: Intenção de compra – Produto Cru.....	78
Figura 27: Intenção de compra – Produto Cozido.....	79
Figura 28. Parâmetros sensoriais de cor e aparência de amostras de grãos de arroz com diferentes porcentagens de grãos gessados.....	81
Figura 29. Parâmetros sensoriais de soltabilidade e firmeza de amostras de grãos de arroz com diferentes porcentagens de grãos gessados.....	82
Figura 30. Parâmetros sensoriais de sabor e odor de amostras de grãos de arroz com diferentes porcentagens de grãos gessados.....	84

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. Sua importância é destacada principalmente em países em desenvolvimento, tais como o Brasil, desempenhando papel estratégico em níveis econômico e social.

A necessidade cada vez maior de produzir alimentos, principalmente àqueles que chegam a todas as classes sociais, a exemplo do arroz, aliada à incessante busca pela obtenção de altos rendimentos para redução dos custos de produção, são desafios constantes para a pesquisa, em todos os níveis da cadeia de tecnologia agroindustrial.

Os principais aspectos de interesse dos melhoristas relacionados com a qualidade do grão podem ser resumidos em: tamanho, forma e peso do grão; rendimento de engenho; aparência do endosperma; teores de amilose, temperatura de gelatinização, consistência de gel e teor de proteína (PITOMBEIRA, 2006).

O desenvolvimento de híbridos de arroz é uma das alternativas que têm sido sugeridas para tentar superar o patamar de rendimento das cultivares modernas, e assim, aumentar o potencial produtivo.

Porém, qualquer processo para a melhoria da qualidade do grão deve considerar a preferência do consumidor, ressaltando-se o fato de que a aceitação pelos consumidores varia grandemente de país a país e mesmo entre regiões dentro de um mesmo país.

O uso de variedades de arroz híbrido vem ganhando atenção pela baixa densidade de plantas por área e altas produtividades, porém um dos fatores limitantes é a qualidade dos grãos que pode apresentar alta incidência de grãos gessados, que resulta em um produto tipo 3 ou 4, reduzindo o valor comercial e a aceitação pelo consumidor final.

Em função do gessamento dos grãos é possível verificar que, devido ao arranjo entre grânulos de amido e proteínas nas células, e que as áreas gessadas nos grãos tornam-se frágeis e estão sujeitas ao rompimento, por ocasião do beneficiamento, conseqüentemente aumentando o percentual de grãos quebrados e reduzindo o rendimento industrial.

A crescente demanda por produtos que contribuam para melhorar o padrão alimentar da população, aliada aos conceitos de produtividade e qualidade vão ao



encontro dos anseios da sociedade como um todo. Nesse sentido, até bem pouco tempo, as pesquisas com arroz no Brasil enfatizavam o desempenho agrônomo sem conferir maior importância aos aspectos de ordem culinária e nutricional.

A introdução do conceito de qualidade, porém, está modificando essa situação, fazendo-se necessária uma avaliação mais abrangente e criteriosa, levando em consideração a caracterização tecnológica do grão e até mesmo suas características sensoriais.

Nesse contexto, estabelecer as diferenças não somente de caráter agrônomo, mas também e, sobretudo de caráter culinário e nutricional entre o arroz branco tornou-se uma estratégia importante.

Os grãos gessados afetam diretamente as características sensoriais e de cocção do arroz. Por isso, estudos detalhados são necessários para esclarecer a associação entre ocorrência de gessamento e as características sensoriais e de cocção.

O presente trabalho integra a linha de pesquisa em pós-colheita e industrialização de grãos, e busca aperfeiçoar o entendimento da interferência de diferentes níveis de grãos gessados na qualidade física e química do arroz para consumo humano.

Objetivou-se com o trabalho estudar o impacto do gessamento nos parâmetros de qualidade tecnológica e nas propriedades de consumo de arroz e determinar o nível crítico da presença do gessamento.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Arroz**

Atualmente, é uma das mais importantes culturas, sendo a principal fonte de energia na dieta para pelo menos metade dessa população (HU *et al.*, 2004).

Dentre as plantas em que se aproveitam grãos, é a única cultivada quase que exclusivamente para a alimentação humana. Constitui a dieta básica de mais de 3 bilhões de pessoas também é usada na indústria de álcool, perfumarias, bebidas (a exemplo da cerveja e do saquê), vinagre, acetona, farinhas alimentícias (PITOMBEIRA, 2006).

Segundo a FAO (2006) a produção anual de arroz é de aproximadamente 606 milhões de toneladas. Nesse cenário, o Brasil participa com 13.140.900t (2,17% da produção mundial) e destaca-se como único país não-asiático entre os 10 maiores produtores.

O Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional de arroz e representa 63% do total produzido no Brasil (IRGA, 2011).

A área cultivada com arroz na safra 2010/11 foi de 2.866,2 mil hectares, 3,7% maior que a área cultivada na safra anterior, que foi de 2.764,8 mil hectares. O maior aumento na área irrigada ocorreu no Rio Grande do Sul (7,3%), devido a fatores como: quantidade suficiente de água para irrigação, nas barragens e corpos d'água; recuperação das áreas perdidas na safra anterior e uso de variedades "Clear Field" que recuperaram áreas infestadas com arroz vermelho (CONAB, 2011).

O aumento da produção deu-se em função do uso de variedades com alto potencial produtivo e em face de ocorrência de chuvas abaixo da média. Este comportamento do clima favorece a cultura do arroz (CONAB, 2011).

A maior oferta de arroz está entre os países Asiáticos com 80% da produção global, sendo que a China corresponde por 30% desta produção e os países Asiáticos respondem por 70% das exportações mundiais, a Tailândia e o Paquistão exportam 50% da sua produção interna e o Vietnã 17%. Os EUA exportam 45% da sua produção interna e respondem por 10% das exportações mundiais (SOUZA *et al.*, 2010).

Os maiores importadores são os países asiáticos, União Européia e o Brasil. China e a Índia consomem toda sua produção interna, exportando pequena parcela, em torno de 3% do que produzem (SOUZA *et al.*, 2010).

No Brasil o arroz é vendido diretamente pelo produtor às indústrias beneficiadoras e as exportações de arroz são irrelevantes, giram em torno de 3% da produção interna e são realizadas pelas indústrias beneficiadoras por meio de companhias *tradings* (BRADESCO, 2012).

O arroz de melhor qualidade tem destino principal a Suécia e o arroz de menor qualidade é destinado para países da África (BRADESCO, 2012).

Segundo dados da FAO (2006), o consumo brasileiro de arroz é de aproximadamente 52,5 quilogramas por habitante por ano (base casca). Apesar de ser inferior ao consumo mundial médio por habitante (84,8 kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), este valor é considerado alto se comparado com o consumo per capita dos países desenvolvidos (16,7 kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>).

A qualidade do arroz depende dos costumes e tradições dos países ou regiões onde é consumido. Na Tailândia, o arroz de boa qualidade deve ter grãos longos, finos e translúcidos, e após a cocção, apresentar um produto solto e tenro. No Japão, preferem-se grãos curtos e largos, que após a cocção, fiquem pegajosos. No Paquistão a preferência é por grãos longos, finos e aromáticos (PITOMBEIRA, 2006).

No Brasil, as formas de preparo e consumo do arroz são razoavelmente homogêneas nas diferentes regiões e a preferência da maioria dos consumidores é pelo arroz beneficiado polido. No mercado varejista, a oferta de produtos diferenciados é pequena. Além do arroz beneficiado polido, aparece em menor escala o arroz integral e o arroz parboilizado e este último com uma representatividade de apenas 5% do total comercializado (CASTRO, 1999).

Apesar de ser considerado um alimento importante na alimentação humana, o arroz ainda é pouco reconhecido pelas suas características funcionais, rico em carboidratos, na sua forma natural, é um alimento essencialmente energético, mas pode ser também uma importante fonte de proteínas, sais minerais (principalmente fósforo, ferro e cálcio) e vitaminas do complexo B, como a B1 (tiamina), B2 (riboflavina) e B3 (niacina) e B9 (MONKS, 2010).

O arroz fornece 20% da energia e 15% das proteínas necessárias ao homem e se destaca pela sua fácil digestão. Por ser um produto de origem vegetal é um alimento isento de colesterol, com baixo teor de lipídeos (WALTER *et al.*, 2008).

Segundo Barata (2005) apesar da importância do tema, da necessidade de estimulação da demanda de arroz, ainda é muito grande a carência por estudos de acompanhamento e análise do comportamento do consumo de arroz no mundo e, principalmente, no Brasil. Sem dúvida, as questões técnicas relacionadas diretamente à produção do arroz (manejo) são as que vêm sendo objeto de estudos com maior frequência e, como consequência disso, a produtividade média de arroz no Brasil aumentou 46,8% nos últimos 15 anos.

Diferentemente do que pensam muitos produtores, o critério que define a comercialização do arroz não é o porcentual de quebrados, mas a incidência e a natureza dos defeitos presentes na massa de grãos (ELIAS *et al.*, 2010).

Além de aspectos determinantes da qualidade de consumo, como a aparência do produto após cozimento, o odor, a consistência e o sabor, são também considerados aspectos relacionados à aparência dos grãos antes do cozimento (CASTRO, 1999).

Kim *et al.* (2000) afirmam que a aparência é um fator importante na determinação da qualidade do arroz, sendo que os grãos gessados exercem impacto negativo nos parâmetros de qualidade.

#### 2.1.1. Estrutura do Grão de Arroz

O grão de arroz consiste da cariopse e de uma camada protetora, a casca. A casca, composta de duas folhas modificadas, a pálea e a lema, corresponde a cerca de 20% do peso do grão, a cariopse é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas o pericarpo, o tegumento e a camada de aleurona, que representam 5-8% da massa do arroz integral. A camada de aleurona apresenta duas estruturas de armazenamento proeminentes, os corpos protéicos e os corpos lipídicos. O embrião ou gérmen está localizado no lado ventral na base do grão, é rico em proteínas e lipídios, e representa 2-3% do arroz integral. O endosperma forma a maior parte do grão (89-94% do arroz integral) e consiste de células ricas em grânulos de amido e com alguns corpos protéicos (JULIANO; BECHTEL, 1985).

Na Figura 1 é possível observar a estrutura anatômica do grão de arroz.

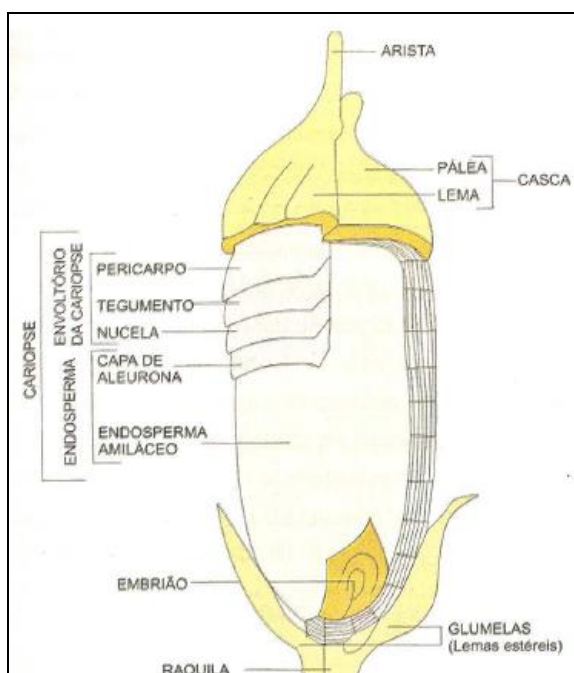


Figura 1. Estrutura anatômica do grão de arroz

Fonte: VIEIRA e CARVALHO (1999).

Na camada externa da semente de arroz está a maioria dos nutrientes de valor alimentício. Por meio do descascamento, separa-se a casca da cariopse, obtendo-se o arroz integral, o qual pode ser polido para remoção do farelo (pericarpo, tegumento, camada de aleurona e gérmen), que representa 8,5 - 14,8% do arroz integral (JULIANO; BECHTEL, 1985).

O polimento do arroz, para melhorar o aspecto comercial do grão, retira grande parte desses nutrientes. Entretanto, o arroz sem polimento é de difícil conservação, devido ao óleo contido no pericarpo e aleurona, que rancifica facilmente e o torna escuro após a cocção.(PITOMBEIRA, 2006).

Na Figura 2 encontram-se os grãos da classe longo fino, em suas diferentes formas de apresentação (em casca, esbramado e polido).



Figura 2. Grãos de arroz em casca (esquerda), esbramado (centro) e polido (direita)

Fonte: WARD e MARTIN, 2009.

## 2.1.2. Propriedades Tecnológicas e Funcionais

### 2.1.2.1. Amido

O amido classificado entre os nutrientes energéticos pode ser considerado um carboidrato de estrutura complexa, formado de monossacarídeos (glicose) ligados entre si e representado pela fórmula geral  $(C_6H_{10}O_5)_n + XH_2O$ , é acumulado nas plantas por meio da fixação do carbono atmosférico durante o processo de fotossíntese, que origina moléculas de carboidratos simples. Essas glicoses unidas pela ação de enzimas, na presença de adenosina trifosfato (ATP), formam cadeias longas de amido. A união entre duas ou mais moléculas de glicose é feita por ligação glicosídica, do tipo alfa (LIMA, 2009).

O amido, que se apresenta na forma de discretos grânulos com forma e tamanho dependente da sua fonte botânica, é composto basicamente por dois polímeros: amilose e amilopectina, estas estruturas são responsáveis por aproximadamente 98% do amido em peso seco, sendo que o teor polímero depende da fonte botânica (TESTER; QI, KARKALAS; 2006).

A disposição da amilose e amilopectina dentro do grânulo de amido ainda não é completamente compreendida, no entanto, o empacotamento de ambas é muito bem organizado. Além disso, o conteúdo destes polímeros altera a estrutura do grânulo, as propriedades térmicas, podendo afetar sua aplicação em alimentos industrializados.

Cada molécula de amido possui uma identidade própria e tendo isso reconhecido, a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos têm caminhos abertos. A composição do amido influencia diretamente em suas propriedades funcionais. Devido às diferenças estruturais dos diversos tipos de amidos, não se pode generalizar suas propriedades e comportamentos nas diferentes fontes botânicas (VIEIRA, 2004).

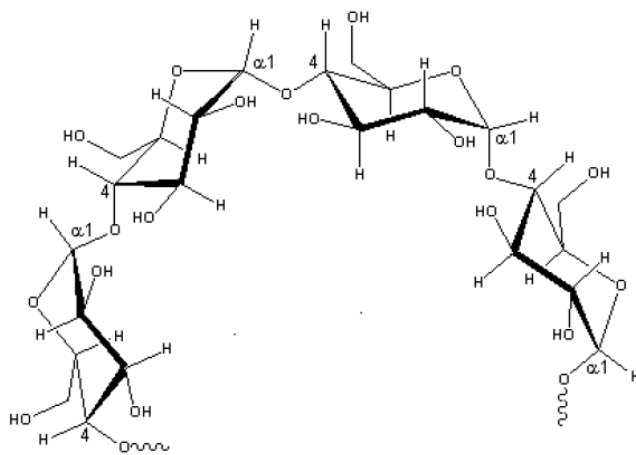
Os grânulos de amido intactos são solúveis em água fria, mas podem reter pequenas quantidades de água, ocasionando um pequeno inchamento, porém de forma reversível pela secagem (CEREDA, 2001).

A insolubilidade do grânulo é devida às fortes ligações de hidrogênio que mantêm as cadeias de amido unidas. Entretanto, quando o amido é aquecido em excesso de água, acima da temperatura de empastamento, a estrutura cristalina é rompida devido ao relaxamento de pontes de hidrogênio e as moléculas de água interagem com os grupos hidroxilas da amilose e da amilopectina, causando aumento do tamanho dos grânulos e solubilização parcial do amido (HOOVER, 2001).

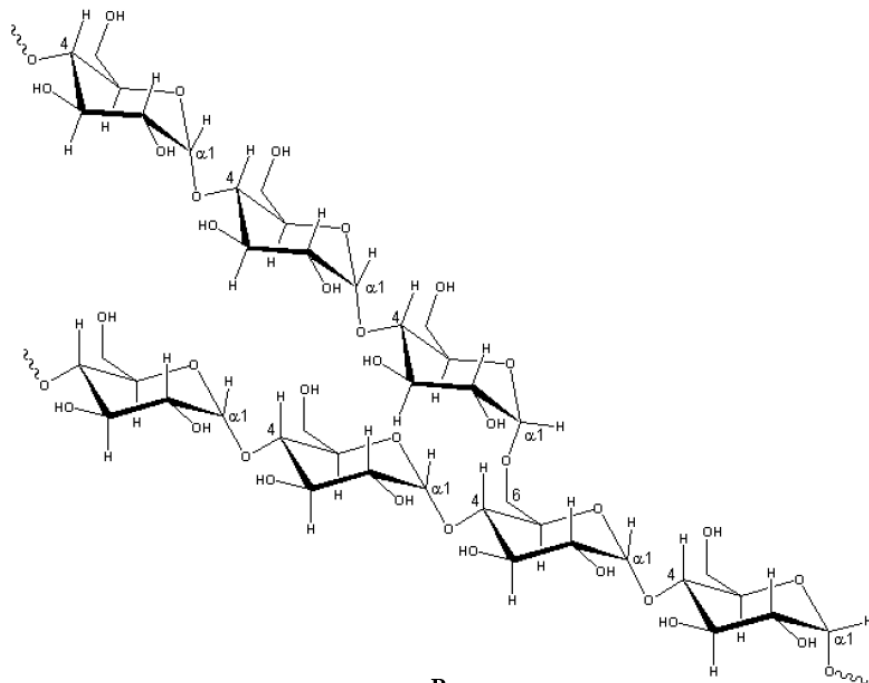
A amilose é uma molécula essencialmente linear formada por unidades de D-glicose ligadas em  $\alpha$ -1,4 com um pequeno número de ramificações (LIU, 2005). Apresenta a propriedade de absorver até 25 vezes seu peso em água. Na forma cristalina, a molécula de amilose tem uma conformação helicoidal, esta hélice, devido à conformação das unidades de glicose, tem um interior hidrofóbico.

Esta estrutura helicoidal propicia a formação de um complexo de cor azulada com o iodo, desde que a cadeia seja suficientemente longa, com pelo menos 40 unidades de glicose. Isto ocorre devido à inserção de uma cadeia linear de iodo-iodeto no interior da hélice. Na presença de cadeias menores de amilose, o complexo se apresenta na cor vermelha, amarela ou marrom (CIACCO; CRUZ, 1982; GUPTA *et al.*, 2003;).

A amilopectina é uma macromolécula altamente ramificada e consiste em cadeias lineares mais curtas de ligações  $\alpha$ -1,4 contendo 10 a 60 unidades de glicose e cadeias laterais de ligação  $\alpha$ -1,6 com 15 a 45 unidades de glicose (VAN DER MAAREL *et al.*, 2002).



A



B

Figura 3: A) Estrutura da amilose [polímero linear composto por D-glicoses unidas em  $\alpha$ -(1-4)]. B) Estrutura da amilopectina [polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em  $\alpha$ -(1-4) e  $\alpha$ -(1-6)]. Adaptado de LAJOLO & MENEZES (2006).  
 Fonte: DENARDIN; SILVA, 2009.

A maioria dos amidos contém 20 - 30% de amilose e 70 - 80% de amilopectina e essa proporção varia de acordo com a fonte botânica. Além da amilose e amilopectina, o grânulo de amido apresenta compostos nitrogenados, lipídeos e minerais como o fósforo.



Apesar de estarem presentes em menor percentual, podem ter influências marcantes nas propriedades do amido (CEREDA, 1996).

Os lipídeos, que representam em média 0,6% da composição de amidos de cereais, e são considerados a fração mais importante associada, podem complexar com amilose, alterando as propriedades reológicas do amido. Outros componentes como proteínas e várias substâncias inorgânicas, podem ser considerados impurezas, uma vez que não estão ligadas covalentemente com os polissacarídeos formadores do grânulo (CIACCO, 1982; HOSENEY, 1991; ELLIS *et al.*, 1998; PERONI, 2003)

#### 2.1.2.2. Gelatinização e retrogradação do amido

O aquecimento de suspensões de amido em excesso de água (> 60%) causa uma transição irreversível denominada gelatinização. O inchamento dos grânulos e a concomitante solubilização da amilose e amilopectina induzem a gradual perda da integridade granular com a geração de uma pasta viscosa (LIMA, 2009).

Observações microscópicas revelam que a desorganização pelo tratamento térmico de grânulos de amido envolve diversos estágios durante o aquecimento e que cada grânulo apresenta sua cinética própria. Em condições de umidade intermediária há quantidade insuficiente de água livre e ocorre apenas uma desorganização parcial nos grânulos, assim como das áreas cristalinas dentro dos grânulos que ocorre na temperatura de gelatinização de cerca de 67°C. Em cada grânulo, é a região central que se desorganiza primeiro, sendo, portanto a mais sensível ao aquecimento. A fácil difusão de água na região central menos organizada facilita o inchamento dos grânulos. Isto revela que as modificações químicas devem predominar nessas regiões mais internas dos grânulos, que são mais amorfas que as camadas mais externas (LIMA, 2009).

Uma suspensão de amido pode ser aquecida até certo limite sem que haja transformação profunda, a não ser um ligeiro intumescimento dos grânulos. Com o aumento progressivo da temperatura, há rompimento do grânulos, que se transforma em substância gelatinosa, um tanto opalescente à qual se dá o nome de goma ou pasta de amido (ANDERSON, 1982).

Segundo Bassinelo (2006), a temperatura de gelatinização (TG) do amido refere-se à temperatura de cozimento na qual a água é absorvida e os grânulos de amido aumentam irreversivelmente de tamanho, com simultânea perda de cristalinidade. A TG é uma

característica utilizada como medida indireta da qualidade do arroz. Em termos práticos, é um teste que avalia o índice de resistência à cocção, característica que está relacionada com a propriedade do amido e que determina o tempo de cozimento.

Segundo Martínez *et al.* (1989), a temperatura de gelatinização pode ser subdividida em três faixas: alta, intermediária e baixa.

Grãos de arroz (Figura 4) com TG alta requerem mais água e mais tempo de cozimento do que aqueles que apresentam TG intermediária ou baixa. Sob as mesmas condições de cocção, grãos com TG alta tendem a ficar duros e mal cozidos, ao passo que grãos com TG baixa tornam-se mais macios e podem até mesmo desintegrar-se completamente se cozidos além do ponto (BASSINELO, 2011).

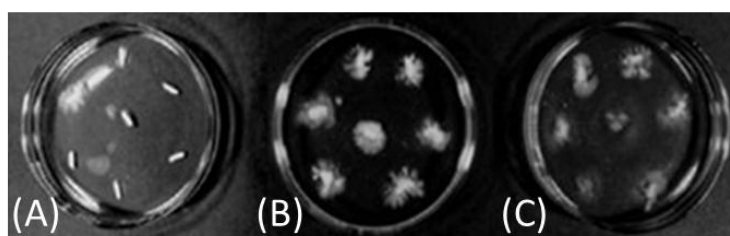


Figura 4. Grãos com TG alta(A), TG média(B) e TG baixa(C)

Fonte: BOÊNO, 2008.

A faixa de temperatura de gelatinização do amido é uma característica do genótipo da planta na qual o amido é sintetizado e é afetada pelas condições do meio, especialmente a temperatura durante o desenvolvimento do grânulo. O fenômeno de gelatinização do amido é extremamente importante para vários sistemas alimentícios (LIMA, 2009).

Grânulos de amido nativos são insolúveis em água abaixo de sua temperatura de gelatinização. Eles incham um pouco em água fria (10-20%), devido a difusão e absorção de água dentro das regiões amorfas, entretanto, este inchamento é reversível pela secagem (BULÉON, 1998).

O fenômeno da complexação ocorre a partir do aquecimento até o resfriamento das moléculas, podem ser formados complexos, como por exemplo entre amilose e ácidos graxos. A amilose forma uma hélice e no eixo desta hélice que é onde se encontram os

radicais hidrofóbicos do polímero, se inclui a cadeia graxa, formando ligações com estes radicais (LIMA, 2009).

Estes três fenômenos, inchamento, dissolução e propriedades visco elásticas constituem as propriedades funcionais e são consequência da perda da estrutura cristalina. Ocorrem após a gelatinização em um grande intervalo de temperatura. A perda da estrutura cristalina produz inchamento dos grânulos e solubilização parciais dos polímeros, resultando no aparecimento das propriedades visco elásticas do amido (LIMA, 2009).

Não se deve confundir a gelatinização que é um fenômeno físico definido pela perda de estrutura cristalina e que ocorre em uma faixa estreita de temperatura, com suas consequências funcionais, que ocorrem em um intervalo mais amplo de temperatura. Essa propriedade seria a geleificação do amido (BASSINELO, 2011).

Nos processos hidrotérmicos (Figura 5) inicialmente o amido é gelatinizado ao ser aquecidos e ao ser resfriado retrograda-se.

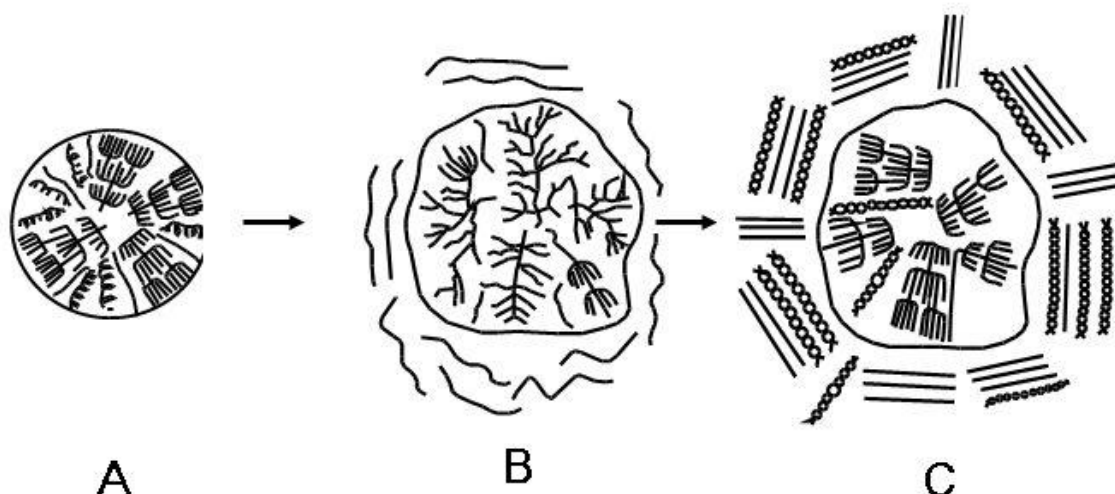


Figura 5. A: amido nativo; B: amido gelatinizado e C: amido retrogradado  
Fonte: <http://www.food-info.net/uk/carbs/starch.htm>

A retrogradação então é o processo que ocorre quando as moléculas de amido gelatinizadas começam a se reassociar favorecendo uma estrutura mais ordenada. Sob condições favoráveis, esta estrutura ordenada pode se desenvolver em forma cristalina. As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e retrogradação são os principais determinantes do comportamento de pasta desses amidos, as quais têm

sido medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido (CEREDA, 2001).

O nome retrogradação   dado porque o amido volta   sua condi o de insolubilidade em água fria e ocorre freqüentemente em pastas de amido envelhecidas. Considera-se que a retrograda o se origina da tendência das moléculas ou de grupos de moléculas, de amido dissolvido, se unirem umas às outras através de pontes de hidrogênio, dando forma o a partículas de maior tamanho, numa tentativa de cristaliza o de moléculas grandes e pesadas que, por essa razão, precipitam. (BULÉON, 1998).

### 2.1.2.3. Teor de amilose

O teor de amilose está relacionado com as propriedades texturais do arroz, como maciez e coesão, e ainda com sua cor, brilho e volume de expansão, fornecendo informa o sobre as mudanças que ocorrem durante o processo de coc o. Arroz com alto teor de amilose, normalmente, apresenta grãos secos e soltos, que após o resfriamento podem ficar endurecidos. Os cultivares com baixo teor de amilose apresentam grãos macios, aquosos e pegajosos no cozimento. Aqueles com teor intermediário apresentam grãos enxutos, soltos e macios, mesmo após o resfriamento (BASSINELLO, 2006).

O teor de amilose apresentado em trabalhos científicos   geralmente expresso como teor de amilose aparente, devido   capacidade de algumas cadeias ramificadas externas da amilopectina interagirem com o iodo, superestimando o teor de amilose (JANE *et al.*, 1999) alguns autores se referem ao teor de amilose aparente, como sendo aquele obtido de amidos que não foram previamente desengordurados, pois a presença de lipídeos no amido interfere na afinidade com o iodo (MORRISON, 1995).

A complexa o da amilose com o iodo   uma importante ferramenta de diagnóstico para caracteriza o do amido. Complexos de amilose com gorduras e emulsificantes de alimentos como mono e diglicerídeos podem alterar a temperatura de gelatiniza o do amido, a textura e o perfil de viscosidade da pasta resultante, e limitado a retrograda o (MATSUGMA, 2006).

Grânulos de amido nativo (Figuras 6, 7 e 8) de alta (entre 28 e 32%), média (entre 23 e 27%) e baixa amilose (entre 8 a 22%), quando observados através de

fotomicrografias demonstram estruturas granulares bastante diferentes, e muitas vezes definem o comportamento de consumo dos grãos(ZAVAREZE, 2009).

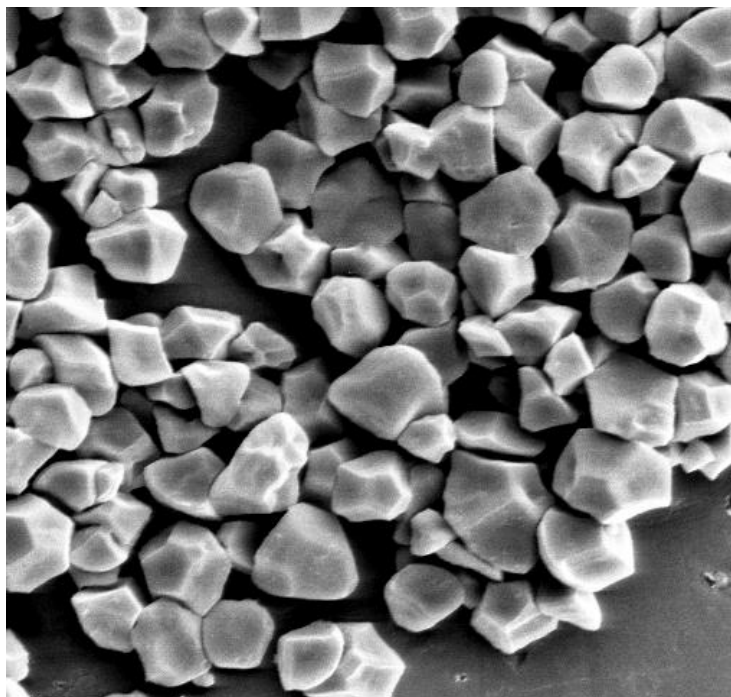


Figura 6. Grânulos de amido nativo de arroz de alta amilose  
Fonte: ZAVAREZE, 2009.

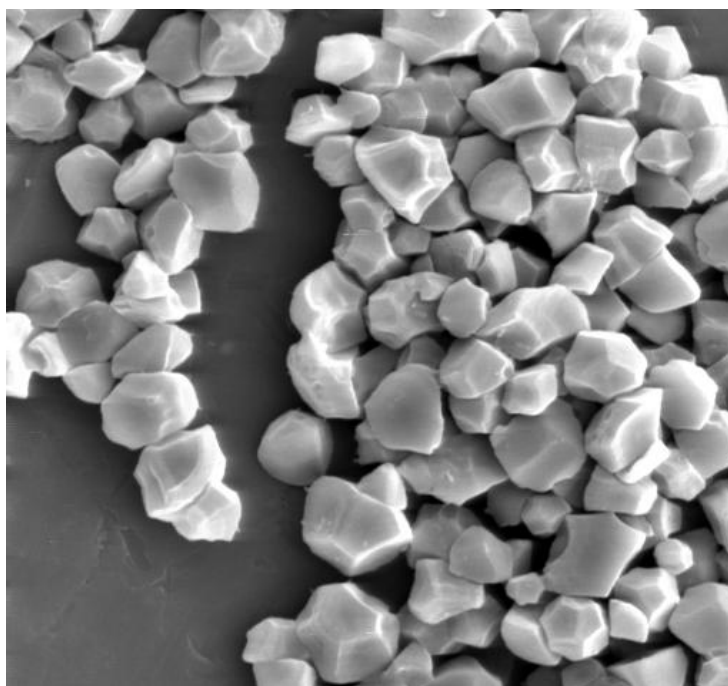


Figura 7. Grânulos de amido nativo de arroz de média amilose  
Fonte: ZAVAREZE, 2009.

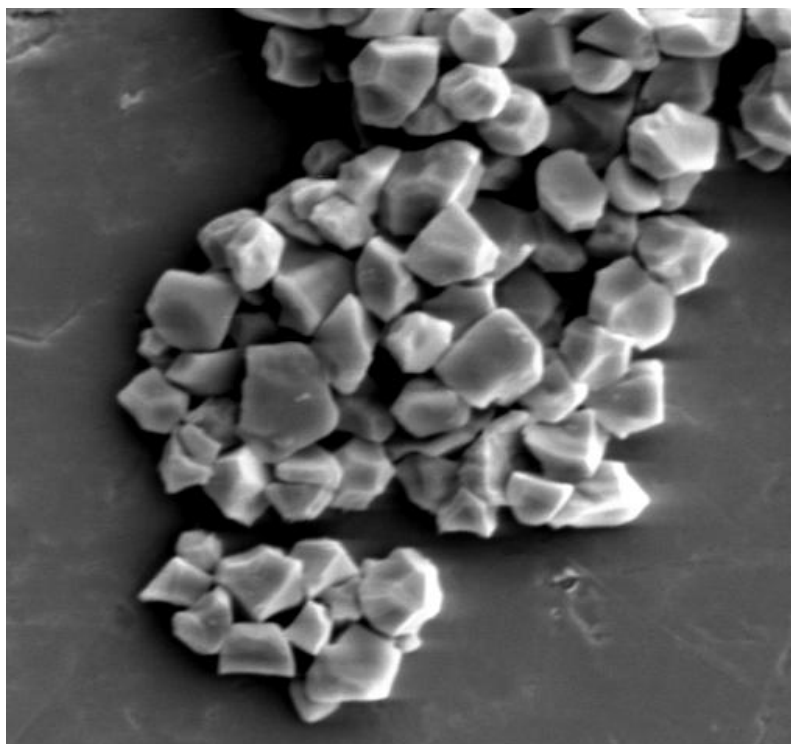


Figura 8. Grânulos de amido nativo de arroz de baixa amilose  
Fonte: ZAVAREZE, 2009.

O formato uniforme e a aglomeração dos grânulos de amido de arroz de alta amilose (Figura 6) garantem um amido de qualidade superior quando comparado ao amido de baixa amilose (Figura 8), que em uma mesma área, a ocupação de grânulos de amilose se apresenta menor e desuniformidade no agrupamento e formato dos grânulos.

## 2.2. Consumo de arroz no Brasil

### 2.2.1. Legislação

Com o objetivo de facilitar e regulamentar o sistema de comercialização de arroz, bem como de proteger o consumidor o Ministério da Agricultura estabeleceu normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz. Esses padrões proporcionam um sistema de comercialização por classes e tipos e levam em consideração os fatores de qualidade associados à limpeza, uniformidade, condições sanitárias e pureza do produto (MAPA, 2010).

O regulamento técnico do arroz aprovado pela Instrução Normativa MAPA n.º 06, de 16/02/2009 e alterado pela Instrução Normativa MAPA N.º 12, de 29/03/2010, define o padrão oficial de classificação do arroz, considerando seus requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem, nos aspectos referentes à classificação do produto (MAPA, 2010).

Segundo Regulamento Técnico aprovado pela IN 6 de 16/02/2009 o grão gessado é caracterizado como o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado que apresentar coloração totalmente opaca e semelhante ao gesso, no arroz das variedades especiais destinadas à culinária nacional e internacional, o grão gessado não será considerado defeito.

O Anexo VII do Regulamento Técnico aprovado pela IN 6 de 16/02/2009 estabelece os limites máximos de tolerância de grãos gessados somados aos grãos verdes expressos em %/peso sendo:

- Arroz beneficiado polido tipo 1: 2,00
- Arroz beneficiado polido tipo 2: 4,00
- Arroz beneficiado polido tipo 3: 6,00
- Arroz beneficiado polido tipo 4: 8,00
- Arroz beneficiado polido tipo 5: 10,00

#### 2.2.2. Características de consumo

Apenas uma pequena quantidade de arroz é consumida como ingrediente em produtos processados, sendo seu maior consumo na forma de grão (WALTER *et al.*, 2008).

Nas condições brasileiras, o arroz é consumido, principalmente, na forma de grãos inteiros, em três tipos de produto: arroz beneficiado polido, arroz parboilizado e arroz integral (CASTRO, 1999).

O arroz beneficiado polido é a forma comumente consumida na maioria das regiões brasileiras e é obtido a partir do polimento do grão integral, através de máquinas que provocam o atrito dos grãos, removendo proporções variáveis das suas camadas mais externas. Além da casca, resulta desse processo uma proporção variável de subprodutos em forma de grãos quebrados e farelo (CASTRO, 1999).

O arroz integral, ou seja, aquele do qual, no beneficiamento, é retirada apenas a casca, apesar de mais rico em nutrientes que o arroz polido, é pouco consumido no Brasil. O arroz parboilizado é aquele que, ainda em casca, é submetido a um processo hidrotérmico que provoca a gelatinização total ou parcial do amido, passando, posteriormente, pelo descasque e polimento (CASTRO, 1999).

O processo de parboilização melhora a qualidade nutricional do arroz, em relação ao produto beneficiado polido, devido à redistribuição de alguns componentes do grão em decorrência dos efeitos da temperatura e da umidade durante o processo hidrotérmico. O arroz parboilizado pode ser consumido integral ou polido.

De maneira geral, o consumidor de arroz dá preferência por um produto uniforme, com baixo conteúdo de grãos quebrados e/ou danificados. Da mesma forma, uma performance adequada no beneficiamento, com bons rendimentos de grãos inteiros, é também almejada por produtores e cerealistas, uma vez que o índice de quebra durante o processamento dos grãos afeta o valor do produto no mercado e consiste em fator determinante da aceitação de novas cultivares (CASTRO, 1999).

Assim, as características físico-químicas do grão devem ser consideradas na seleção de linhagens para a obtenção de cultivares compatíveis com as exigências do mercado, de maneira que contemplem as expectativas de todos os elementos da cadeia produtiva da cultura (PITOMBEIRA, 2006)

Do ponto de vista do consumidor brasileiro, além da aparência do produto cru, a preferência é por um arroz com qualidade de cocção que proporcione bom rendimento de panela, cozinhe rápido, apresente grãos secos e soltos após o cozimento e permaneça macio mesmo após o resfriamento.

Os fatores que controlam o comportamento culinário do arroz são ligados às propriedades do amido, como o seu conteúdo de amilose e a sua temperatura de gelatinização. Contudo, deve ser ressaltado que, durante o período de armazenamento, ocorre uma série de alterações no produto, normalmente referida como maturação pós colheita, que contribuem para melhorar muito o comportamento culinário do arroz (CASTRO, 1999).



### 2.2.2.1. Valor Nutricional

Considerando-se o fato de que a forma de arroz predominantemente consumida no Brasil é a do produto branco polido, fica evidente que a preocupação maior do consumidor não recai sobre o valor nutricional desse alimento, sendo mais importantes a aparência do produto cru e o seu comportamento de cocção (CASTRO, 1999).

O arroz é uma excelente fonte de energia, devido à alta concentração de amido, fornecendo também proteínas, vitaminas e minerais, e possui baixo teor de lipídios. Nos países em desenvolvimento, onde o arroz é um dos principais alimentos da dieta, ele é responsável por fornecer, em média, 715kcal per capita por dia, 27% dos carboidratos, 20% das proteínas e 3% dos lipídios da alimentação.

No Brasil, o consumo per capita é de 108g por dia, fornecendo 14% dos carboidratos, 10% das proteínas e 0,8% dos lipídios da dieta (KENNEDY *et al.*, 2002). Portanto, devido à importância do arroz na dieta de grande parte da população, sua qualidade nutricional afeta diretamente a saúde humana.

O valor nutritivo do arroz beneficiado polido é função, principalmente, de seu conteúdo protéico. Esse conteúdo não é tão baixo como se costuma pensar e fica em torno de 8,94% no grão polido e 10,9% no integral (Tabela 1), para a maioria das cultivares em uso no país. A proteína do arroz é de boa qualidade porque contém os oito aminoácidos essenciais ao homem e, combinada com leguminosas como o feijão, proporciona uma mistura com valor protéico ainda mais valioso (STORCK, 2004).

Tabela 1. Composição centesimal média (% em matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido

Constituinte	Arroz integral	Arroz branco polido	Arroz parboilizado polido
Amido total	74,12	87,58	85,08
Proteínas (N x 5,95)	10,46	8,94	9,44
Lipídios	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,3	0,67
Fibra total	11,76	2,87	4,15
Fibra insolúvel	8,93	1,05	1,63
Fibra solúvel	2,82	1,82	2,52

Adaptado de STORCK, 2004.

A composição nutricional do arroz sofre variações em função das diferentes formas de processamento que o grão sofre antes de ser oferecido ao consumidor. As vitaminas e sais minerais deste cereal estão concentrados na sua película e germe e a remoção dessas camadas durante o processo de beneficiamento causa uma grande redução do seu valor nutricional, sendo o endosperma basicamente amido (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA, 2002).

Diversos componentes do arroz presentes no farelo e/ou no endosperma têm sido relacionados a diferentes efeitos no organismo. Pesquisadores relatam efeitos benéficos à saúde, como auxílio no controle da glicose sanguínea, redução dos lipídios séricos e da pressão arterial, entre outros, auxiliando na prevenção e no controle de doenças crônicas, como diabetes e doenças cardiovasculares (MILLER *et al.*, 1992; KOIDE *et al.*, 1996; QURESHI *et al.*, 1997; RONG *et al.*, 1997; XIA *et al.*, 2003). Esses efeitos estão relacionados à presença dos compostos no grão, sendo, portanto afetados por diferentes fatores, principalmente pela característica genotípica e pelo processamento (WALTER; MARCHESAN; ÁVILA, 2008).

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas a fim de melhorar a característica nutricional do arroz através do melhoramento genético, sendo que já foram obtidos grãos com maior teor de pró-vitamina A, ferro, zinco e alguns aminoácidos (WALTER *et al.*, 2008).

De acordo com Elias *et al.* (2010), diferentemente do que pensam muitos produtores, o que define o tipo na hora de comercializar o arroz em casca não é o percentual de quebrados, mas a incidência e a natureza dos defeitos. Defeitos estes que podem ser classificados como metabólicos e não metabólicos. Defeitos como danificados, gessados e rajados não se alteram com o armazenamento, sendo caracterizados como não-metabólicos. Já os grãos manchados, picados, amarelos, pretos e ardidos podem aumentar durante o armazenamento, sendo denominados defeitos metabólicos.

Os metabólitos estão associados com os riscos de desenvolvimento de substâncias prejudiciais à saúde do consumidor, principalmente as toxinas produzidas por fungos, algumas delas cancerígenas e/ou produtoras de outros males não menos importantes. Dentre outros motivos, percebemos a necessidade de que os aspectos de qualidade sejam observados na cadeia produtiva como um todo, e os conceitos de qualidade total cada vez mais aplicáveis a essa situação, que ultimamente tem melhorado

muito no país, mas ainda necessita aumentar o patamar de melhorias, para reduzir o desequilíbrio tecnológico que ainda se verifica no setor arroseiro (ELIAS *et al.*,2010).

Segundo Elias *et al.* (2010), os principais fatores que influenciam a qualidade dos grãos podem ser assim sintetizados:

- Características varietais;
- Condições edafoclimáticas, fitossanitárias e manejo utilizado na etapa de produção;
- Época e condição da colheita;
- Métodos de secagem;
- Sistema de armazenamento e métodos de conservação;
- Processo de industrialização;
- “Vida de prateleira”;
- Propriedades culinárias.

#### 2.2.2.2. Aparência do endosperma

A aparência dos grãos é, sem dúvida, uma característica importante na qualidade do arroz. Grãos translúcidos são os mais procurados pela indústria de arroz e consumidores. Estes os preferem pela aparência, enquanto que no processo de industrialização de arroz, os grãos gessados (com centro-branco) podem causar maior percentual de grãos quebrados, o que desvaloriza o produto, além de influir negativamente na preferência por parte do consumidor (BASSINELLO, 2007).

De acordo com Elias *et al.* (2010), os tipos de defeitos existentes determinam o rendimento dos grãos quando do beneficiamento, sendo que muitos deles podem comprometer a qualidade e a eficiência do processo de armazenagem ao qual são submetidos.

O preço do grão de arroz pago ao agricultor depende fundamentalmente da qualidade, verificada após o beneficiamento, sendo que o percentual de grãos inteiros é uma das características mais importantes para determinar o valor de comercialização (MARCHEZAN *et al.*, 1993). Além do percentual de inteiros, outro aspecto importante relacionado com a qualidade do grão de arroz é referente a translucidez (SOFIATTI *et al.*,2006).

Fitzgerald, McCouch e Hall (2009) avaliando questões sobre qualidade de arroz afirmam que os grãos gessados apresentam pré disposição a quebra durante o processo de polimento e mesmo que resistam à quebra irão reduzir o valor de mercado.

O gessamento é uma opacidade que se verifica nos grãos devido ao arranjo entre os grânulos de amido e proteína nas células. Segundo CIAT (1980), esse processo se desenvolve sob condições adversas de clima e de cultivo. Essas regiões tornam-se frágeis e estão sujeitas a rompimento, por ocasião do beneficiamento. Considera-se aceitável, de acordo com metodologia proposta por CIAT (1980), quando o grau de opacidade dos grãos estiver abaixo de 0,1.

Roa e Vallejo (1976), Bhashyam *et al.* (1985) e Fernandes e Amorin Neto (1986) descrevem diferenças entre os genéticos, quanto ao surgimento de grãos gessados, sugerindo que esse problema pode ser minimizado se nos programas de fitomelhoramento se essa característica for avaliada, antes da liberação do genótipo para cultivo comercial.

Por outro lado, foi verificado por Roa e Vallejo (1976), Bhashyam, *et al.* (1985) e relatado por Galli (1978), que há interação entre genótipos, tornando difícil quantificá-los separadamente. Nesse sentido, Perez *et al.* (1990) avaliaram a estabilidade de grãos gessados de genótipos em diferentes ambientes, propondo que o índice de 1,20 pode ser considerado como limite superior para a identificação de cultivares com gessamento baixo e estável.

Muito pouco é conhecido sobre os fatores ou processos que afetam a organização dos grânulos de amido nos amiloplastos ou o início da organização dessas estruturas, mas estas são as principais diferenças observadas entre as áreas gessadas e as áreas translúcidas dos grãos (DENARDIN; SILVA, 2009).

Juliano e Bechtel (1972) têm mostrado que os grânulos de amido no grão de arroz tendem a aumentar em tamanho e com maior velocidade primeiro no centro do endosperma, e que a síntese do amido começa no centro e se move para fora.

De acordo com Hoshikawa (1968), o acúmulo de amido ocorre em três fases, sendo a primeira e mais intensa realizada no entorno do centro grão, em um segundo momento no centro e por último na periferia do grão. Isso justifica a maneira como o gessamento se distribui pelo endosperma, em seus diferentes estágios.

Portanto, nas fases iniciais de desenvolvimento, os grânulos de amido são sintetizados no meio de um saco leitoso. Parece que, nesta fase, altas temperaturas podem interromper este processo, e possivelmente o gessamento é o resultado de tal interrupção.

Na Figura 9 é possível observar a escala de identificação de centro branco em grão de arroz proposta por Martinez e Cuevas (1989).

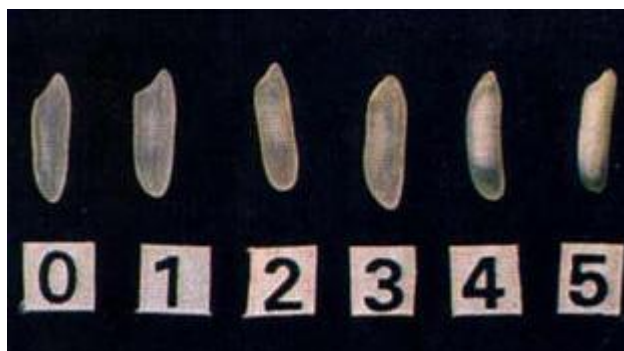


Figura 9. Escala de identificação centro-branco em grãos de arroz  
Fonte: MARTÍNEZ e CUEVAS, 1989.

A escala (Figura 9) proposta por Martínez e Cuevas (1989) segue de zero a cinco, onde no número zero o grão é completamente translúcido, aumentando a área opaca até o número cinco onde apresenta o endosperma completamente opaco/gessado.

Na Figura 10 é possível observar grãos de arroz agrupados de acordo com a presença de centro-branco.

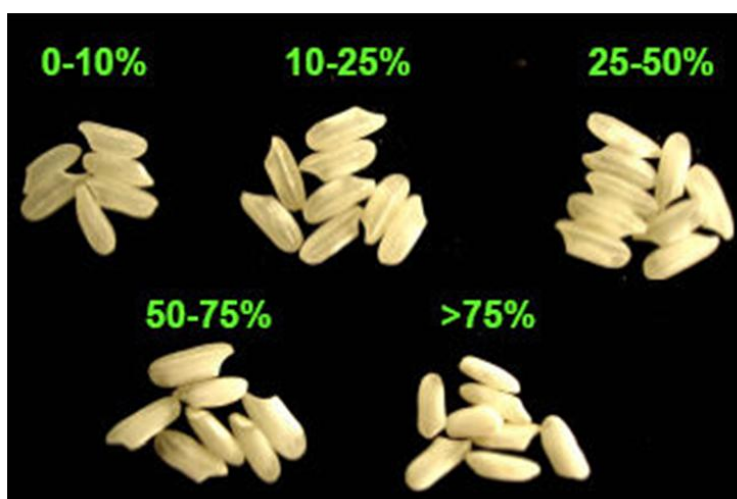


Figura 10. Grãos contendo diferentes percentuais de área gessada  
Fonte: IRRI, 2006.

As razões para a ocorrência de grãos gessados foram amplamente estudadas, sendo descritos vários fenômenos de ordem ambiental e fisiológica. Shen (2000) e Tang *et al.* (1999) descobriram que a composição e estruturação dos grânulos de amido no endosperma de arroz gessado se apresenta dispersa, com inúmeros espaços porosos preenchidos de ar. Tashiro e Ebata (1975) consideraram que a oferta insuficiente de produtos fotossintéticos, (no sentido metabólico fonte → dreno) durante o período de desenvolvimento do endosperma é uma das causas desse processo.

Wang *et al.* (1995) consideraram que falhas nas rotas de transporte de fotossimilados próximos à camada de aleurona podem causar gessamento parcial ou total do grão.

O estresse por altas temperaturas facilitam a formação de gesso nos grãos devido à conformação desorganizada da estrutura dos amiloplastos (ISHIMARU *et al.*, 2009). O tempo de duração da exposição a altas temperaturas é fator determinante no tipo de gessamento que ocorre no endosperma dos grãos. Ishimaru *et al.* (2009) relata que a diferença no tempo de exposição das plantas durante diferentes períodos de amadurecimento dos grãos interfere no processo fisiológico padrão de acúmulo nos amiloplastos.

O teor de umidade do arroz por ocasião da colheita, assim como as condições climáticas vigentes durante o período que a antecede e que contribuem para flutuações na umidade dos grãos ainda no campo, é fator importante no comportamento do produto no beneficiamento. De maneira geral, para obtenção de maiores rendimentos, tem sido recomendado colher o arroz com teor de umidade ainda elevado, entre 18 e 22% (CASTRO, 1999). Deve-se estar atento, entretanto, para as exigências específicas de cada variedade, uma vez que algumas podem ser mais exigentes quanto ao ponto de colheita (SILVA; FONSECA, 2009).

A colheita de grãos com teor de umidade média acima de 26% contribui para aumentar a ocorrência de grãos imaturos na massa de grãos, o que constitui uma das principais causas de aparecimento de grãos gessados. Acima dessa umidade, aumenta a ocorrência de grãos imaturos especialmente aqueles da porção basal da panícula, uma vez que o florescimento ocorre no sentido do ápice para a base da panícula (CASTRO, 1999).

Esse fato pode ser acentuado no caso de cultivares que possuem panículas grandes, que apresentam um acentuado diferencial de umidade nos grãos na panícula, contribuindo para aumentar o nível de gessamento e baixar o rendimento industrial. Plantas muito espaçadas podem apresentar períodos mais prolongados de emissão dos perfilhos e maior desuniformidade de maturação. Todo o cuidado deve ser tomado para garantir a emergência uniforme das plantas, seguindo-se as recomendações de espaçamento e densidade de plantio. Cultivares comerciais modernas, de maneira geral, apresentam maior uniformidade de maturação quando seguidas as recomendações de cultivo adequadas (CASTRO *et al.*, 1999).

Nas Figuras 11, 12 e 13 estão apresentados o quanto se diferenciam os arranjos estruturais do amido em grãos translúcidos comparados com grãos gessados. Nos grãos gessados são encontrados espaços de ar e grânulos de amido dispostos de maneira individual, enquanto que os grânulos de amido do grão translúcido são ordenados de maneira coesa. A estrutura celular desorganizada dos grãos gessados permite uma maior absorção de água durante o cozimento, oferecendo assim, um grão mais macio após o cozimento.

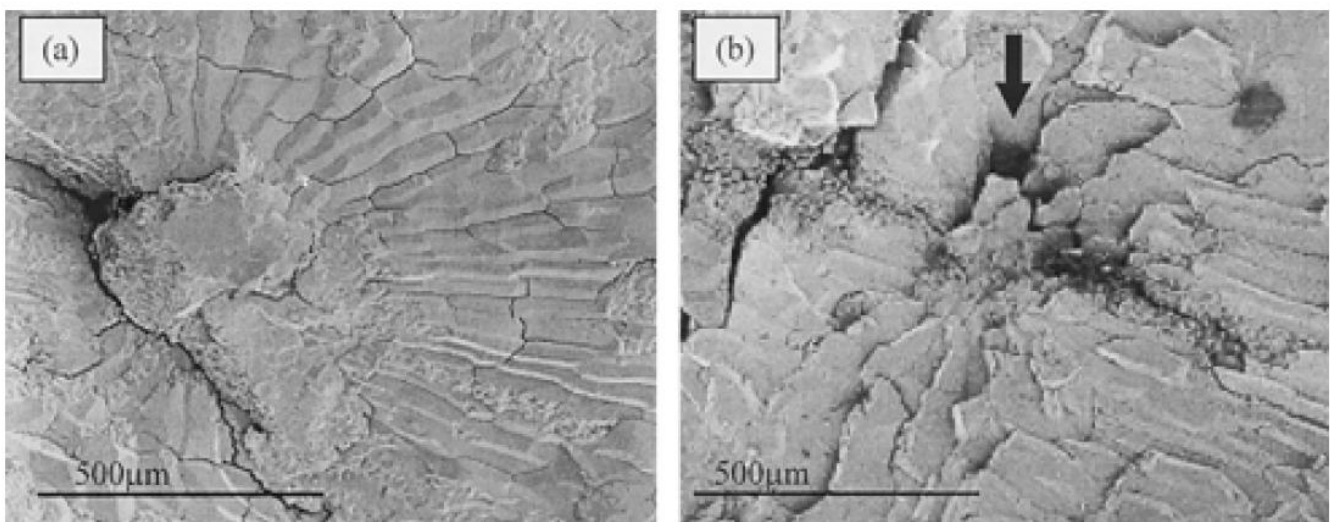


Figura 11. Aproximação 500µm **(a)** Centro de um grão translúcido **(b)** Centro de um grão farináceo

Fonte: LISLE *et al.*, 2000.

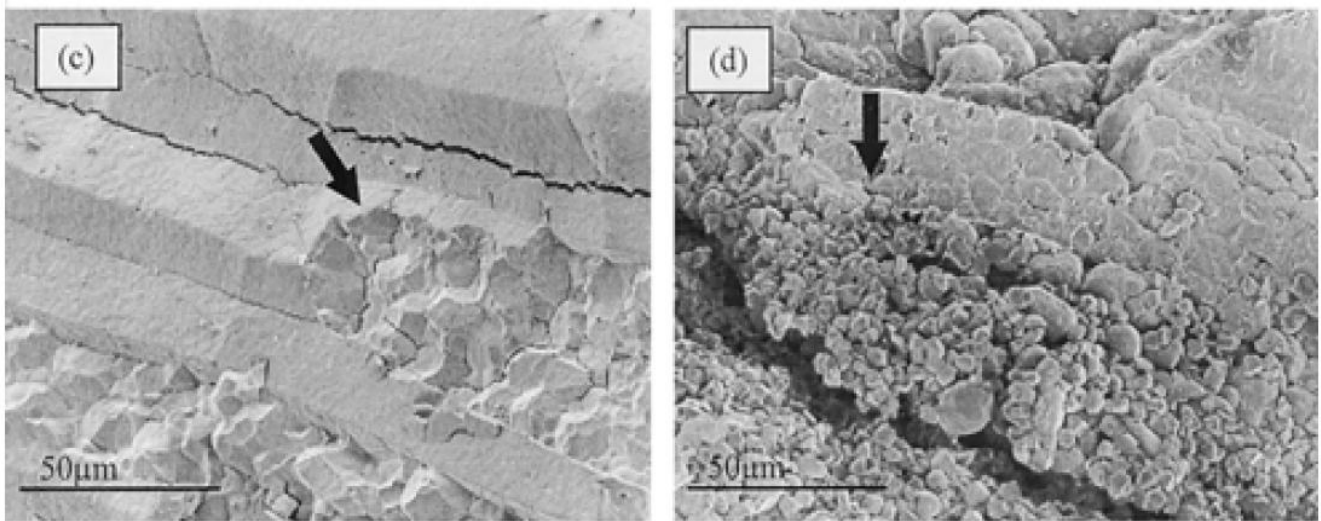


Figura 12. Aproximação 50µm **(c)** Centro de um grão translúcido **(d)** Centro de um grão farináceo  
Fonte: LISLE *et al.*, 2000.

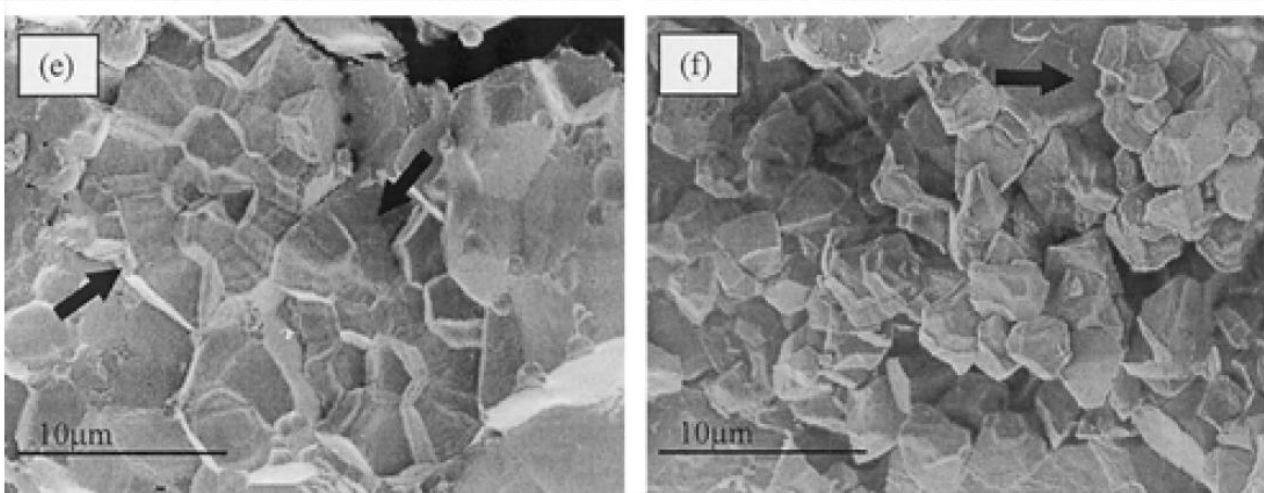


Figura 13. Aproximação 10µm **(e)** Grânulo de amido de grão translúcido **(f)** Grânulo de amido de grão farináceo  
Fonte: LISLE *et al.*, 2000.

A presença de gesso em grãos de arroz não é apenas um elemento visual considerado como fator que influencia a decisão de compra e o valor de mercado dos grãos. Sabe-se que grãos gessados diferem dos grãos translúcidos nas propriedades culinárias, na estrutura celular, e na morfologia e estruturação dos grânulos de amido, independentemente das condições de cultivo ao qual as plantas foram submetidas,



indicando que a formação de gesso em um grão não é controlado unicamente por fatores ambientais (LISLE; MARTIN; FITZGERALD, 2000).

#### 2.2.2.3. Comportamento na cocção

A qualidade de panela, também conhecida por qualidade culinária do arroz, expressa pelo tempo de cocção, rendimento volumétrico, rendimento gravimétrico, assim como por atributos sensoriais que são características marcantes nas cultivares de arroz. Contudo, são afetadas pela maturação de pós-colheita, devido às mudanças decorrentes de alterações físico-químicas nos grãos ao longo do tempo de armazenamento, geralmente nos três a cinco primeiros meses após a colheita (VIEIRA; CARVALHO, 1999; FONSECA *et al.*, 2005).

Segundo Castro *et al.* (1999), as modificações nas características culinárias melhoram o comportamento de cocção, proporcionando grãos mais soltos e secos após o cozimento.

Pesquisas relatam que, logo após a colheita, o arroz, quando cozido, tende a empapar e grudar; por isso, é necessário um período de armazenamento para estabilização e melhoria de qualidades culinárias (GULARTE, 2005). Nos parâmetros de qualidade, é importante que os grãos apresentem umidade uniforme e relativamente baixa, boa conservabilidade, baixos índices de contaminação por microrganismos, ausência de micotoxinas e alto valor nutricional (ELIAS; LORINI, 2005).

O teste de cocção em arroz é um dos parâmetros de qualidade muito utilizado por programas de melhoramento genético e indústrias de beneficiamento como forma de avaliar o comportamento culinário das cultivares lançadas e/ou novas linhagens em estudo. Consiste em simular o cozimento caseiro e determinar por meio de análise sensorial a textura, a pegajosidade e o rendimento dos grãos (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004).

Embora a melhor maneira de avaliar a qualidade culinária do arroz seja prepará-lo do modo tradicional dos consumidores e submetê-lo à apreciação dos mesmos ou a um grupo de pessoas treinadas em análise sensorial do produto, esse tipo de análise demanda muito produto, tempo e muitas pessoas, o que o torna pouco prático e oneroso, especialmente quando o número de linhagens a serem avaliadas é grande. Diante desse

fato, tem-se utilizado testes indiretos de avaliação, como os do teor de amilose aparente, temperatura de gelatinização e estrutura do amido, entre outros (LI-JUN, 2009).

### 2.3. Qualidade sensorial

Os principais atributos sensoriais avaliados pelos consumidores de arroz podem ser resumidos em: cor, aparência, odor, soltabilidade, textura e sabor.

Segundo Minin (2010) a qualidade sensorial de um alimento não é uma característica própria deste, mas sim o resultado da interação entre ele e o homem. A qualidade sensorial é função tanto dos estímulos procedentes dos alimentos como também das condições fisiológicas e sociológicas dos indivíduos que o avaliam, no contexto ambiental em que se localizam esse indivíduo e o próprio produto. Dessa maneira, pode-se perceber que a qualidade de um alimento varia de pessoa para pessoa, sendo ditada por uma vasta gama de fatores.

A qualidade sensorial pode ser entendida como sendo todas as características que pode apresentar um produto e que impressionam nossos sentidos. Deve-se entender por qualidade então, não um conjunto de atributos necessariamente excelente ou altamente desejável, mas sim, reconhecer que um atributo particular pode ser muito importante para determinados produtos e de nenhuma importância para outros (QUEIROZ; TREPTOW, 2006).

A qualidade sensorial foi didaticamente esquematizada na forma de um círculo, por Kramer e Twigg (1979), conforme Figura 14.

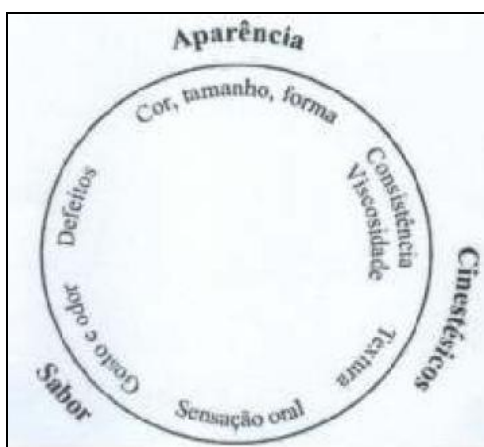


Figura 14 – Círculo de Kramer

Fonte: QUEIROZ e TREPTOW 2006.

O círculo de Kramer é uma expressão gráfica da qualidade sensorial dos alimentos, em que os atributos de qualidade são especificamente definidos e combinados de forma contínua em três categorias (aparência, sabor e cinestésicos) expostas do lado externo do círculo.

Do lado interior, distribuídos para cada categoria principal, há atributos secundários de qualidade, cujo conjunto define as três categorias principais. Assim, a aparência é constituída de componentes expressos pela cor, brilho, tamanho e forma.

Essas características da aparência estão intrinsicamente ligadas ao atributo cinestésico, tendo por ponto de ligação a forma, que de alguma maneira relaciona-se com a consistência e a viscosidade dos alimentos e, conseqüentemente, com a percepção oral, que interage com o odor e o gosto na constituição do sabor.

O círculo é então fechado pelos defeitos, que são atributos, na maioria das vezes, visualmente detectados, interagindo, portanto, com a aparência (QUEIROZ; TREPTOW, 2006).

### 2.3.1. Atributos sensoriais

#### 2.3.1.1. Aparência

Relacionados à aparência encontram-se a cor, o brilho, o tamanho e a forma. A cor é a resposta do olho humano à luz refletida por um objeto e relaciona-se com os seguintes fatores: composição espectral da fonte de luz, características físico-químicas do objeto e sensibilidade espectral dos olhos, brilho é a luminosidade, forma de se distinguir entre cores claras e escuras e pureza é intensidade da cor (LAWLESS; HEYMANN, 1999).

O tamanho e a forma estão associados aos parâmetros de peso, volume, densidade e simetria (QUEIROZ; TREPTOW, 2006).

#### 2.3.1.2. Sabor e odor

O binômio gosto-odor e sensações táteis, individualmente caracterizados, no entanto, são indissociáveis na sensação de sabor. Ainda que o odor dos alimentos seja o resultado de uma combinação de estímulos odorosos, com diferentes propriedades, os alimentos apresentam um odor característico. Na interface entre aparência e sabor, no círculo de Kramer, encontram-se os defeitos, facilmente identificados como componentes de aparência, que contribuem para o conjunto do sabor. Defeito é definido como a falta de

conformidade da unidade de um produto com as especificações de uma característica de qualidade (GULARTE, 2009; QUEIROZ; TREPTOW, 2006).

O aroma do arroz é detectado quando seus compostos voláteis entram nos canais nasais e são percebidas pelos milhões de minúsculos cílios capilares que cobrem o epitélio localizado no teto da cavidade nasal (MEILGAARD *et al.*, 2007).

O sabor é a impressão percebida através dos sentidos químicos de um produto na boca (CAUL, 1957). De acordo com Meilgaard *et al.* (2007), quando definido desta forma, sabor inclui aromas (percepções olfativas causadas por substâncias voláteis liberadas a partir de um produto na boca através das narinas); sabores (salgado, doce, azedo, amargo, causada por substâncias solúveis na boca); e fatores sensoriais químicos que estimulam terminações nervosas nas membranas suaves das cavidades bucal e nasal (adstringência, o calor de especiarias, de refrigeração, mordida, sabor metálico, o gosto umami).

Há mais de 30 anos, estudos buscam entender como os fatores genéticos, de pré-colheita e pós-colheita afetam o aroma e o sabor de arroz cozido e como estes se relacionam com os numerosos compostos voláteis oriundos da cocção do arroz.

A maioria dos pesquisadores correlaciona variáveis de pré-colheita e pós-colheita com as alterações em compostos voláteis, não havendo maiores informações sobre os compostos que possivelmente afetam o aroma e o sabor. Pequenas variações nas propriedades sensoriais, especialmente o aroma, pode fazer o arroz altamente aceitável ou inaceitável para os consumidores (YAU; LIU, 1999).

Consequentemente, aroma e sabor foram classificados como principais critérios para a preferência entre os consumidores (DEL MUNDO; JULIANO, 1981).

Champagne (2011) comenta que com a exceção de 2-acetil-1-pirrolina (que caracteriza o aroma pipoca), nenhum outro composto foi identificado como marcante para o monitoramento e controle dos fatores pré e pós-colheita que afetam aroma e sabor, salienta também que para a análise de compostos voláteis do arroz, são necessárias as etapas de captura, concentração, separação e determinação. Os métodos tradicionais têm envolvido extração de vapor e destilação por solvente, entre outros (REINECCIUS, 2006).

Um grande número de compostos voláteis contribuem para o aroma e sabor de arroz. Porém, Champagne (2011), afirma que de mais de 200 compostos voláteis existentes no arroz, somente alguns são descritos na interferência do aroma e sabor do

arroz cozido. Desse modo, a determinação dos compostos voláteis responsáveis por o aroma/flavor característicos do arroz, tem se mostrado uma tarefa difícil.

O uso combinado de análise descritiva de preferência e padrões sensoriais podem proporcionar uma avaliação precisa e identificar características de qualidade desejadas pelos diferentes mercados. Indicadores descritivos também podem ser correlacionados a concentrações de compostos voláteis usando vários métodos estatísticos para determinar quais compostos são os responsáveis pelo aroma percebido e sabor ou servir como marcadores para esses atributos (CHAMPAGNE, 2011).

Dentre os fatores que interferem no sabor e odor do arroz, é possível citar:

- Fatores genéticos: O aroma do arroz tem apresentado ser devido a uma deleção no par oito-base do eixo 7 de um gene no cromossomo 8 (LORIEUX *et al.*, 1996; JIN *et al.*, 2003; CHEN *et al.*, 2006) que codifica um aldeído desidrogenase putativo betaína 2 (BAD2) (BRADBURY *et al.*, 2005). Esta supressão resulta em uma perda de função da enzima e, conseqüentemente, 2-AP que se acumula em cultivares aromáticas.

Recentemente, Fitzgerald *et al.* (2008) analisou 464 amostras cadastradas como aromáticas, a partir do Centro de Recursos Genéticos do International Rice Research Institute (IRRI). A análise mostrou que um número considerável dessas cultivares, principalmente do Sul e Sudeste da Ásia, não carregam a deleção de 8 par de alelos, e ainda que elas continham 2-AP. Após eliminando a possibilidade de um produto de reação de Maillard, os autores concluíram que a deleção 8 par, no alelo de fragrâncias não é a única causa de aroma, e que pelo menos uma outra mutação impulsiona a acumulação de 2-AP.

- Práticas de Pré Colheita: Práticas de fertilização, condições de ambiente e manejo cultural afetam o conteúdo de amilose e proteína de cultivares de arroz, que por sua vez, podem influenciar no aroma e sabor do arroz cozido.

- Datas de drenagem e colheita: O tempo correto de drenagem do campo e período de colheita devem considerar a estágio de maturidade fisiológica, teor de umidade, e as condições meteorológicas adequadas que permite que o cultivo de arroz alcance alta produtividade. A drenagem precoce pode causar estresse de umidade em grãos antes de apresentarem fisiologicamente amadurecidos, afetando processos metabólicos e, por sua vez, a elaboração de compostos aromatizantes voláteis.

A colheita precoce com teores mais elevados de umidade, melhoram a produtividade do arroz (Kester *et al.*, 1963), mas, pode proporcionar crescimento microbiano problemático e diretamente associados ao off-flavor (CHAMPAGNE *et al.*, 2004). Os níveis mais baixos de produtos de oxidação de lipídios 1-pentanol, hexanol e nonanol ocorreu em arroz com o menor teor de umidade de colheita (CHAMPAGNE *et al.*, 2004).

- Práticas pós colheita: A industrialização e mais especificamente a etapa de polimento do arroz pode interferir no odor (TSUGITA *et al.*, 1980). O armazenamento também pode influenciar no odor, sendo possível que os lipídios da superfície do grão sofram hidrólise para formar ácidos graxos livres que são suscetíveis à oxidação (YASUMATSU; MORITAKA 1964). A enzima lipase presente no farelo residual da superfície do arroz contribui para a formação de ácidos graxos livres. Além disso, a oxidação de ácidos graxos insaturados, particularmente os ácidos linolêico e linolênico, prossegue com a eventual formação de vários outros produtos secundários de oxidação, tais como aldeídos, cetonas, álcoois, furanonas, ácidos, lactonas, e os hidrocarbonetos que são em última instância responsável para o desenvolvimento de sabores e odores (YAMAMATSU *et al.*, 1966; GROSCH, 1987).

#### 2.3.1.3. Textura

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas textura é definida como todas as propriedades reológicas e estruturais (geométricas e de superfície) de um alimento visto sua interação com os demais atributos ou receptores de sentido (NBR 12806, 1993).

Meilgaard, Civille e Carr (2006) definiram como a manifestação sensorial da estrutura interna dos produtos em termos de reação ao estresse: medida como propriedade mecânica (firmeza, adesividade, coesividade, gomosidade, viscosidade) pelo sentido cinestésico nos músculos da mão, dedos, língua, maxilar ou lábios; propriedades relativas a sensações táteis, medidas como partículas geométricas (granulosidade, arenosidade, cristalinidade, floculação) ou propriedades de suculência (umidade, oleosidade, seca) pelos nervos táteis da superfície da pele, das mãos, lábios e língua.

Muitas tentativas têm sido feitas para identificar, definir e classificar termos para textura. Szczesniak (1963) apud Stone e Sidel (1992) publicou uma classificação de termos que ainda é amplamente utilizada, na sua forma original ou modificada.

Esse conjunto de características divide-se em três grupos englobando as características mecânicas, geométricas além de outras. As características mecânicas foram divididas em duas categorias, parâmetros primários e secundários. Os primários compreendem a dureza, a coesividade, viscosidade, elasticidade e adesividade; os secundários abrangem a fraturabilidade, mastigabilidade e gomosidade. Estas características são medidas sensorialmente pela pressão exercida pelos dentes, língua e palato, durante o ato de comer, Szczesniak (1963) apud Brennan (1988).

As características geométricas são aquelas que se referem ao arranjo dos constituintes do alimento, relacionam-se com a forma e tamanho das partículas (arenoso, granuloso, liso) e com a orientação das partículas (fibroso, floculento, celular ou cristalino), Szczesniak (1963) apud Queiroz e Treptow (2006). Finalmente as outras características relacionadas à percepção de umidade e de gordura nos alimentos Szczesniak (1963) apud Stone e Sidel (1992).

A textura do arroz é afetada por fatores como variedade, teor de amilose, temperatura de gelatinização (DEL MUNDO *et al.*, 1989), e os fatores de processamento (OKABE 1979; ROUSSET *et al.*, 1995). A firmeza e adesividade governam a palatabilidade de arroz cozido em mercados asiáticos (OKABE, 1979), sendo a firmeza o parâmetro mais importante.

### 2.3.2. Escalas sensoriais

As escalas são usadas pelos provadores para quantificar as informações sensoriais, sendo que o tipo de escala irá definir a análise estatística a ser empregada, portanto, sua escolha deve ser criteriosa e de acordo com os objetivos do estudo (WATTS *et al.*, 1989).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da ABNT (NBR 14141, 1998) classifica as escalas sensoriais em quatro tipos: nominal (verbal), ordinal (numérica), de intervalo e de proporção. As escalas de intervalo podem ser estruturadas e não estruturadas e quanto à polaridade, unipolares e bipolares.

### 2.3.2.1. Escala de Atitude (FACT)

A escala FACT mede o grau de aceitação do produto com base em atitudes do consumidor em relação à frequência em que estaria disposto a consumir o produto em determinado período (MININ, 2006).

Esta escala é recomendada para testes de aceitação de produtos com os quais os consumidores não estão familiarizados. É considerado mais sensível que a escala hedônica, pois o fato de se registrar uma atitude é mais realista do que simplesmente registrar o interesse afetivo pelo produto (MININ, 2006).

As amostras são apresentadas individual e inteiramente ao acaso aos consumidores, sendo feitas perguntas sobre a sua aceitação, segundo uma escala previamente estabelecida, com base em atitudes de consumo. A escolha das palavras ou frases que irão identificar os intervalos da escala é de extrema importância, devendo dar uma idéia de ordem sucessiva dos intervalos na escala e também facilitar a decisão do consumidor em suas respostas (MININ, 2010).

O estudo de atitudes é de extrema relevância para se compreender melhor os aspectos pertinentes ao comportamento do consumidor. A análise de atitudes constitui um objetivo importantíssimo para entender muitos dos aspectos relacionados ao comportamento de compra do consumidor (KARSAKLIAN, 2000).

Segundo Scare, Orati e Hartung (2007) é importante estudar atitudes sob uma abordagem mercadológica para se compreender melhor as ações ou intenções dos consumidores em relação aos objetos que eles se relacionam. Diante da possibilidade de identificação e avaliação das atitudes, o comportamento dos indivíduos pode ser influenciado ou até modificado.

### 2.3.2.2. Escala do Ideal

Segundo Gularte (2009), na escala do ideal o consumidor expressa o ideal do produto com relação à intensidade de um atributo específico. Geralmente, a escala possui de 3 a 5 pontos com termos opostos “muito fraco” a “muito forte” e no centro da escala o termo “ideal”, sendo os números iguais de categorias de ambos os lados.

De acordo com Minin (2010), tais escalas podem não ser balanceadas ou não regularmente espaçadas nem os dados obtidos ser analisados pela média. Para análise



dos dados, trabalha-se com porcentagens de julgadores que responderam para cada categoria específica de cada atributo avaliado.

### 2.3.3. Avaliação sensorial

Avaliação sensorial de um alimento deve seguir um conjunto de especificações básicas, para que se mantenha uma uniformidade em toda a metodologia empregada, da mesma maneira que se deve seguir um roteiro ou um método para qualquer procedimento laboratorial, de modo a obter padronização dos experimentos (MININ, 2010).

Os testes de aceitação têm o objetivo de avaliar o grau em que os consumidores gostam ou desgostam do produto, buscando uma medida da disposição do consumidor de comprar o produto. Utilizado no desenvolvimento e no melhoramento de produtos (GULARTE, 2009).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas (DCTA-FAEM-UFPe) e no Laboratório de Controle de Qualidade de Arroz da Bayer S.A., situado na Avenida Fernando Osório, nº 2158, Pelotas/RS.

#### **3.1. Material**

Foram utilizadas amostras de grãos de arroz de variedades comerciais, descascados e polidos, sem defeito visual, provenientes da Cooperativa Agroindustrial Alegrete LTDA – sede Alegrete/RS, e grãos de arroz gessados (com área gessada  $\geq 75\%$ ) oriundos de seleção industrial (máquinas selecionadoras de grãos) da empresa CAMIL Alimentos – filial de Rio Grande/RS.

Para a composição das amostras os grãos foram selecionados manualmente, sendo elaborados os tratamentos com as porcentagens de 0, 1, 3, 5, 10, 25, 50 e 100% de grãos gessados (com área gessada  $\geq 75\%$ ), adicionando-os aos grãos descascados e polidos sem defeito visual.

#### **3.2. Métodos**

O trabalho foi estruturado em um experimento, destinado a comparar efeitos da presença de grãos gessados sobre os parâmetros de avaliação nutricional (grau de umidade, teor de proteínas, lipídeos, cinzas, carboidratos, fibras e amilose), tecnológica (temperatura de gelatinização, perfil texturométrico, perfil branquimétrico, tempo de cocção, rendimento volumétrico, rendimento gravimétrico e soltabilidade) e de qualidade de consumo (intenção de compra e atributos sensoriais).

Para avaliação dos efeitos da presença de grãos gessados sobre os parâmetros de avaliação tecnológica e nas propriedades de consumo, nos grãos de arroz, foi utilizado o delineamento experimental expresso na Tabela 2.

Tabela 2. Efeitos da influência da presença de grãos gessados sobre os parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo

Tratamentos	Variáveis independentes	Variáveis dependentes
	Composição das amostras	Avaliações
A	Arroz branco polido sem defeito visual (100%)	
B	Arroz branco polido sem defeito visual (99%) + Arroz branco polido gessado (1%)	
C	Arroz branco polido sem defeito visual (97%) + Arroz branco polido gessado (3%)	1. Parâmetros tecnológicos (teor de umidade, teor de proteínas, lipídeos, cinzas, carboidratos, fibras e amilose, temperatura de gelatinização, perfil texturométrico, perfil branquimétrico, comportamento na cocção)
D	Arroz branco polido sem defeito visual (90%) + Arroz branco polido gessado (5%)	
E	Arroz branco polido sem defeito visual (80%) + Arroz branco polido gessado (10%)	
F	Arroz branco polido sem defeito visual (75%) + Arroz branco polido gessado (25%)	2. Qualidade de consumo (intenção de compra e atributos sensoriais)
G	Arroz branco polido sem defeito visual (50%) + Arroz branco polido gessado (50%)	
H	Arroz branco polido gessado (100%)	

### 3.2.1. Preparo das amostras

Para a composição das amostras, foram utilizados 3.640g de arroz branco polido sem defeito visual e 1.165g de arroz branco polido gessado, nas composições conforme Tabela 3.

Tabela 3. Composição (g) das amostras em diferentes porcentagens de grãos gessados

Amostra	Grãos de arroz polido sem defeito visual (g)	Grãos de arroz polido com área gessada $\geq 75\%$ (g)
A	1.800	ZERO
B	1.782	18
C	1.746	54
D	1.710	90
E	1.620	180
F	1.350	450
G	900	900
H	ZERO	1.800

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%.

Sendo utilizados para as análises de parâmetros químicos 300g, parâmetros tecnológicos 100g e características de consumo 200g para cada amostra.

### 3.2.2. Avaliações propriedades tecnológicas

#### 3.2.2.1. Composição proximal

##### 3.2.2.1.1. Teor de umidade

O teor de umidade foi estabelecido utilizando o método termogravimétrico, sendo a amostra levada à estufa a 105°C, até peso constante (16 às 24h), segundo a metodologia da AOAC (1995).

##### 3.2.2.1.2. Proteína

O conteúdo de proteína foi determinado pelo método Kjeldahl, pelo uso do fator 5,95 para conversão de nitrogênio em proteína conforme procedimento da AOAC (1997).

#### 3.2.2.1.3. Lipídeos

Para determinação do teor de lipídeos foi realizada extração com solvente a quente, em extrator tipo Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente orgânico, de acordo com método preconizado pela AOAC (1997).

#### 3.2.2.1.4. Cinzas

O conteúdo de matéria mineral (cinzas) foi determinado em mufla, a 550°C/5h de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

#### 3.2.2.1.5. Fibras

A determinação de fibras foi realizada utilizando método químico, determinando o resíduo orgânico insolúvel da amostra, após digestão ácida e alcalina de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

#### 3.2.2.1.6. Carboidratos

Para determinação do teor de carboidratos foi calculada a diferença centesimal.

#### 3.2.2.2. Teor de amilose

Para a determinação do teor de amilose as farinhas e os amidos foram caracterizados pelo conteúdo de amilose determinado por método colorimétrico, conforme descrito por Martínez e Cuevas (1989), com adaptações. Uma amostra de 100mg foi transferida para balão volumétrico de 100 mL, sendo acrescida de 1 mL de álcool etílico 96% GL e 9 mL de solução de NaOH 1 N e colocada em banho-maria a 100°C por 10 minutos, sendo resfriada durante 30 minutos e o volume completado com água destilada. De cada amostra, foi retirada uma alíquota de 5 mL e transferida para balão volumétrico de 100 mL, em que foi adicionado 1 mL de ácido acético 1 N e 2 mL de solução de iodo 2% (p/v) preparada três horas antes da análise, sendo, então, completado o volume de cada balão volumétrico com água destilada. Para a construção da curva padrão, foi utilizado 40 mg de amilose pura (Sigma) submetida ao mesmo procedimento utilizado nas amostras de farinha e amido de arroz. Foram retiradas alíquotas de 1, 2, 3, 4, e 5 mL do balão volumétrico e foram acrescidos de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 mL de ácido acético e de 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2 mL de iodo, respectivamente, completando-se o volume a 100 mL

com água destilada. A leitura de absorvância foi realizada 30 minutos após adição da solução de iodo a 610 nm. Os resultados foram enquadrados conforme escala abaixo, para a determinação do teor de amilose:

Amilose alta: entre 28 e 32%

Amilose média: entre 23 e 27%

Amilose baixa: entre 8 a 22%

### 3.2.2.3. Temperatura de gelatinização

Na determinação da temperatura de gelatinização utilizou-se 12 grãos de arroz inteiros, descascados e polidos colocados em compartimento de análise, onde foram adicionados 10ml de hidróxido de potássio (KOH) a 1,7%, e cobertos com filme de PVC e levados para uma câmara com controle de temperatura (BOD), onde permaneceram por 24 horas com temperatura de 25°C.

Após os grãos foram avaliados individualmente de acordo com os graus de dispersão alcalina conforme Tabela 4 e Figura 15.

Tabela 4. Escala de graus de dispersão alcalina

<b>Graus de dispersão</b>	<b>Aspecto dos grãos</b>
2	Grãos não afetados ou inchados.
3	Grão inchado, com ligeiras aberturas e ligeira dispersão ao redor.
4	Grão inchado, um pouco aberto, com dispersão ao redor.
5	Grão totalmente aberto, com uma larga dispersão ao redor.
6	Grão parcialmente disperso, não se observando sua forma.
7	Grão totalmente desintegrado e que frequentemente só se observa o embrião.

O grau de dispersão foi calculado através da Equação 1:

$$\text{Grau de dispersão} = \frac{[(A \times 2) + (B \times 3) + (C \times 4) + (D \times 5) + (E \times 6) + (F \times 7)]}{12} \quad (\text{Eq. 1})$$

12

Onde:

A: número de grãos com o grau 2

B: número de grãos com o grau 3

C: número de grãos com o grau 4

D: número de grãos com o grau 5

E: número de grãos com o grau 6

F: número de grãos com o grau 7

Os resultados dos graus de dispersão foram enquadrados conforme escala abaixo, para a determinação da temperatura de gelatinização:

TG Alta: 1 – 2

TG Intermediária: 3 – 5

TG Baixa: 6 – 7

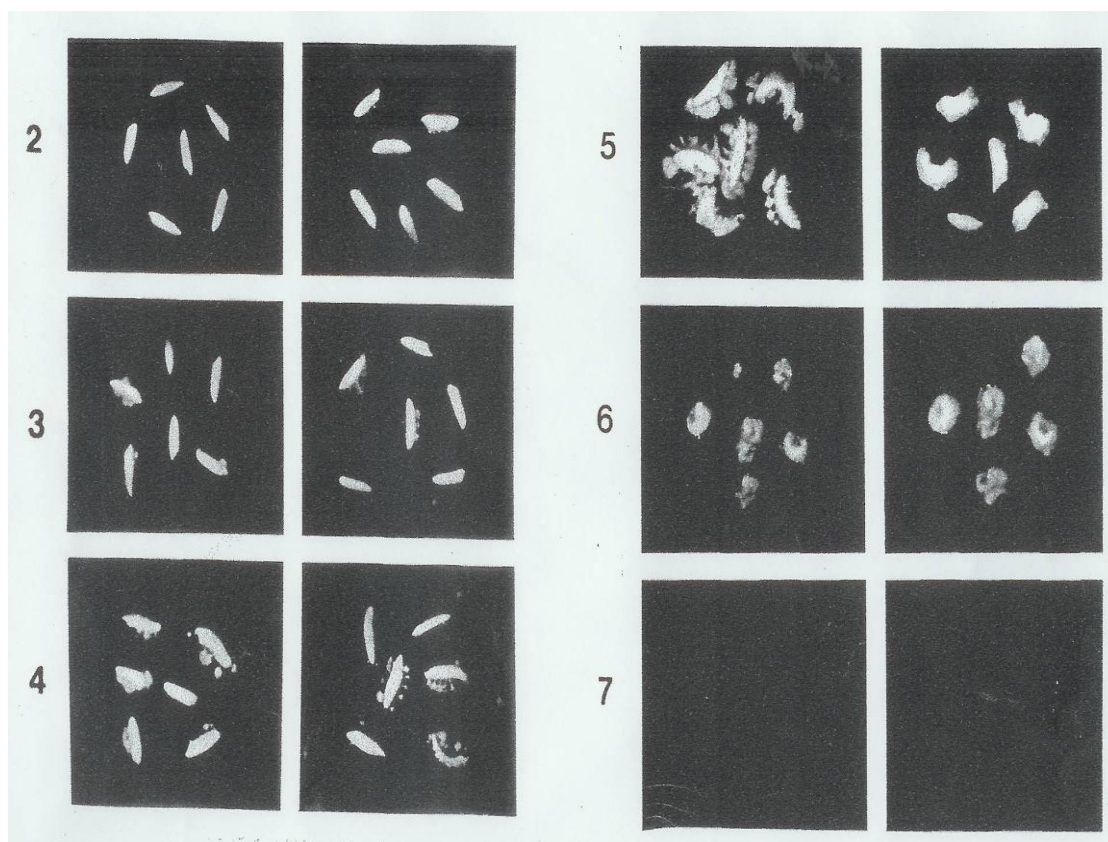


Figura 15. Grau de dispersão alcalina conforme aspecto do grão

#### 3.2.2.4. Perfil texturométrico

As amostras submetidas à determinação do perfil de texturométrico foram selecionadas pelo percentual de grãos gessados e comportamento na cocção. Para avaliação dos parâmetros de perfil texturométrico do arroz cozido utilizou-se texturômetro modelo Texture Analyser TA.XTplus, Stable Micro Systems. Através de ensaios preliminares foram adaptadas as metodologias propostas por Champagne (1998) e Lyon (2000). Onde foram adicionados 10 gramas de amostra cozida em placa de Petri de vidro de formato cilíndrico, 5 cm de diâmetro e 1 cm de altura, com probe cilíndrico de 4,5cm de diâmetro.

O texturômetro foi configurado para comprimir a 60% do tamanho original da amostra, com velocidade de teste de  $1 \text{ mm.s}^{-1}$  e tempo entre compressões de 3 segundos. As propriedades avaliadas e suas unidades de medida são definidas analogamente em relação a uma descrição sensorial como:

- Firmeza (g) – força máxima requerida para comprimir a amostra numa dada percentagem pré-estabelecida.
- Mastigabilidade (N.mm) – número de mastigações necessárias para tornar o alimento com consistência adequada para ser engolido.
- Gomosidade (N) – energia requerida para desintegrar um alimento semissólido para um estado pronto de ser engolido, sem mastigar;
- Elasticidade (mm) – grau como o alimento retoma a sua forma após uma compressão parcial da língua contra os dentes ou céu da boca;
- Adesividade (J) – força necessária para remover o alimento que adere na língua, dentes e mucosas.

#### 3.2.2.5. Perfil branquimétrico

Foi determinado em branquímetro marca ZACCARIA, modelo MBZ-1, operado conforme recomendações do fabricante. O equipamento fornece os graus de brancura, transparência e polimento, utilizando escala própria.

#### 3.2.2.6. Comportamento na cocção

O comportamento na cocção é avaliado a partir do tempo de cocção, rendimento volumétrico e rendimento gravimétrico, intenção de compra e atributos sensoriais,



utilizando amostras de arroz com diferentes porcentagens de grãos gessados, foram avaliados conforme metodologias propostas por Gularte (2005), com adaptações.

#### 3.2.2.6.1. Tempo de Cocção

Para determinação do tempo de cocção para cada amostra foram pesados 200 g de arroz, o volume correspondente a 200g de arroz foi medido em proveta graduada, 200g de cada amostra foram transferidos para panelas de teflon, adicionando 10ml de óleo e 3g de sal, as amostras foram refogadas em fogo alto por 2 minutos e 20 segundos, adicionou-se o volume de água fervente correspondente a 2 vezes o volume ocupado pelos grãos crus (medido em proveta), neste momento foi registrada a hora inicial, os grãos foram então cozidos em fogo baixo até a identificação de ausência total de água no fundo da panela, quando a cocção foi interrompida, neste momento foi registrada a hora final. O tempo de cocção foi determinado a partir da Equação 2.

$$\text{Tempo de Cocção} = \text{Hora Final} - \text{Hora Inicial} \quad (\text{Eq. 2})$$

Sendo,

Hora Inicial= Horário após a adição de água quente (início da fervura)

Hora Final = Horário em que a panela foi desligada.

A diferença de tempo medida foi o resultado do tempo de cocção da amostra.

#### 3.2.2.6.2. Rendimento volumétrico

Para determinação do rendimento volumétrico foram pesados 200 g de arroz, o volume correspondente a 200g de arroz foi medido em proveta graduada, 200g de cada amostra foram transferidos para panelas de teflon, adicionando 10ml de óleo e 3g de sal, as amostras foram refogadas em fogo alto por 2 minutos e 20 segundos, adicionou-se o volume de água fervente correspondente a 2 vezes o volume ocupado pelos grãos crus (medido em proveta), os grãos foram então cozidos em fogo baixo até a identificação de ausência total de água no fundo da panela, quando a cocção foi interrompida, após 10 minutos com a panela tampada com o uso do paquímetro foi medida a altura de 9 pontos, do volume final ocupado pelos grãos depois de cozidos, desocupou-se a panela e completou-se o volume até o resultado da média dos 9 pontos lidos com o paquímetro,

mediu-se o volume de água em proveta que foi usado para o cálculo do rendimento volumétrico através da Equação 3:

$$\text{Rendimento volumétrico (\%)} = \frac{\text{Volume Final} \times 100}{\text{Volume Inicial}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo,

Volume Inicial= Volume (ml) de 200g de arroz branco polido cru, medido em proveta.

Volume Final = Volume (ml) do arroz após cocção, medido em proveta.

#### 3.2.2.6.3. Rendimento gravimétrico

Para determinação do rendimento gravimétrico para cada amostra foi realizada a pesagem de 200 g de arroz, o volume correspondente a 200g de arroz foi medido em proveta graduada, 200g de cada amostra foram transferidos para panelas de teflon, adicionando 10ml de óleo e 3g de sal, antes de dar início ao processo de cocção foi realizada a pesagem inicial da panela (sem tampa) com os ingredientes, imediatamente após a pesagem as amostras foram refogadas em fogo alto por 2 minutos e 20 segundos, adicionou-se o volume de água fervente correspondente a 2 vezes o volume ocupado pelos grãos crus (medido em proveta), os grãos foram então cozidos em fogo baixo até a identificação de ausência total de água no fundo da panela, quando a cocção foi interrompida, após 10 minutos com a panela destampada foi feita a pesagem final. A determinação do rendimento gravimétrico foi feita através da Equação 4:

$$\text{Rendimento gravimétrico (g)} = \text{Peso Final} - \text{Peso Inicial} \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo,

Peso Inicial= panela contendo 200g de arroz branco polido cru, 10ml de óleo e 3g de sal, pesada sem a tampa.

Peso Final = panela contendo arroz branco polido cozido.

#### 3.2.2.6.4. Soltabilidade

Para a determinação da soltabilidade dos grãos foi utilizado método estabelecido na Patente nº5,208,063, de 4/05/1993, Andrews *et al.*(1991),com adaptações. Foram pesados 200 g de arroz, o volume correspondente a 200g de arroz foi medido em proveta graduada, 200g de cada amostra foi transferido para panelas de teflon e adicionado 10ml de óleo e 3g de sal, as amostras foram refogadas em fogo alto por 2 minutos e 20 segundos, foi adicionado o volume de água fervente correspondente a 2 vezes o volume ocupado pelos grãos crus, foram cozidos em fogo baixo até a identificação de ausência total de água no fundo da panela, quando então o fogo foi desligado, após 10 minutos com a panela tampada foi pesado 100 g de arroz cozido e acondicionado no copo padrão (6cm altura x 7cm diâmetro), que foi invertido em um prato, após aguardar 2 minutos o copo foi removido deixando somente os grãos de arroz cozidos sobre o prato e após mais 2 minutos foram feitas as medições do comprimento e a altura total dos grãos, conforme ilustrado pelas Figuras 16 a 20, utilizando a ficha de avaliação (Anexo 1). Os resultados são expressos pela relação comprimento x altura.



Figura 16. Determinação da soltabilidade – Etapa 1: Preparo da amostra no copo padrão

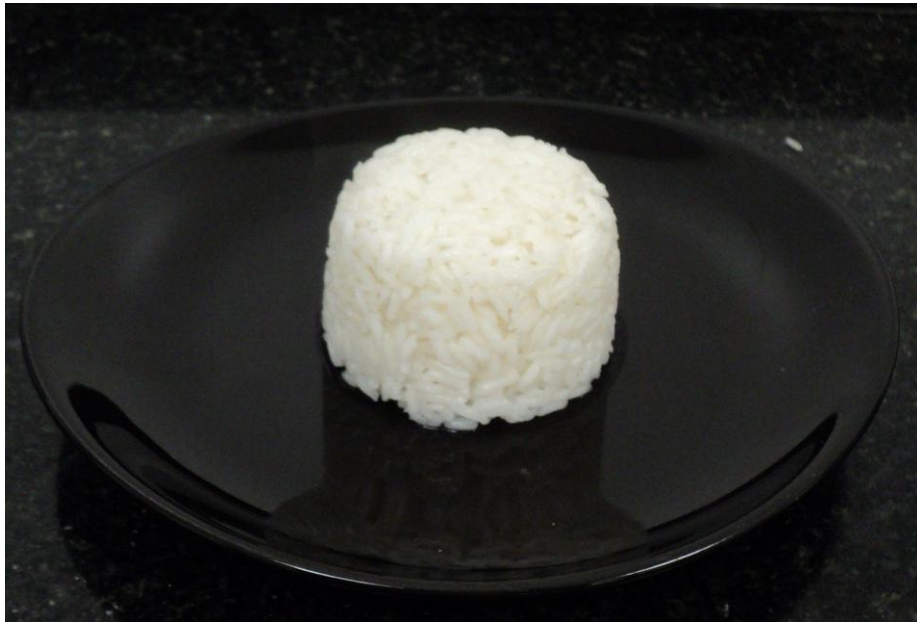


Figura 17. Determinação da soltabilidade – Etapa 2: Amostra recém desenformada

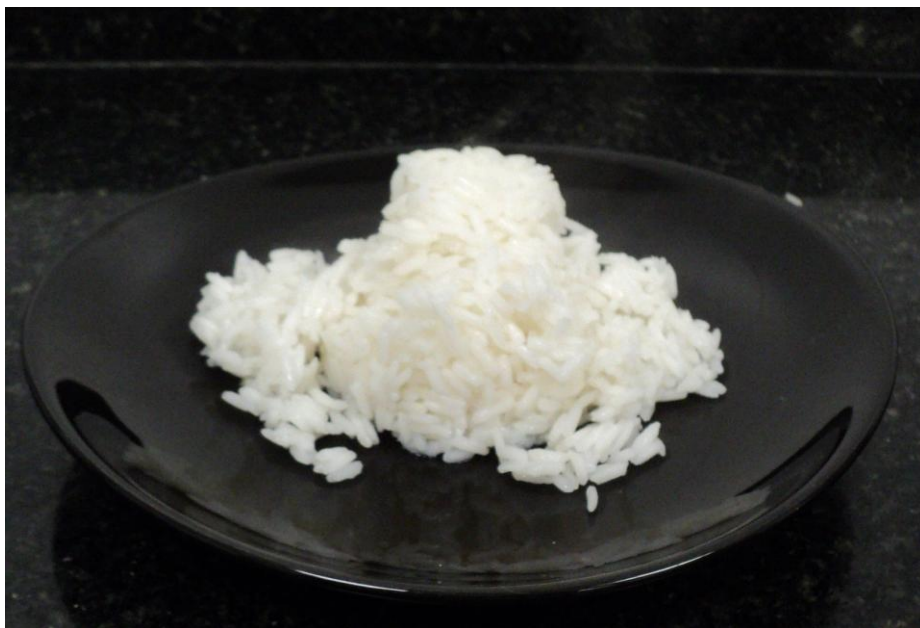


Figura 18. Determinação da soltabilidade – Etapa 3: Amostra após período de repouso, pronta para medição de comprimento e altura



Figura 19. Determinação da soltabilidade – Etapa 4: Medição da maior altura obtida



Figura 20. Determinação da soltabilidade – Etapa 5: Medição do comprimento obtido desde o início até o fim do espalhamento dos grãos de arroz

### 3.2.3. Qualidade de consumo

A qualidade de consumo é avaliada a partir da intenção de compra e atributos sensoriais, seguindo metodologias propostas por Gularte (2009) com adaptações.

#### 3.2.3.1. Intenção de compra

Na avaliação da intenção de compra utilizou-se teste afetivo quantitativo de aceitação por escala de atitude, usando amostras de arroz cru que foram codificadas com números de 03 (três) dígitos aleatoriamente distribuídos.

A Figura 21 demonstra o modelo da ficha utilizada para avaliação da intenção de compra utilizada.

Ficha de Avaliação - Intenção de Compra - Produto Cru -																							
Avaliador: _____																							
<table border="1"><thead><tr><th>Amostra</th><th>Valor</th></tr></thead><tbody><tr><td>317</td><td></td></tr><tr><td>528</td><td></td></tr><tr><td>394</td><td></td></tr><tr><td>851</td><td></td></tr></tbody></table>	Amostra	Valor	317		528		394		851		<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">Escala:</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>Certamente não compraria o produto</td></tr><tr><td>2</td><td>Possivelmente não compraria o produto</td></tr><tr><td>3</td><td>Talvez comprasse / talvez não comprasse</td></tr><tr><td>4</td><td>Possivelmente compraria o produto</td></tr><tr><td>5</td><td>Certamente compraria o produto</td></tr></tbody></table>	Escala:		1	Certamente não compraria o produto	2	Possivelmente não compraria o produto	3	Talvez comprasse / talvez não comprasse	4	Possivelmente compraria o produto	5	Certamente compraria o produto
Amostra	Valor																						
317																							
528																							
394																							
851																							
Escala:																							
1	Certamente não compraria o produto																						
2	Possivelmente não compraria o produto																						
3	Talvez comprasse / talvez não comprasse																						
4	Possivelmente compraria o produto																						
5	Certamente compraria o produto																						
Comentários:																							

Ficha de Avaliação - Intenção de Compra - Produto Cozido -																							
Avaliador: _____																							
<table border="1"><thead><tr><th>Amostra</th><th>Valor</th></tr></thead><tbody><tr><td>492</td><td></td></tr><tr><td>173</td><td></td></tr><tr><td>580</td><td></td></tr><tr><td>912</td><td></td></tr></tbody></table>	Amostra	Valor	492		173		580		912		<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">Escala:</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>Certamente não compraria o produto</td></tr><tr><td>2</td><td>Possivelmente não compraria o produto</td></tr><tr><td>3</td><td>Talvez comprasse / talvez não comprasse</td></tr><tr><td>4</td><td>Possivelmente compraria o produto</td></tr><tr><td>5</td><td>Certamente compraria o produto</td></tr></tbody></table>	Escala:		1	Certamente não compraria o produto	2	Possivelmente não compraria o produto	3	Talvez comprasse / talvez não comprasse	4	Possivelmente compraria o produto	5	Certamente compraria o produto
Amostra	Valor																						
492																							
173																							
580																							
912																							
Escala:																							
1	Certamente não compraria o produto																						
2	Possivelmente não compraria o produto																						
3	Talvez comprasse / talvez não comprasse																						
4	Possivelmente compraria o produto																						
5	Certamente compraria o produto																						
Comentários:																							

Figura 21. Ficha de avaliação da intenção de compra

#### 3.2.3.2. Atributos sensoriais

Na avaliação sensorial foi utilizado teste afetivo quantitativo de aceitação por escala do ideal para avaliação de atributos sensoriais específicos, realizado por uma

equipe de 22 julgadores não treinados. Para cada julgador foi oferecido 10g de cada amostra de arroz cozido, com temperatura entre 40 a 60°C, que avaliaram a amostra usando a ficha de avaliação apresentada pela Figura 23, estando os julgadores dispostos em condições laboratoriais em cabines individuais de avaliação.

As amostras foram apresentadas em delineamento com blocos incompletos, sendo 4 amostras no turno da manhã e outras 4 amostras no turno da tarde. As amostras foram codificadas em números de 03 (três) dígitos aleatoriamente.

### Ficha de avaliação - Teste de Avaliação de Atributos Sensoriais

Avaliador: \_\_\_\_\_

Instruções para o teste:

- \* Você está recebendo 4 amostras codificadas de arroz branco cozido.
- \* Deguste uma de cada vez, beba água entre a degustação de uma amostra e outra.
- \* Coloque a nota para cada característica de cada amostra de acordo com a escala ao lado.

Amostra Atributo	317	528	394	851	Escala:
Cor					→ (1) Acinzentado (2) Ligeiramente Acinzentado (3) Branco (4) Ligeiramente Amarelo (5) Amarelo
Aparência					→ (1) Desuniforme (2) Ligeiramente Desuniforme (3) Uniforme (4) Ligeiramente Uniforme (5) Muito Uniforme
Odor					→ (1) Inodoro (2) Suave (3) Característico (4) Ligeiramente Forte (5) Forte (desagradável)
Soltabilidade					→ (1) Grudado (2) Ligeiramente Grudado (3) Solto (4) Muito solto (5) Demasiadamente solto
Firmeza					→ (1) Muito Mole (2) Ligeiramente Mole (3) Macio Firme-ideal (4) Ligeiramente Firme (5) Demasiadamente Firme-centro duro
Sabor					→ (1) Insípido (2) Suave (3) Característico (4) Ligeiramente Forte (5) Forte (desagradável)
Comentários:					

Figura 22. Ficha de avaliação de atributos sensoriais



#### 3.2.3.4. Análise Estatística

Foram realizadas a análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de significância ( $p < 0,05$ ), através do programa STATISTICA 7.0.

O delineamento para análise sensorial foi realizada com blocos incompletos, sendo 4 amostras no turno da manhã e outras 4 amostras no turno da tarde. As amostras foram codificadas em números de 03 (três) dígitos aleatoriamente.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Avaliações propriedades tecnológicas

#### 4.1.1. Composição proximal

As composições proximais das amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados são apresentadas na Tabela 05.

Tabela 5. Composição proximal de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados

Amostra	Umidade	Proteína	Lipídeos	Cinzas	Fibras	Carboidratos
A	12,09±0,05d	7,51±0,02a	0,41±0,02 a	0,39±0,01a	0,09±0,01b	79,51±0,02c
B	12,14±0,04d	7,43±0,04b	0,40±0,01 a	0,39±0,01a	0,10±0,01b	79,54±0,03c
C	12,26±0,05c	7,25±0,04c	0,38±0,02ab	0,38±0,01ab	0,10±0,02b	79,63±0,03b
D	12,34±0,03c	7,16±0,03d	0,37±0,02ab	0,37±0,01ab	0,10±0,01b	79,66±0,02b
E	12,51±0,02b	7,00±0,02e	0,35±0,01b	0,36±0,01b	0,10±0,01b	79,68±0,02b
F	12,66±0,03b	6,84±0,01f	0,34±0,02b	0,36±0,01b	0,11±0,01b	79,69±0,02b
G	12,73±0,03a	6,77±0,03g	0,31±0,03b	0,36±0,01b	0,12±0,01b	79,71±0,02b
H	12,45±0,04c	6,38±0,02h	0,19±0,03c	0,27±0,03c	0,19±0,01a	80,52±0,04a

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%. Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

De acordo com os dados apresentados da Tabela 05 é possível verificar que há diferença na composição centesimal das amostras de arroz com diferentes percentuais de gessados. O constituinte que demonstrou maior diferença na composição devido os diferentes percentuais de gessados foi a proteína, seguida do teor de lipídeos, carboidratos e cinzas e em menor intensidade na composição de fibras e teor de umidade, que se mostraram pouco dependentes do grau de gessamento das amostras.

Segundo Bortolini (2010) o teor de umidade dos grãos de arroz pode ser influenciado principalmente pelo processo de secagem, acondicionamento e armazenamento, sendo a umidade, um importante aspecto para a conservação da qualidade do alimento, visto que a umidade pode influenciar a composição química e o desenvolvimento de microorganismos, logo é possível afirmar que as amostras avaliadas estão com teor de umidade dentro do padrão estabelecido para comercialização de arroz de até 14%, conforme Regulamento Técnico do Arroz aprovado pela Instrução Normativa MAPA n.º 06, de 16/02/2009 e alterado pela Instrução Normativa MAPA N.º 12, de 29/03/2010.

Verificou-se ainda que quanto maior o percentual de grãos gessados nas amostras menor é o teor de proteínas, lipídeos e cinzas, havendo redução de 15% no teor de proteínas, 53,7% no teor de lipídeos e 30,8% no teor de cinzas, enquanto que o teor de cinzas teve aumento de 11% e o teor de carboidratos apresentou aumento de 1,3% nas amostras com maior percentual de grãos gessados.

Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Liu *et al.* (2009), que analisou os efeitos de grãos gessados sobre as características nutricionais do arroz de variedades Índicas, evidenciando que o teor de proteína bruta de grãos de arroz gessados foi significativamente inferior ao de grãos não gessados na variedade Zhaiyeqing.

Em estudo semelhante Juliano *et al.* (1965) verificou uma redução no teor de proteínas de grãos de arroz com o incremento de grãos gessados das amostras.

Os teores de proteínas encontrados nas amostras estudadas estão de acordo com estudos realizados por Lumen e Chow (1995), que verificaram que o arroz polido possui cerca de 7% de proteína, neste mesmo estudo verificaram também que valores de proteína entre 4,3 e 18,2%, que são dependentes de características genótípicas, adubação nitrogenada, radiação solar e temperatura durante o desenvolvimento do grão (JULIANO; BECHTEL, 1985).

Resultados do teor de proteínas abaixo da média de 7% foram encontrados nas amostras F, G e H que continham mais que 25% de grãos gessados, reduzindo o valor nutricional das amostras analisadas.

Os valores obtidos para os teores de lipídios e cinzas nas amostras (Tabela 5) estão de acordo com os encontrados por Storck *et al.* (2005) e Walter, Marchezan e Avila

(2008) que ao estudarem a composição química de diferentes cultivares de arroz encontraram baixos teores de lipídios e cinzas menores que 1% nas amostras analisadas.

O valor médio obtido por Storck (2004) para teor de lipídios de grãos de arroz branco polido foi de 0,36%, nas análises realizadas teores de lipídeos abaixo dessa média foram encontrados nas amostras E, F, G e H que continham percentual de grãos gessados superior a 10%, reduzindo o valor nutricional das amostras analisadas.

Os resultados demonstram que o arroz polido, independente da presença de grãos gessados, tem baixo teor de fibras. O teor de carboidratos das amostras aumentou proporcionalmente com a redução dos teores de proteína, lipídios e cinzas. O teor de carboidratos médio das amostras foi de 79,74%, sendo bastante similar a estudos realizados por Brites (2009) que encontrou valores médios de 79,7% de carboidratos em grãos de arroz polido.

#### 4.1.2. Teor de amilose

Na Figura 23 estão apresentados os valores dos teores de amilose presentes em cada amostra, de acordo com os diferentes teores de grãos gessados.

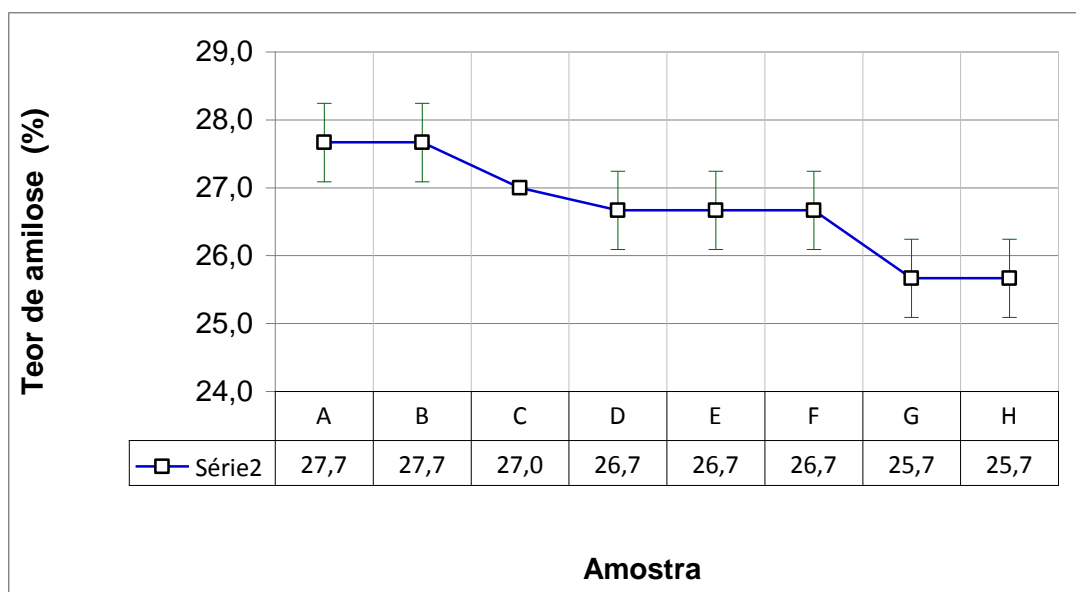


Figura 23. Teores de amilose de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%. Médias aritméticas simples, de três repetições.

Observando-se os dados demonstrados na Figura 23, é possível verificar que o incremento de grãos gessados nas amostras ocasionou redução significativa nos teores de amilose, apenas quando o percentual de grãos gessados nas amostras foi superior a 50%, conferindo teor de amilose alto para as amostras A e B, e teor de amilose médio para as demais amostras.

Resultados semelhantes foram obtidos por Chen *et al.* (1999) estudando e comparando as características físico químicas de grãos de arroz ceroso e arroz translúcido.

#### 4.1.3. Temperatura de gelatinização

Na Figura 24 estão apresentados os valores dos graus de dispersão alcalina presentes em cada amostra, de acordo com os teores de grãos gessados, para a definição da temperatura de gelatinização.

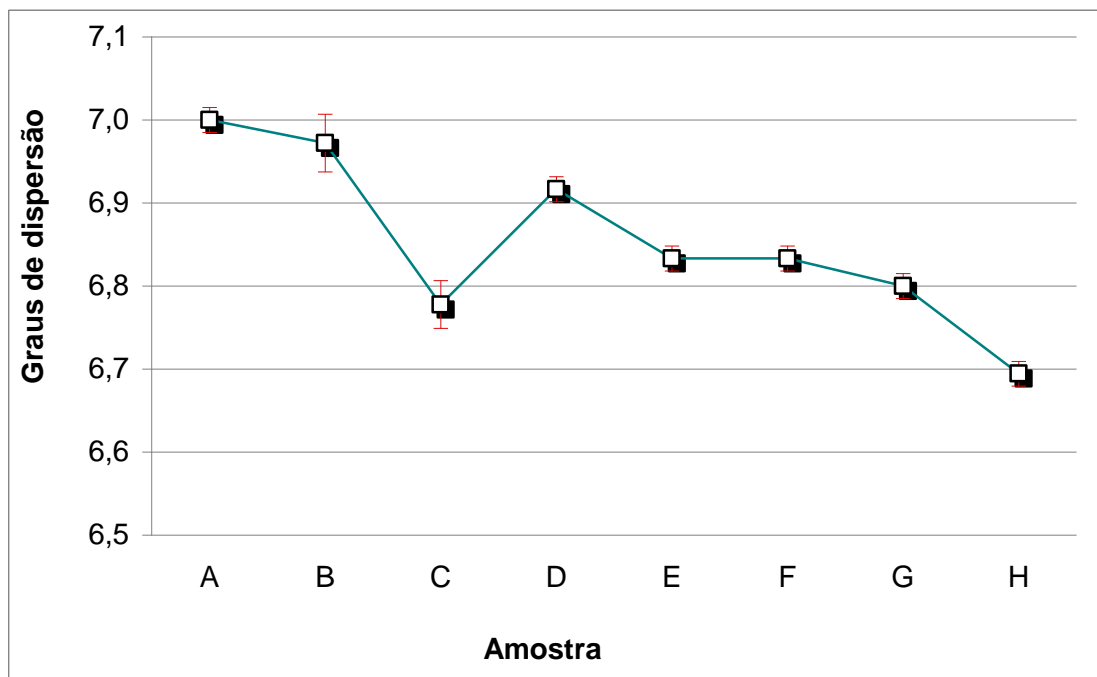


Figura 24. Grau de dispersão alcalina de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%. Médias aritméticas simples, de três repetições.

Conforme observado na Figura 24, os valores de dispersão alcalina, proposta por Guimarães (1989), representam temperatura de gelatinização classificada como baixa

(Graus de Dispersão entre 6 a 7 = TG baixa), demonstram redução no grau de dispersão das amostras com percentual de gessados superiores a 50%, quando comparados a amostras com percentual de gessados de até 5% (amostras A, B, C e D).

Embora haja redução no grau de dispersão das amostras, todas as amostras foram classificadas de baixa temperatura de gelatinização (55 a 69°C) de acordo com a classificação proposta por Guimarães (1989). A redução do grau de dispersão das amostras pode ser devido principalmente a redução no conteúdo de amilose verificado nas amostras a medida que aumenta o percentual de grãos gessados, conforme demonstrado pela Figura 23.

Estes resultados nos permitem supor que grãos de arroz com temperatura de gelatinização baixa e maior percentual de gessados irão requerer menor tempo de cocção e menor volume de água, embora possuam maior tendência a ficarem grudados, estando de acordo com Pereira *et al.* (2004). Este processo passará pela etapa de gelatinização do amido que envolve a solubilização das hélices duplas e a perda da cristalinidade que de acordo com Imbert *et al.* (1991) são afetados pelo percentual de grãos gessados.

#### 4.1.4. Perfil texturométrico

Os atributos de textura das amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Perfil texturométrico de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados

Amostra	Firmeza (g)	Mastigabilidade (N.mm)	Gomosidade (N)	Elasticidade (mm)	Adesividade (J)	Coesividade	Deformação
A	17,81±0,03a	3,25±0,02c	8,16±0,04c	0,40±0,02ab	-10,99±0,02c	0,44±0,03bc	23,16±0,05c
D	17,00±0,05c	3,68±0,04ab	9,19±0,03b	0,40±0,01ab	-11,59±0,02b	0,46±0,01b	24,41±0,01b
F	17,72±0,02ab	3,96±0,01a	9,92±0,03a	0,41±0,05a	-15,30±0,04a	0,50±0,02a	26,59±0,03a

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra D: 5% e Amostra F:25%. Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

De acordo com os parâmetros texturométricos apresentados na Tabela 6, é possível verificar que à medida que aumenta o percentual de grãos gessados nas amostras, aumenta a adesividade, a coesividade, a gomosidade, a mastigabilidade e a deformação dos grãos cozidos, o que demonstram a tendência dos grãos gessados a ficarem mais grudados que os grãos translúcidos.

Os resultados demonstram que quanto maior o teor de gessados nas amostras menor é a resistência dos grãos a compressão mecânica proporcionada na mastigação dos grãos pelos consumidores, esta característica é atribuída ao arranjo estrutural verificado no amido de grãos translúcidos comparados com grãos gessados (Figuras 11 e 12). Nos grãos gessados são encontrados espaços de ar e grânulos de amido dispostos de maneira individual, enquanto que os grânulos de amido do grão translúcido são ordenados de maneira coesa.

Esta estrutura celular desorganizada verificada nos grãos gessados permite uma maior absorção de água durante o cozimento, oferecendo assim, um grão mais macio após o cozido, por isso os resultados apresentados estão de acordo com os verificados por fatores ambientais Lisle; Martin; Fitzgerald, 2000).

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Champagne *et al.* (2004) que verificaram que os parâmetros de textura e as características sensoriais de diversas cultivares de arroz são influenciadas pelo teor de amilose e pelo percentual de grãos gessados nas amostras.

O parâmetro coesão parece ter sido afetado pelo teor de proteína das amostras que foi influenciado pelo teor de gessamento, que de acordo trabalhos realizados por Onate *et al.* (1964); Juliano *et al.*(1965); Hamaker (1994) e Champagne *et al.*(1999), verificaram que quanto menor é o teor de proteínas maior é a coesividade dos grãos de arroz cozidos.

O atributo firmeza não apresentou variação, a firmeza do arroz cozido poderá sofrer alteração se a quantidade de água adicionada no momento da cocção for maior ou menor do que o ideal.

Os resultados de adesividade dos grãos demonstram que este parâmetro é bastante influenciado pelo percentual de grãos gessados nas amostras, já que de acordo com ROY *et al.* (2010) ao estudar propriedades texturométricas de grãos de arroz cozido verificaram que adesividade é dependente da quantidade de água absorvida no

momento da cocção, e sabendo que, de acordo com Lisle; Martin; Fitzgerald (2000), grãos gessados tem maior capacidade de absorção de água. Este fato se deve aos grãos gessados apresentarem maior coesividade após cozidos devido a maior capacidade de absorção de água.

Os resultados demonstram ainda que a presença de grãos de arroz gessados tornam as amostras mais mastigáveis, adesivas, gomosas, coesas e deformadas, características que vão em desencontro as características desejadas pelo consumidor brasileiro.

#### 4.1.5. Perfil branquimétrico

Na Tabela 7 são apresentados os graus de brancura, transparência e polimento, correspondente às amostras de arroz branco polido com diferentes índices de grãos gessados.

Tabela 7. Grau de brancura, transparência e polimento de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados

<b>Amostra</b>	<b>Brancura (%)</b>	<b>Transparência (%)</b>	<b>Polimento (%)</b>
A	40,27±0,1f	3,51±0,2a	99,7±0,6e
B	40,47±0,1ef	3,46±0,3b	102,3±0,6d
C	40,47±0,1ef	3,30±0,1c	101,7±0,6de
D	40,77±0,1e	3,25±0,2d	102,3±0,6d
E	41,20±0,1d	3,06±0,1e	102,7±1,5cd
F	42,30±0,2c	2,74±0,2f	105,0±1,0c
G	44,94±0,2b	1,77±0,1g	112,7±1,2b
H	47,30±0,3a	1,04±0,2h	121,7±0,1a

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%. Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.



Observando-se os dados na Tabela 7 é possível verificar que o aumento dos grãos gessados na composição das amostras ocasionou o aumento dos índices de brancura e polimento, e diminuição do índice de transparência das amostras.

Zhao *et al.* (2009) evidenciaram resultados similares de aumento do grau de brancura, fato provocado pelo aumento do percentual de grãos gessados em variedades de arroz Japonico irrigado, o aumento do grau de brancura nas amostras com maior concentração de grãos gessados, se deve a maior presença de espaços vazios verificados nos grãos gessados que refletem a luz e se tornam opacos com menor transparência e maior brancura.

O aumento do grau de polimento verificado a medida que aumentam os índices de grãos gessados nas amostras se devem ao fato de que os grãos gessados apresentam-se mais friáveis, característica esta que facilita a remoção do farelo, aumentando o grau de polimento e o índice de brancura.

Sabendo-se que de acordo com os dados apresentados na Tabela 7 e segundo estudos realizados por Sofiatti *et al.* (2006) e Smiderle e Dias (2008) que observaram que a translucidez é um aspecto importante relacionado com a qualidade do grão de arroz, e é interrompida por áreas opacas no endosperma denominadas centro branco, barriga branca ou gesso, podemos afirmar que a presença de grãos gessados nas amostras reduz a qualidade e a translucidez das amostras.

A maior opacidade verificada em amostras com maior percentual de grãos gessados se deve de acordo com Marchesan (1992) ao arranjo entre grânulos de amido e proteínas nas células.

#### 4.1.6. Comportamento na cocção

##### 4.1.6.1. Tempo de cocção, rendimento volumétrico e rendimento gravimétrico

A Tabela 8 apresenta os resultados de tempo de cocção, rendimento volumétrico e rendimento gravimétrico encontrados nas amostras com diferentes percentuais de grãos gessados.

Tabela 8. Tempo de cocção, rendimento volumétrico e rendimento gravimétrico de amostras de arroz branco polido com diferentes porcentagens de grãos gessados

<b>Amostra</b>	<b>Tempo de Cocção</b>	<b>Rendimento Volumétrico (%)</b>	<b>Rendimento Gravimétrico (g)</b>
A	15min. 40seg.±0,1a	320±0,2b	438,63±0,1a
B	14min. 40seg.±0,1ab	327±0,2a	434,86±0,1b
C	13min. 42seg.±0,2c	313±0,1c	421,37±0,1c
D	13min. 45seg.±0,4c	283±0,1d	407,95±0,2d
E	10min. 48seg.±0,2d	277±0,2e	400,12±0,3e
F	11min. 04seg.±0,2d	270±0,2e	401,11±0,3e
G	10min. 28seg.±0,3d	243±0,3f	399,87±0,2f
H	10min. 19seg.±0,1d	221±0,3g	399,32±0,1f

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%. Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Conforme pode ser observado na Tabela 8 há diferença entre o tempo de cocção das amostras, considerando que, quanto maior a concentração de gessados menor foi o tempo de cocção o que está relativamente ligado ao volume de água adicionado no momento da cocção e a proporção de estruturas cristalinas existentes nos grãos, que é menor nos grãos gessado. Fitzgerald, Mccouch e Hall (2008) ao estudarem os efeitos das cristalinidade do amido no tempo de cocção verificaram que o tempo de cocção é determinado pela temperatura em que as estruturas cristalinas do amido começam a se solubilizar.

Estudos realizados por Bhattacharya e Sowbhagya (1971) e Mohapatra e Bal (2006) demonstram que as amostras com concentração de gessados acima de 10% apresentaram tempo de cocção menor em relação às outras amostras sendo possível correlacionar esse fato ao tamanho dos grãos, considerando que os grãos gessados possuem dimensões inferiores quando comparados aos grãos translúcidos, processo

este que tem relação com o polimento dos grãos gessados, pois conforme visto anteriormente na Tabela 7 o percentual de polimento é maior nos grãos gessados, quando comparados a grãos translúcidos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santos *et al.* (2011) quando afirmaram que grãos translúcidos possuem estrutura de amido mais resistente ao rompimento, ocasionando maior tempo para a absorção de água.

Observou-se através dos resultados apresentados na Tabela 8 que há diferença entre os rendimentos volumétricos, ocorrendo diminuição desse valor conforme aumento da concentração de grãos gessados.

O menor rendimento volumétrico dos grãos gessados justifica-se pelo fato de que estes são mais frágeis ao processo de beneficiamento quando comparados aos grãos de aparência vítrea que possuem estrutura de amido mais resistente, o que promove aos grãos gessados maior polimento, reduzindo suas dimensões, apresentando menor volume e rápida capacidade de absorção de água.

Os valores de rendimento gravimétrico apresentaram variações entre as amostras, havendo maior rendimento gravimétrico em amostras com menor concentração de gessados.

Os maiores rendimentos gravimétricos verificados em amostras com maior percentual de grãos vítreos (não gessados) podem ser atribuídos ao fato de que nestes grãos os amiloplastos são firmemente embalados dentro das células o que demonstra que os grânulos de amido foram embalados herméticamente (Figuras 11a e 12c), enquanto que em grãos gessados a estrutura central é menos ordenada mostrando a estrutura celular irregular e espaços completos de ar (Figura 11b) e que nem todas as células são embaladas herméticamente nos amiloplastos, as células estão menos ordenadas e os amiloplastos apresentam diferentes tamanhos (quebrados) conforme a Figura 12 d (LISLE *et al.*, 2000).

De acordo com Biliaderis (1991) são as áreas cristalinas do amido (área não gessada) que mantêm a estrutura do grânulo, controlam o seu comportamento na presença de água e os tornam mais ou menos resistentes aos ataques químicos e enzimáticos. A zona amorfa dos grânulos de amido (área gessada) é a região menos densa, mais suscetível aos ataques enzimáticos e absorve mais água em temperaturas abaixo da temperatura de gelatinização.

#### 4.1.6.2. Soltabilidade

A Tabela 9 apresenta os valores de soltabilidade, considerando as variáveis de comprimento e altura das amostras.

Tabela 9. Soltabilidade (relação comprimento x altura) de amostras de arroz polido com diferentes porcentagens de grãos gessados

<b>Determinação da soltabilidade</b>			
<b>Amostra</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Relação CxA</b>
A	16,1±0,1a	4,0±0,3d	16 x 4,0
B	14,0±0,2b	4,2±0,3c	14 x 4,2
C	13,2±0,1c	4,5±0,2c	13 x 4,5
D	12,4±0,1d	4,5±0,1c	12 x 4,5
E	11,1±0,1e	4,9±0,2b	11 x 4,9
F	10,2±0,2f	5,1±0,2ab	10 x 5,1
G	10,3±0,3f	5,1±0,2ab	10 x 5,1
H	9,3±0,5g	5,5±0,3a	9 x 5,5

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%. Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

De acordo com os resultados expostos na Tabela 9, há diferença na soltabilidade dos grãos entre as amostras com diferentes teores de gessados a partir da relação comprimento x altura, considerando que quanto maior o comprimento e menor a altura mais soltabilidade a amostra apresenta.

Na Figura 25 é possível observar a representação gráfica da relação comprimento e altura cada amostra, de acordo com os teores de grãos gessados.

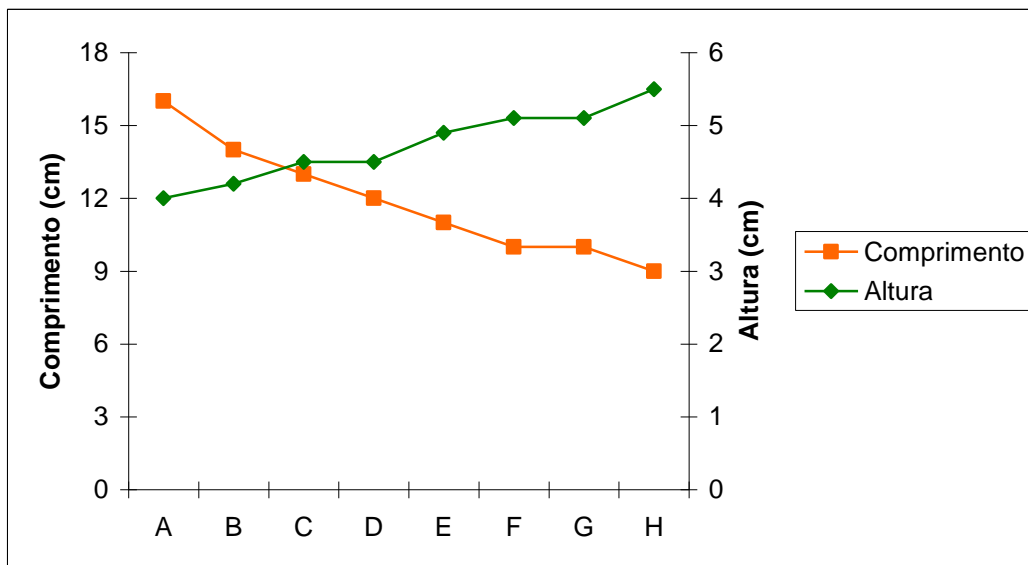


Figura 25: Representação gráfica da relação comprimento x altura

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%.

Observando a Figura 25 é possível verificar que quanto menor a concentração de grãos gessados maior é o comprimento e menor a altura o que indica uma tendência ao aumento nos índices de solubilidade à medida que há redução na concentração de gessado das amostras, estes resultados estão de acordo com os verificados através dos parâmetros textuométricos (Tabela 6).

Isto se deve ao fato dos grãos gessados serem mais suscetíveis à lixiviação da amilose para a água da cocção que ao evaporar deixa os grãos mais pegajosos e menos soltos, o que se justifica a partir do estudo de Bhattacharya *et al.* (1999) quando ressaltaram que a alta amilose restringe a capacidade de inchamento dos grânulos de amido e como resultado ocorre a redução da quantidade de amido exsudado por lixiviação na solução, deixando os grãos soltos, possibilitando o espalhamento dos grãos após a “desenformação” do copo, que ficou evidenciado neste estudo, sendo que as amostras com menor concentração de grãos gessados apresentaram menor altura e maior comprimento no espalhamento dos grãos.

É possível deduzir que a presença de grãos gessados, interfere negativamente na solubilidade quando avaliada a partir da relação comprimento x altura da massa de grãos cozidos.

## 4.2. Qualidade de consumo

### 4.2.1. Intenção de compra

A Tabela 10 apresenta os resultados da pesquisa de intenção de compra, realizada seguindo modelo de teste afetivo quantitativo de aceitação por escala de atitude.

Tabela 10. Intenção de compra das amostras de arroz polido com diferentes porcentagens de grãos gessados

Amostra	Intenção de compra	
	Produto Cru	Produto Cozido
A	95,5% dos consumidores entrevistados “Certamente comprariam o produto”	81,8% dos consumidores entrevistados “Certamente comprariam o produto”
B	90,9% dos consumidores entrevistados “Certamente comprariam o produto”	77,3% dos consumidores entrevistados “Certamente comprariam o produto”
C	45,5% dos consumidores entrevistados “Possivelmente comprariam o produto”	45,5% dos consumidores entrevistados “Possivelmente comprariam o produto”
D	68,2% dos consumidores entrevistados “Possivelmente comprariam o produto”	50,0% dos consumidores entrevistados “Talvez comprasse/talvez não comprasse”
E	54,5% dos consumidores entrevistados “Talvez comprasse/talvez não comprasse”	59,0% dos consumidores entrevistados “Talvez comprasse/talvez não comprasse”
F	50,0% dos consumidores entrevistados “Possivelmente não comprariam o produto”	54,5% dos consumidores entrevistados “Certamente não comprariam o produto”
G	59,1% dos consumidores entrevistados “Certamente não comprariam o produto”	72,7% dos consumidores entrevistados “Certamente não comprariam o produto”
H	77,3% dos consumidores entrevistados “Certamente não comprariam o produto”	90,9% dos consumidores entrevistados “Certamente não comprariam o produto”

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 10, há diferença na intenção de compra dos consumidores em função da concentração de grãos gessados nas amostras.

É possível verificar que a intenção de compra do produto cru e produto cozido foi caracterizada entre “talvez comprasse/talvez não comprasse” até “certamente não compraria o produto” a partir da concentração de 5% de grãos gessados.

Observando os dados da Tabela 10 é possível afirmar que amostras de arroz branco polido com até 3% de grãos gessados são aceitáveis para os consumidores, tanto na forma de apresentação crus ou cozidos.

As amostras foram avaliadas por 22 consumidores, os resultados obtidos das avaliações indicam uma tendência à rejeição do produto, seja cru ou cozido, de acordo

com o incremento de grãos gessados, os cálculos de desvio padrão encontrados nas análises não foram superiores a 1,0%.

Na Figura 26 é possível verificar a frequência de compra para as amostras de produto cru.

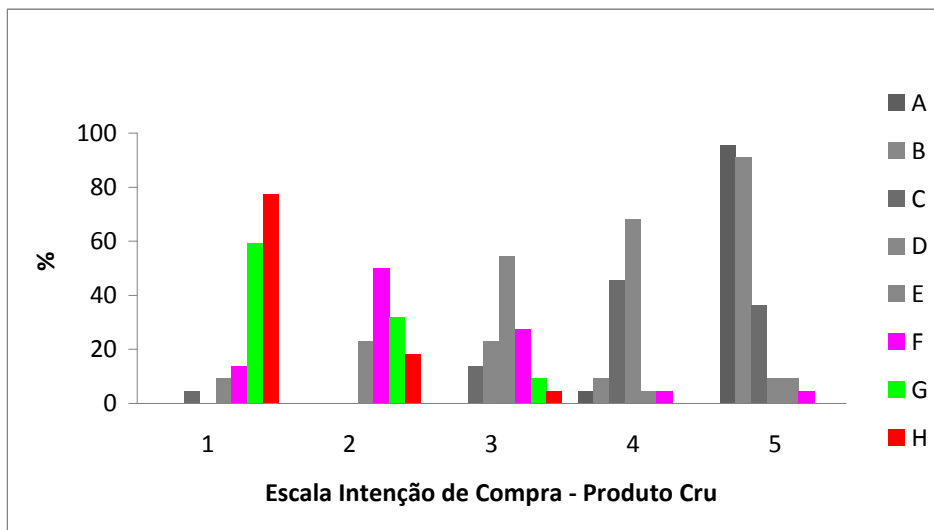


Figura 26: Intenção de compra – Produto Cru

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B: 1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E: 10%, Amostra F: 25%, Amostra G: 50%, Amostra H: 100%.

Escala: (1) Certamente não compraria o produto; (2) Possivelmente não compraria o produto; (3) Talvez comprasse/talvez não comprasse; (4) Possivelmente compraria o produto; (5) Certamente compraria o produto. Médias aritméticas simples, de vinte e duas repetições, seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Figura 26 é possível observar a frequência de compra para cada amostra de produto cru, na caracterização da intenção de compra do ponto da escala 5 às amostras A e B tiveram frequência maior que 90%, as amostras C e D apresentaram maior frequência apenas no ponto 4 da escala, no ponto 1 às amostras G e H tiveram frequência maior que 55% sendo que a amostra H apresentou 91% de rejeição na intenção de compra do produto cru.

Através da Figura 26, pode-se inferir que a redução da frequência de compra nas amostras de produto cru inicia nas amostras com concentrações de grãos gessados acima de 5%.

Na Figura 27 é possível verificar a frequência de compra para as amostras de produto cozido.

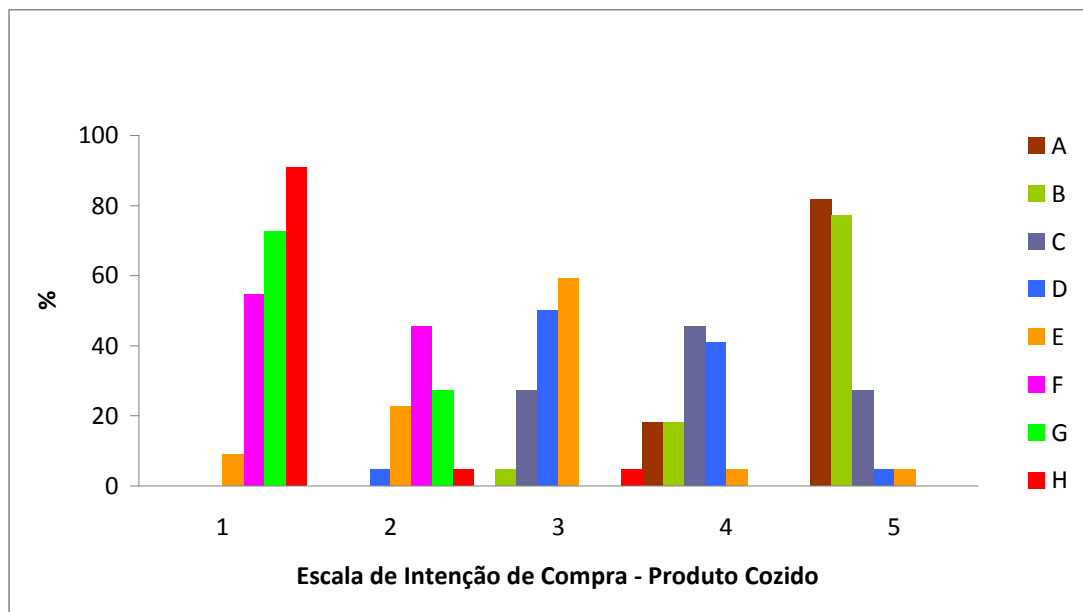


Figura 27: Intenção de compra – Produto Cozido

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%.

Escala: (1) Certamente não compraria o produto; (2) Possivelmente não compraria o produto; (3) Talvez comprasse/talvez não comprasse; (4) Possivelmente compraria o produto; (5) Certamente compraria o produto. Médias aritméticas simples, de vinte e duas repetições, seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Figura 27 é possível observar a frequência de compra para cada amostra de produto cozido na caracterização da intenção de compra no ponto da escala 5 as amostras A e B tiveram frequência entre 70 e 80%, evidenciando a redução da aceitação do produto cozido em comparação com o produto cru, a amostra C apresentou maior frequência apenas no ponto 4 da escala, com 45% de frequência, evidenciando que não houve diferença na caracterização do produto cozido comparado com o cru, à amostra D apresentou maior frequência apenas no ponto 3 da escala, evidenciando a redução da aceitação do produto cozido em comparação com o produto cru, no ponto 1 às amostras F, G e H mantiveram a frequência maior que 55%, evidenciando que não houve diferença na caracterização do produto cru comparado com o cozido.

Através da Figura 27, pode-se inferir que a redução da frequência de compra nas amostras de produto cozido inicia nas amostras com concentrações de grãos gessados acima de 5%.

Conforme citado anteriormente, a preferência dos consumidores brasileiros, de um modo geral, está focada em grãos de aparência translúcida quando crus, ou seja, a



aparência do arroz na embalagem, ainda antes do consumo é critério de compra, sendo outra característica desejável que os grãos se apresentem secos e soltos após o cozimento.

É possível associar a redução da frequência de compra com o comportamento na cocção, sendo que as amostras com maior concentração de grãos gessados apresentaram menor rendimento volumétrico e gravimétrico.

Segundo Barata (2005), o acompanhamento do comportamento do consumidor e a identificação dos fatores que afetam a compra de um produto são, cada vez mais, de fundamental importância para que os segmentos de produção, industrialização e distribuição de produtos alimentares permaneçam na atividade, uma vez que, com a abertura comercial, a competição e, conseqüentemente, o processo de concentração nesses segmentos, é cada vez maior.

#### 4.2.2. Atributos sensoriais

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados da análise de atributos sensoriais, avaliados em amostras de arroz branco polido com diferentes percentuais de grãos gessados através de análise sensorial.

Tabela 11. Atributos sensoriais de amostras de arroz branco polido com diferentes percentuais de grãos gessados

Amostra	Cor	Aparência	Soltabilidade	Firmeza	Sabor	Odor
A	Branco	Uniforme	Muito Solto	Macio firme - ideal	Característico	Característico
B	Branco	Uniforme	Solto	Macio firme - ideal	Característico	Característico
C	Branco	Uniforme	Solto	Macio firme - ideal	Suave	Suave
D	Branco	Uniforme	Solto	Macio firme - ideal	Suave	Característico
E	Branco	Ligeiramente desuniforme	Ligeiramente grudado	Macio firme - ideal	Suave	Suave
F	Branco	Ligeiramente desuniforme	Ligeiramente grudado	Macio firme - ideal	Característico	Característico
G	Ligeiramente amarelo	Ligeiramente desuniforme	Grudado	Macio firme - ideal	Suave	Característico
H	Ligeiramente amarelo	Ligeiramente desuniforme	Grudado	Ligeiramente mole	Suave	Característico

Legenda: % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%. Escala do ideal para avaliação de atributos sensoriais específicos ver Figura 23.

Com os resultados da Tabela 11 verifica-se que o incremento de grãos gessados nas amostras ocasionou diferença significativa nos atributos cor e aparência.

A Figura 28 apresenta os parâmetros sensoriais de cor e aparência avaliados em amostras de grãos de arroz com diferentes porcentagens de grãos gessados, através de análise sensorial.

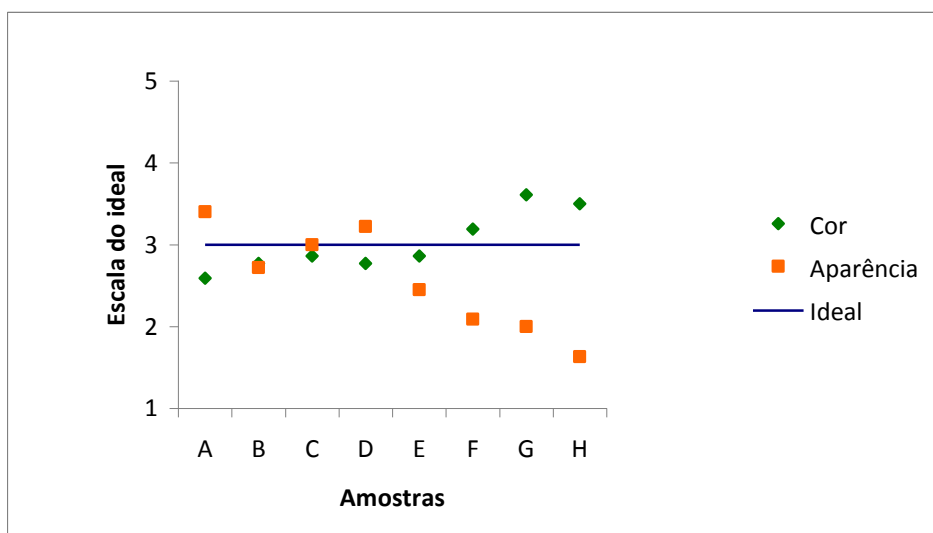


Figura 28. Parâmetros sensoriais de cor e aparência de amostras de grãos de arroz com diferentes porcentagens de grãos gessados

**Legenda:** % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%.

**Escala:** Cor: (1) Acinzentado (2) Ligeiramente Acinzentado (3) Branco (4) Ligeiramente Amarelo (5) Amarelo; Aparência: (1) Desuniforme (2) Ligeiramente Desuniforme (3) Uniforme (4) Ligeiramente Uniforme (5) Muito Uniforme

Na Figura 28 observou-se que as amostras G e H apresentaram classificação para o atributo cor entre ligeiramente amarelo a amarelo, respectivamente, as demais amostras apresentaram classificação para o atributo cor como branco, próximos da linha do ideal.

De acordo com Saravia, (2002) a cor do arroz beneficiado pelo processo convencional de polimento esta situada entre os valores que a classificam entre branco característico a ligeiramente amarelado.

É possível deduzir que a presença de grãos gessados até 25% não foi perceptível aos julgadores na avaliação do atributo cor, analisando os resultados do perfil branquimétrico, no atributo brancura os valores apresentam aumento significativo nas amostras com percentual de grãos gessados acima de 10%.

Conforme observação da Tabela 11 para o atributo aparência há diferença significativa, sendo que as amostras A, B, C e D foram classificadas como uniforme, já as amostras E, F, G e H tiveram classificação como ligeiramente desuniforme, considerando que na análise de intenção de compra as amostras com concentração de gessados igual ou maior que 10% foram caracterizadas como “Possivelmente não compraria o produto” a “Certamente não compraria o produto”, respectivamente.

Observa-se na Figura 28 a tendência de perda de qualidade no atributo aparência em função do aumento dos grãos gessados, sendo que as amostras com percentual de grãos gessados acima de 10% foram enquadrados abaixo da linha do ideal.

É possível deduzir que a presença de grãos gessados até 5% não foi perceptível aos julgadores na avaliação do atributo aparência, o que não ocasionou a rejeição do produto na avaliação da intenção de compra.

Observa-se na Tabela 11 que na avaliação do atributo soltabilidade não há diferença significativa entre as amostras com percentual de grãos gessados entre 0 e 5%, nas concentrações acima de 10% de grãos gessados há diferença na soltabilidade dos grãos.

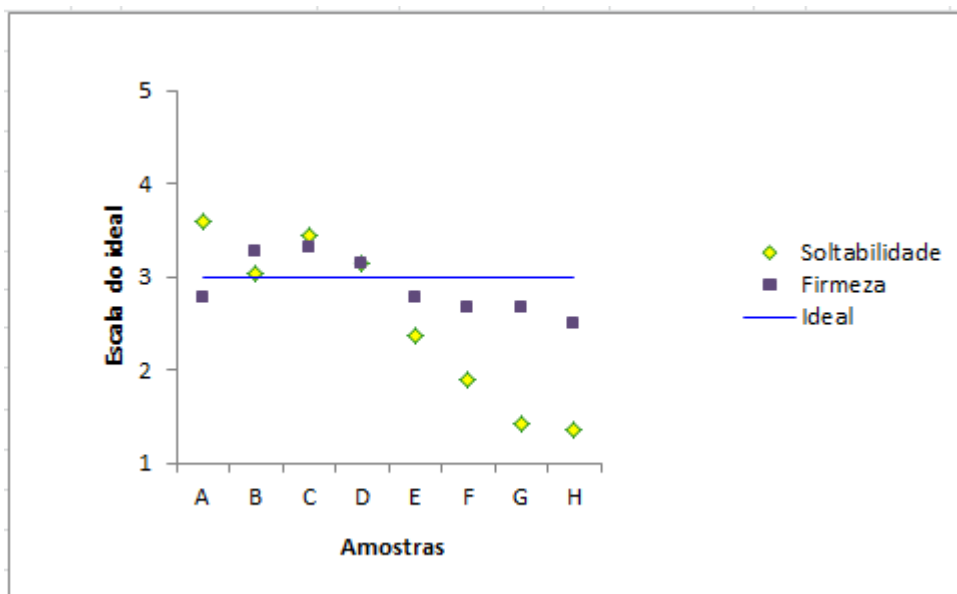


Figura 29. Parâmetros sensoriais de soltabilidade e firmeza de amostras de grãos de arroz com diferentes porcentagens de grãos gessados

**Legenda:** % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%.

**Escala:** Soltabilidade: (1) Grudado (2) Ligeiramente Grudado (3) Solto (4) Muito solto (5) Demasiadamente solto; Firmeza: (1) Muito Mole (2) Ligeiramente Mole (3) Macio Firme-ideal (4) Ligeiramente Firme (5) Demasiadamente Firme-centro duro

A Figura 29 apresenta os parâmetros sensoriais de soltabilidade e firmeza, avaliados em amostras de grãos de arroz com diferentes porcentagens de grãos gessados através de análise sensorial.

Na Figura 29 observou-se que o atributo soltabilidade da amostra A foi caracterizado como muito solto, as amostras B, C e D foram caracterizadas como solto, próximos da linha do ideal, também é possível verificar a tendência que conforme o aumento na concentração de grãos gessados a soltabilidade é reduzida. Isto se deve ao fato dos grãos gessados serem mais suscetíveis a lixiviação da amilose para a água da cocção que ao evaporar deixa os grãos mais pegajosos e menos soltos.

Segundo Juliano e Bechtel (1985) os sólidos liberados pelo arroz na água de cozimento também foi considerado como um atributo de qualidade de cocção.

Singh *et al.* (2011) estudando os efeitos da adubação nitrogenada em grãos de arroz e propriedades do amido afirmou que o aumento da aplicação de nitrogênio resultou em aumento do conteúdo de proteína e conseqüente diminuição da adesividade, sendo possível correlacionar que as amostras com maior índice de gessado obtiveram menores concentrações de proteína e caracterização quanto a soltabilidade entre ligeiramente grudado a grudado, resultado equivalente foi obtido na análise do perfil texturométrico através dos atributos adesividade e coesividade que aumentaram em função do incremento de grãos gessados nas amostras.

É possível deduzir que a presença de grãos gessados até 5% não foi perceptível aos julgadores na avaliação do atributo soltabilidade, avaliando os resultados do comportamento na cocção é possível observar que as amostras com menor concentração de grãos gessados apresentaram maior tempo de cocção apresentando ao final da análise grãos secos e soltos.

Os resultados obtidos para o atributo soltabilidade pelo método de análise sensorial estão de acordo com os resultados obtidos pelo método analítico de soltabilidade (item 4.3.1.3.), que evidenciou a tendência de quanto maior a concentração de grãos gessados menos soltos os grãos se apresentam, com maior altura e menor comprimento (área de espalhamento dos grãos).

Na avaliação sensorial do atributo firmeza é possível observar na Tabela 11 que não há diferença significativa entre as amostras analisadas, as amostras apresentaram caracterização de macio firme, próximo a linha do ideal, as amostras E, F, G e H são

passíveis de sofrer alteração na caracterização do atributo firmeza devido o desvio padrão obtido, que pode rebaixá-las a uma classificação do atributo firmeza como ligeiramente mole, resultados similares foram encontrados por Lisle *et al.* (2000), quando afirmou que em áreas gessadas, os espaços completos de ar e a estrutura celular desorganizada oferecem a oportunidade para uma maior absorção de água durante o cozimento, e assim um grão menos firme após o cozimento.

Cheng *et al.* (2005) estudando as diferenças na cocção e propriedades de consumo entre grãos gessados e translúcidos de arroz afirma que geralmente as partes gessadas apresentaram maior mastigabilidade do que os grãos translúcidos.

Na avaliação do perfil textuométrico o atributo de firmeza não apresentou variação entre as amostras analisadas e o atributo mastigabilidade aumentou conforme o aumento de grãos gessados nas amostras.

É possível deduzir que a presença de grãos gessados até 5% não foi perceptível aos julgadores na avaliação do atributo firmeza.

Observando os dados da Tabela 11 para o atributo sabor não há diferença significativa entre as amostras analisadas.

A Figura 30 apresenta os parâmetros sensoriais de sabor e odor, avaliados em amostras de grãos de arroz com diferentes porcentagens de grãos gessados, através de análise sensorial.

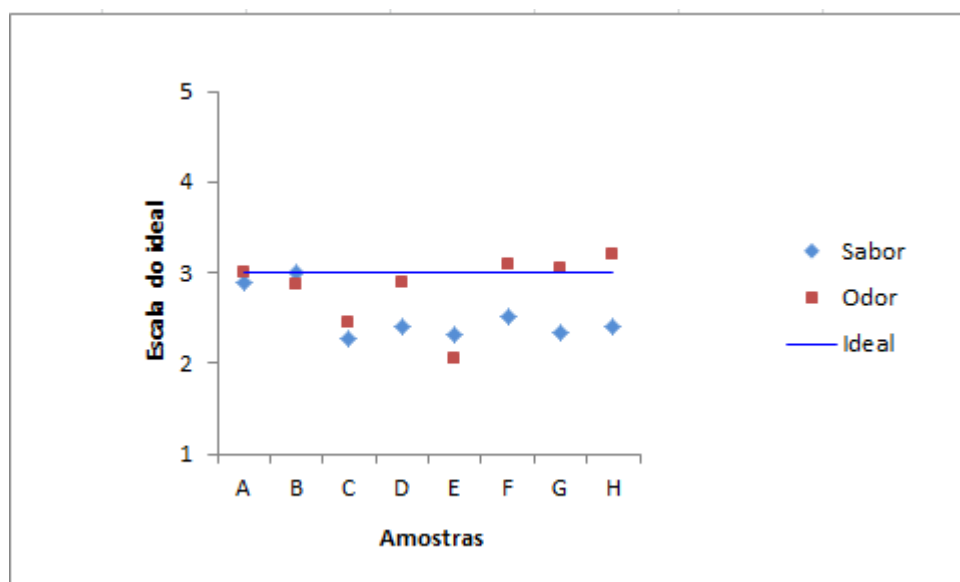


Figura 30. Parâmetros sensoriais de sabor e odor de amostras de grãos de arroz com diferentes porcentagens de grãos gessados

**Legenda:** % Grãos Gessados: Amostra A: 0%, Amostra B:1%, Amostra C: 3%, Amostra D: 5%, Amostra E:10%, Amostra F:25%, Amostra G: 50% , Amostra H: 100%.

**Escala:** Sabor: (1) Insípido (2) Suave (3) Característico (4) Ligeiramente Forte (5) Forte (desagradável);  
Odor: (1) Inodoro (2) Suave (3) Característico (4) Ligeiramente Forte (5) Forte (desagradável).

Observando a Figura 30 é possível verificar que com exceção das amostras A, B e F que tiveram identificação do atributo sabor como característico, próximo a linha do ideal, as demais tiveram identificação do atributo como suave, considerações semelhantes foram relatadas por Cheng *et al.* (2005) quando afirma que a ocorrência de grãos gessados tem pouco impacto sobre a palatabilidade.

Na Tabela 11 é possível observar que há diferença significativa para o atributo odor, com exceção das amostras C e D que tiveram identificação do atributo odor como suave, as demais apresentaram resultados próximo a linha do ideal, identificado como característico, sendo possível afirmar que o incremento de grãos gessados nas amostras avaliadas não interferiu nos atributos sensoriais de sabor e odor, atributos estes caracterizados por moléculas voláteis.

Champagne (2011) afirma que a amilose linear do amido é capaz de formar complexos de inclusão com uma grande variedade de compostos voláteis que podem afetar a intensidade de aromas percebidos. Interações destes compostos com lipídios e proteínas também afetam a sua volatilidade. É possível deduzir que o incremento de grãos gessados apesar de interferir nos teores de amilose, proteínas e lipídeos não teve interferência perceptível aos julgadores, nas amostras avaliadas.

Outros estudos não encontraram uma relação entre o teor de proteínas e aroma ou sabor. Em um estudo de Champagne *et al.* (2007) o aroma e o sabor de cinco cultivares em manejo convencional com 50 e 100% da taxa de nitrogênio normalmente utilizado e com cama de frango utilizando manejo orgânico foram comparados, o teor protéico (médio de 7,7% com manejo orgânico; 7,5% com 50% de taxa N) nas amostras de arroz não diferiram no aroma ou sabor daqueles com maior teor de proteína (média de 9,2% com 100% de taxa N). Em apoio a esta constatação, Terao *et al.* (2005) constataram que o crescimento da cultivar de arroz Akitakomachi sob elevada concentração de CO<sub>2</sub> diminuiu o teor de proteína, mas não alterou as propriedades sensoriais a um nível que pudesse ser detectada por avaliação com painel de degustadores.

Os resultados encontrados por Champagne *et al.* (2007) e Terao *et al.* (2005) estão de acordo com os resultados encontrados neste trabalho.

Segundo Champagne *et al.* (1997) o aroma do arroz branqueado difere com o grau de polimento. Quatro tipos de arroz branco foram polidos a diferentes graus (92, 85, 75, e 50%), em seguida foram submetidos ao procedimento de avaliação do odor. Diferenças significativas no odor do arroz cozido e a quantidade de componentes voláteis entre as amostras foram observados.

Concentrações mais elevadas de produtos de oxidação de lipídios no arroz com 50% de polimento em comparação com os níveis de concentração de produtos de oxidação de lipídeos no arroz mais polido, provavelmente porque esses produtos de oxidação de lipídeos estavam contidos no farelo residual sobre a superfície do arroz 50% polido (TSUGITA *et al.*, 1980).

É possível deduzir que o incremento de grãos gessados aumentou significativamente o percentual de polimento, promovendo maior extração dos produtos de oxidação de lipídeos impossibilitando a variação do odor.

Os dados apresentados na Tabela 11 e Figuras 28, 29 e 30 são importantes para a indústria, o comércio e os consumidores, pois a análise sensorial dos alimentos é uma técnica capaz de gerar informações precisas e reproduzíveis, sobre as quais recaem importantes decisões, relativas ao controle de qualidade, modificações e padronizações de métodos, entre outros, sendo uma ferramenta básica para a aplicação na indústria de alimentos (MORALES, 1999; MUNÓZ *et al.*, 1992).

## 5. CONCLUSÕES

O incremento do percentual de grãos com área gessada igual e/ou superior a 75% altera as propriedades tecnológicas das amostras, promove redução no teor de proteínas, lipídeos, cinzas e teor de amilose e promove aumento no teor de fibras e carboidratos.

O aumento do percentual de grãos com área gessada igual e/ou superior a 75% promove redução do grau de transparência, temperatura de gelatinização, tempo de cocção, rendimento volumétrico, rendimento gravimétrico e solubilidade e aumenta o grau de brancura e polimento, adesividade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e deformação dos grãos.

O maior índice de grãos com área gessada igual e/ou superior a 75% reduz a qualidade sensorial, diminui a intenção de compra dos produtos crus e cozidos, altera negativamente os atributos sensoriais avaliados.

Percentuais superiores a 5% de grãos com área gessada igual e/ou superior a 75% afetam negativamente os parâmetros de qualidade tecnológica e as propriedades de consumo de grãos de arroz polido.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYRES, N. M., MCCLUNG, A. M., LARKIN, P. D., BLIGH, H. F. J., JONES, C. A., and PARK, W. D. 1997. **Microsatellites and a single-nucleotide polymorphism differentiate apparent amylose classes in an extended pedigree of US rice germ plasm.** *Theor. Appl. Genet.* 94:773-781.

AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V.; SILVEIRA F<sup>o</sup>, S. **Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre.** Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002. 240p.

AMBARDEKAR, A., SIEBENMORGENA, J.T., PAUL A. COUNCEB. A. P., LANNINGA, B. S., MAUROMOUSTAKOSC, A. **Impact of field-scale nighttime air temperatures during kernel development on rice milling quality.** *Field Crops Research* n°122, p.179–185, 2011.

ANDERSON, R. A. **Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products.** *Cereal Chem.*, v. 59, n. 4, p. 265-269, 1982.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC International.** 16. ed., Washington: AOAC, 1995. 1018p.

AOAC – **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 16th ed., Washington, DC, 1997.

BASSINELLO, P.Z., BOÊNO, J. A., ASCHERI, D.P.R., CARVALHO, R.N. **Qualidade de grãos.** Agência de Informações EMBRAPA. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fok5vmke02wyiv80bhgp5p9zje7m7.html#fig2>. Acesso em: 06/12/11.

BASSINELLO, P. Z.; ROCHA, M. S.; COBUCCI, R. M. A.. **Avaliação de diferentes métodos de cocção de arroz de terras altas para teste sensorial.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 84).

BASSINELLO, P. Z.; SANTOS, D. C. dos; SILVA JÚNIOR, L. L.; NEVES, P. de C. F.; PEREIRA, J. A.; MORAIS, O. P. de; FONSECA, J. R.; CARVALHO, J. L. V. de; NUTTI, M. R.; MARTÍNEZ, C. **Evaluación de los niveles de hierro y zinc en arroz blanco y rojo.** In: REUNIÓN ANUAL DEL PROGRAMA COOPERATIVO CENTRO AMERICANO PARA EL MEJORAMIENTO DE CULTIVOS Y ANIMALES, 54, 2008, San José, Costa Rica.

Resúmenes. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia em Tecnología Agropecuária, 2008. p. 23.

BARATA, T.S. **Caracterização do Consumo de Arroz no Brasil: Um estudo na região metropolitana de Porto Alegre.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2005.

BELLO-PÉREZ, L.A.; MONTEALVO, M.G.M.; ACEVEDO, E.A. **Almidón: definición, estructura y propiedades.** In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carbohidratos em alimentos regionales ibero-americanos.**São Paulo: Edusp, 2006. Cap 1, p. 17-46.

BHASHYAM, M.K.; SRINIVAS, T.; KHAN, T.A. **Evaluation of grains chalkiness in rice.** The Rice Journal, Washington, nº 5, p. 6-13, 1985.

BHATTACHARYA, M., ZEE, S. Y., & CORKE, H. (1999). **Physicochemical properties related to quality of rice noodles.** Cereal Chemistry, 76, 861–867.

BHATTACHARYA, K.R.; SOWBHAGYA, C.M. **Water uptake by rice during cooking.** *Cereal Sci. Today* 1971, 16, 420-424.

BILLIADERIS, C. G. The structure and interactions of starch with food constituents. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 69, n.1, p. 60-78, 1991.

BILIADERIS, C.G. **The struture and interations of starch with food.** Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, Ottawa, v. 69, p. 60-78, 1991.

BOÊNO, J.A. **CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE GRÃO DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE ARROZ- VERMELHO (Oryza sativa L.).** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agroindustriais) – Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Goiás.

BORTOLINI, V. M. S. **Determinação da composição centesimal do arroz parboilizado (oriza sativa) e seu subproduto.** 8ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa. Revista Congrega Urcamp 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Norma de classificação, embalagem e marcação do arroz.** Instrução Normativa Nº 6, Diário Oficial da União, Seção 1, Página 3. 2009b.

- BRENNAN, J.G. **Texture perception and measurement.** In: PIGGOTT, J.R. (Edit.). *Sensory analysis of food.* 2 ed. London: Elsevier, 1988. p.69-102.
- BRITES, C., 2009. **Como Avaliar a Qualidade do Arroz,** p. 36 – 38. *Vida Rural,* Abril 2009.
- BULEÓN, A. **Starch granules: structure and biosynthesis.** *Journal Bio Macromol,* nº23, p. 85-112, 1998.
- CASTRO, E. M. de; VIEIRA, N.R. de A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. da. **Qualidade de grãos em arroz.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34).
- CAUL, J. F. **The profile method of flavor analysis.** *Advances in food research,* New York, n. 07, p 1-40, 1975.
- CEREDA, M.P (Coor). **Propriedades Gerais do Amido** Campinas: Fundação Cargill, 2001, v. 1, 224 p. (Série de culturas tuberosas amiláceas latino-americanas).
- CEREDA, M. P. **Amidos Modificados.** *Bol. SBCTA.* n. 30, v. 1, p. 31-36, 1996.
- CHAMPAGNE, E. T., THOMPSON, J. F., BETT-GARBER, K.L., MUTTERS, R., MILLER J. A., TAN, E. **Impact of storage of freshly harvested paddy rice on milled white rice flavor.** *Cereal Chem.* Nº 81, p. 444–449, 2004.
- CHAMPAGNE, E. T., BETT, K. L., VINYARD, B. T., MCCLUNG, A. M., BARTON, F. E., II, MOLDENHAUER, K., LINSCOMBE, S., AND MCKENZIE, K. S. 1999. **Correlation between cooked rice texture and rapid visco analyzer measurements.** *Cereal Chem.* 76:764-771.
- CHAMPAGNE, E. T., BETT-GARBER, K. L., GRIMM, C. C.; MCCLUNG, A. M. **Effects of organic fertility management on physicochemical properties and sensory quality of diverse rice cultivars.** *Cereal Chemistry,* nº 84, p.320-327, 2007.
- CHAMPAGNE, E. T. **Rice Aroma and Flavor: A Literature Review.** *Cereal Chemistry.* Nº 85, p. 445-454, 2011.
- CHEETHAM, N. W. H., & TAO, L. P. (1998). **Variation in crystalline type with amylase content in maize starch granules: An X-ray powder diffraction study.** *Carbohydrate Polymers,* 36, 277–284.

CHEN, J. J., LU, S., & LI, C. Y. **Effect of milling on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan.** Cereal Chemistry, nº 76, p. 795–799, 1999.

CHEN, Q., ZHAO, J.; HAIDONG, Z.; WANG, X. **Feasibility study on qualitative and quantitative analysis in tea by near infrared spectroscopy with multivariate calibration.** Analytica Chimica Acta, v. 572, p.77-84, 2006.

CHENG, W., ZANG, G., ZHAO, G., YAO, H., XU, H. **Variation in rice quality of different cultivars and grains position as affected by water management.** Fields crop research, nº 80, p.245-252, 2003.

CHENG, F.M., ZHONG, L.J., WANG, F., ZHANG, G.P. **Differences in cooking and eating properties between chalky and translucent parts in rice grains.** Food Chemistry nº90, p.39–46, 2005.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. **Fabricação de Amido e sua Utilização.** São Paulo, 1982.

CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Evaluación de la calidad del arroz.** Cali, CIAT, 1980. 22p.

DEL MUNDO, A. M. & JULIANO, B. O. **Consumer preference and properties of raw and cooked milled rice.** J. Texture Stud. nº12, p. 107-120, 1981.

DEL MUNDO, A., KOSCO, D. A., JULIANO, B. G., SISCAR, J. J. H., PEREZ, C. M. 1989. **Sensory and instrumental evaluation of texture of cooked and raw milled rices with similar starch properties.** J. Texture Stud. 20:97-110.

DELCOR, J. A.; HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology.** American Association of Cereal Chemists in St. Paul, Minnesota, 3 Ed, 2010 .

DELLA LUCIA, S. M.; MININ, V.P.R.; CARNEIRO, J.D.S. **Análise sensorial de alimentos.** In: MININ, V.P.R. **Análise sensorial – Estudos com consumidores.** 2ª Ed. UFV, Viçosa, 2010.

DENYER; BARBER; BURTON; HEDLEY; HYLTON; JOHNSON; JONES; MARSHALL; SMITH; TATGE; TOMLINSON; WANG. **Novel low-amylose mutants of pea.** John Innes Centre e Sainsbury Laboratory. Annual Report, 1994/1995. P.29.

DONG M H, SANG D Z, WANG P, ZHANG W J, YANG J C. **Difference in chalky characters of the grains at different positions within a rice panicle.** *Acta Agron Sin*, 2006, **32**(1): 103–111.

ELIAS, M.C. **Matéria prima e controle de qualidade na industrialização de arroz.** In: ELIAS, M.C. e LORINI, I. (org.). In: I Simpósio Sul-Brasileiro de Qualidade de Arroz, 2003. Anais. Passo Fundo, RS. p. 45-56. 2003.

ELIAS, M.C. Pós-colheita e industrialização de arroz. In: GOMES, A.S.G. & MAGALHÃES Jr., A.M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil.** Capítulo 22, p. 745-798. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2004.

ELIAS, M. C.; LORINI, I. **Qualidade de arroz na pós-colheita.** Pelotas: Abrapós/UFPel, 2005. 660 p.

ELIAS, M.C.; SCHIAVON, R. A.de.; OLIVEIRA, M. de. **Aspectos científicos e operacionais na industrialização de arroz. Qualidade de Arroz na Colheita: Ciência, Tecnologia e Normas.** Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2010. 543p.

ELLIS, R. P., COCHRANE, M. P., DALE, M. F. B., DUFFUS, C. M., LYNN, A., MORRISON, I. M., PRENTICE, R. D. M., SWANSTON, J. S., TILLER, S. A. **Starch production and industrial use.** *Journal of Food and Agriculture*, v.77, n.3, p. 289-311, 1998.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical databases 2006.** Acesso em: 15/01/12. Disponível em: <http://www.fao.org>.

FAO. Food and Agricultural Organization. **Rice consumption and nutrition problems in rice consuming countries.** FAO, Agriculture and Consumer Protection. Acesso em: 01/01/12. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/t0567e/T0567E04.htm>

FEI, X. WANG, Z., GU, Y. J., CHEN, G., ZHO, P. **Effects of Nitrogen Application Time on Caryopsis Development and Grain Quality of Rice Variety Yangdao 6.** *Chinese Journal of Rice Science*, Vol. 21, No. 6, p. 637–642, 2007.

FERNANDES, G.M.M. & AMORIN NETO, S. **Qualidade do arroz em função dos grãos na panícula.** In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 15., Porto Alegre, 1986. Anais, Porto Alegre, IRGA, 1986. P.353-7.

FERREIRA, C. D. **Efeitos da Intensidade de Polimento sobre Parâmetros de Avaliação Nutricional, Atributos Sensoriais e Prevalência de Ácido Fólico em Grãos de Arroz.** Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS-DCTA-FAEM-UFPEL), 2011.

FITZGERALD, M. A.; MCCOUCH, S. R.; HALL, R. D. **Not just a grain of rice: the quest for quality.** Trends in Plant Science – IRRI, Vol.14 N° 03, 2008.

FONSECA, J. R.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O. P. de. **Tempo de prateleira de cultivares de arroz de terras altas.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 98).

FURUKAWA, S., MIZUMA, T., KIYOKAWA, Y., MASUMURA, T., TANAKA, K., & WAKAI, Y. (2003). **Distribution of storage proteins in low-glutelin rice seed determined using a fluorescent antibody.** Journal of Bioscience and Bioengineering, 96, 467–473.

GALLI, L. **Origem, distribuição e domesticação do arroz.** *Lavoura Arrozeira.* Porto Alegre, IRGA, v.31, n 306, p.63-8, 1978.

GUIMARÃES, E. P. **Reunião Técnica do Arroz Irrigado da Região,** 7. Campinas, São Paulo-Brasil. 22 a 25 de agosto de 1989.

GULARTE, M. A. **Metodologia analítica e características tecnológicas e de consumo na qualidade do arroz.** 2005. 95f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)- Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.

GULARTE, M.A. **Análise sensorial.** Editora UFPel-FAU, 53p. Pelotas, 2009.

GUPTA, R.; GIGRAS, P.; MOHAPATRA, H.; GOSWAMI, V. K.; CHAUHAN, B. **Microbial - amylases: a biotechnological perspective.** Process Biochemistry, v. 38, n. 11, p.1559-1616, 2003.

HAMAKER, B. R. 1994. **The influence of rice protein on rice quality.** Pages Vol. 81, No. 2, 2004 243 177-194 in: Rice Science and Technology. W. E. Marshall and J. I. Wadsworth, eds. Marcel Dekker: New York.

HOOVER, R. **Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A Review.** *Carbohydrate Polymers*, v. 45, n. 3, p. 253-267, 2001.

HOSENEY, R.C. **Principios de ciencia y tecnología de los cereales.** Zaragoza: ACRIBIA, 321p. 1991.

HOSHIKAWA, K. **Studies on the development of endosperm in rice. Development of amyloplasts in endosperm tissue.** Proceedings of the Crop Science Society of Japan nº37, p. 207–216, 1968.

IMBERTY, A., BULEON, A., TRAN, V., & PEREZ, S. **Recent advances in knowledge of starch structure.** *Starch/Starke*, 43, 375–384. 1991.

IRRI, **What are the traits of physical quality of grain?** International Rice Research Institute, 2006. Disponível em: [http://www.knowledgebank.irri.org/ricebreedingcourse/Grain\\_quality.htm](http://www.knowledgebank.irri.org/ricebreedingcourse/Grain_quality.htm) Acesso em: 20/jan/2012.

ISHIMARU, T. **Formation of grain chalkiness and changes in water distribution in developing rice caryopses grown under high-temperature stress.** *Journal of Cereal Science* 50, p. 166–174, 2009.

JANE, J.; CHEN, Y. Y.; LEE, L. F.; MCPHERSON, A. E.; WONG, K. S.; RADOSAVLJEVIC, M.; KASEMSUWAN, T. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 5, p. 629-637, 1999.

JIN Z X, QIU T Q, SUN Y L, ZHAO J M, JIN X Y. **Effects of nitrogen fertilizer on chalkiness ratio and cooking and eating quality properties of rice grain.** *Plant Nutr Fert Sci*, 2001, nº7, p. 31–35.

JIN, T. Y., LI, H., GUO, T. LIU, X. L., SU, N., WU, F. Q., WAN, J. M. **Analysis of Physiological and Biochemical Characteristics of Six Mutants with Stable High Percentage of Chalkiness in Rice Grains.** *Acta Agronomica Sinica*, nº36, p.121–132, 2010.

JULIANO, B. O., ONATE, L. U., AND MUNDO, A. M. 1965. **Relation of starch composition, protein content, and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice.** Food Technol. 116-121.

JULIANO, B.O.; BECHTEL, D.B. **The rice grain and its gross composition.** In: JULIANO, B.O. (Ed.). Rice: chemistry and technology. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1985. Cap.2, p.17-57.

JULIANO, B.O. **Rice in human nutrition.** Rome: FAO, 1993. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em 12/ago/2011.

JULIANO, B. O., VILLAREAL, R. M., Perez, C. M., VILLAREAL, C. P., TAKEDA, Y., & HIZUKURI, S. (1987). **Varietal differences in properties among high amylose rice starches.** Starch, 39, 390–393.

KARSAKLIAN, E. **Comportamento do Consumidor.** Editoras Atlas. São Paulo: 2000.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. **Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective.** Food Chemistry, v.80, n.4, p. 589-596, 2003.

KIM, S.S., LEE, S.E., KIM, O.W., KIM, D.C., 2000. **Physicochemical characteristics of chalky kernels and their effects on sensory quality of cooked rice.** Cereal Chemistry 77, 376–379.

KOBAYASHI, A., GENLIANG, B., SHENGHAI, Y., TOMITA, K., 2007. **Detection of quantitative trait loci for white-back and basal-white kernels under high temperature stress in japonica rice varieties.** Breeding Science 57, 107–116.

KOIDE, T., KAMEI, H., HASHIMOTO, Y. KOJIMA, T., HASEGAWA, M. **Antitumor effect of hydrolyzed anthocyanin from grape rinds and red rice.** Cancer Biotherapy and Radiopharmacology, v.11, n.4, p.273-277, 1996.

LANNING, S. B. **Extreme nighttime air temperatures in 2010 impact rice chalkiness and milling quality.** Field Crops Research n°124, p. 132–136, 2011.

LARKIN, P. D., AND PARK, W. D. 1999. **Transcript accumulation and utilization of alternate and non-consensus splice sites in rice granulebound starch synthase are temperature-sensitive and controlled by a single-nucleotide polymorphism.** Plant Molec. Biol. 40:719-727.



- LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory Evaluation of Food: principles and practices.** New York. Chapman & Hall, 827 p., 1999.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**, 3ª ed. SARVIER, São Paulo, 2002.
- LISLE, A. J.; MARTIN, M.; FITZGERALD, M. A. **Chalky and Translucent Rice Grains Differ in Starch Composition and Structure and Cooking Properties.** American Association of Cereal Chemists, Inc. Cereal Chemistry Vol. 77, No. 5, 2000.
- LIU, Q. Starch Modifications and Applications. In: CUI, S. W (Ed.). **Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications**, CRC Press, 2005. cap. 8, p. 357-406.
- LIU, Q. **Starch Modifications and Applications.** In: CUI, S. W (Ed.). Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications, cap. 8, p. 357-406. CRC Press, 2009.
- LIU, S. P., NIE, X.T., DAI, O. G., HUO, Z.Y., XU, K. **Effect of Interplanting with Zero Tillage and Straw Manure on Rice Growth and Rice Quality.** Chinese Journal of Rice Science, Vol. 21, No. 1, p. 71-76, 2007.
- LOPEZ-RUBIO, A., FLANAGAN, B. M., GILBERT, E. P., & GIDLEY, M. J. (2008). **A novel approach for calculating starch crystallinity and its correlation with double helix content: A combined XRD and NMR study.** Biopolymers, 89, 761–768.
- LORIEUX, M., PETROV, M., HUANG, N., GUIDERDONI, E., and GHESQUIERE, A. **Aroma in rice: Genetic analysis of a quantitative trait.** Theor. Appl. Gen. Nº 93, p. 1145-1151, 1996.
- LUMEN, B.O.; CHOW, H. **Nutritional quality of rice endosperm.** In: LUH, B. S. (Ed.). Rice utilization. 2.ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995. V.2, cap.15, p.363-395.
- LYON, B. G., CHAMPAGNE, E.T., VINYARD, B. T., WINDHAM, W. R. 1999. **Sensory and Instrumental Relationships of Texture of Cooked Rice from Selected Cultivars and Postharvest Handling Practices.** Cereal Chem. Vol. 77, No. 1, p. 64–69.
- MARCHESAN, E; DARIO, G.J.A.; TORRES, S. **Ocorrência de grãos gessados em três cultivares de arroz.** Scientia Agrícola, Piracicaba, SP, 1992.

- MARCHEZAN, E., GODOY, O .P., FILHO, J. M. **Relações entre épocas de semeadura, de colheita e rendimento de inteiros de cultivares de arroz irrigado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.28, n.7, p.843-848, 1993.
- MARTIN, M., & FITZGERALD, M. A. (2002). **Proteins in rice grains influence cooking properties.** Journal of Cereal Science, 36, 285–294.
- MARTÍNEZ, C.; CUEVAS, F.; MEDINA, L. M. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz: guia de estudio.** 3. ed. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1989. 75 p. (CIAT. Serie 04SR-07.01).
- MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandiocinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação.** 2006. 112p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2006.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques.** 3 ed. Boca Ratón: CRC Press, 387p., 1999.
- MEILGAARD, M., CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques.** CRC Press: Boca Raton, FL, 2007.
- MILLER, J.B., PANG, E. & BRAMALL, L. **Rice: a high or low glycemic index food?** American Journal of Clinical Nutrition, v.56, p.1034- 1036, 1992.
- MING-HUI, D., CHEN, P.F., QIAO, Z.Y., WU, X.Z., ZHAO, B.H., JIANG, Y.Y., YANG, J.C. **Quality Response of Grains in Different Spikelet Positions to Temperature Stress During Grain Filling of Rice.** Acta Agronomica Sinica, n °37, p.506–513, 2011.
- MININ, V.P.R. **Análise sensorial – Estudos com consumidores.** Editora UFV, Viçosa, MG. 225p, 2006.
- MININ, V.P.R. **Análise sensorial – Estudos com consumidores.** 2ª Ed. UFV, Viçosa, MG. 308p, 2010.
- MOHAPATRA, D.; BAL, S. **Cooking quality and instrumental textural attributes of cooked rice for different milling fractions.** *J. Food Eng.* 2006, 73, 253-259.

MORALES, H.R. **Evaluation de La análisis sensorial**. In: Simposium Iberoamericano de Análisis Sensorial, 1999, Santa Fé. Resumos. Santa Fé, México: Universidad Iberoamericana, 1999.

MORRISON, W.R. **Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality**. Cereal Food World, v. 40, n. 6, p. 437-446, 1995.

MUNÓZ, A. M.; CIVILLE, C.V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation in quality control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 240p.

NBR12806 – Normas Brasileiras para Análise Sensorial. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas – Terminologia**. 1993.

NBR 12994 - Normas Brasileiras para Análise Sensorial. **Métodos de análise sensorial dos alimentos e bebidas – Classificação**. 1994

NBR 14141 - Normas Brasileiras para Análise Sensorial. **Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas**. 1998.

OHTSUBO, K., SISCAR, J. J. H., JULIANO, B. O., IWASAKI, T., & YAKOO, M. (1990). **Comparative study of texturometer and instron measurements on cooked Japanese milled rice**. Report of National Food Research Institute, 54, 1–5.

OKABE, M. 1979. **Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality**. J. Texture Stud. 10:131-152.

ONATE, L. U., DEL MUNDO, A. M., AND JULIANO, B. O. 1964. **Relationship between protein content and eating quality of milled rice**. Philipp. Agric. 47:441-443.

PARK, J.K.; KIM, S.S.; KIM, K.O. **Effect of Milling Ratio on Sensory Properties of Cooked Rice and on Physicochemical Properties of Milled and Cooked Rice**. Cereal Chemistry, v. 78, n. 2, p. 151-156, 2001.

PATINDOL, J. A., GONZALEZ, B. C., WANG, Y. J., MCCLUNG, A. M. **Starch fine structure and physicochemical properties of specialty rice for canning**. Journal of Cereal Science n°45, p. 209–218, 2007.

PATINDOL, J. & WANG, Y. **Fine Structures and Physicochemical Properties of Starches from Chalky and Translucent Rice Kernels**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 51, No. 9, 2003.

- PEREIRA, J. A. **Comparação entre Características Agronômicas, Culinárias e Nutricionais em Variedades de Arroz Branco e Vermelho.** Revista Caatinga (Mossoró, Brasil), v.22, n.1, p.243-248, janeiro/março de 2009.
- PEREZ, F.C.; MARTINEZ, C.P.; AMEZQUITA, M.C. **Estabilidade da avaliação de centro branco em 22 cultivares de arroz.** In: Reunião de Pesquisa de Arroz, 4., Goiânia, 1990.
- PERONI, F.H.G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas.** 2003., 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2003.
- PITOMBEIRA, J.B. **Cultura do Arroz.** Universidade Federal do Ceará. Notas de Aula - Grandes Culturas I. Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza, p 32-52, 2006.
- QI-HUA, L. XUE-BIAO, Z., LIAN-QUN, Y., TIAN, L. **Effects of Chalkiness on Cooking, Eating and Nutritional Qualities of Rice in Two indica Varieties.** Rice Science, Vol. 16, No. 2, 2009.
- QUEIROZ, M. I.; TREPTOW, R.O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos.** Ed. FURG, 268p. Rio Grande, 2006.
- QURESHI, A.A., BRADLOW B.A., SALSER W.A., BRACE L.D. **Novel tocotrienols of rice bran modulate cardiovascular disease risk parameters of hypercholesterolemic humans.** Nutritional Biochemistry, v.8, p.290-298, 1997.
- REINECCIUS, G. **Flavor Chemistry and Technology.** Taylor & Francis: Boca Raton, FL. 2006.
- ROA, L.H.D. & VALLEJO, J.U.R. **Efecto de la temperatura y tipo de suelo sobre la formación del "centro blanco" en arroz (*Oryza sativa* L.).** Acta Agronômica, Palmira, nº26, p. 76-87, 1976.
- RONG, N.; AUSMAN, L.M.; NICOLOSI, R.J. 1997. **Oryzanol decreases cholesterol absorption and aortic fatty streaks in hamsters.** Lipids, v.32, n.3, p.303-309.
- ROUSSET, S., PONS, B., PILANDON, C. 1995. **Sensory texture profile, grain physico-chemical characteristics and instrumental measurements of cooked rice.** J. Texture Stud. 26:119-135.

ROY, P.; NEI, D.; ORIKASA, T.; ORIKASA, T.; OKADOME, H.; THAMMAWONG, M.; NAKAMURA, N.; SHIINA, T. 2010. **Cooking properties of different forms of rice cooked with an automatic induction heating system rice cooker.** Asian J. Food Agro-Ind. P.373-388.

SANTOS, T.P.B., CALIARI, M., EIFERT, E.C., BASSINELLO, P.Z. **Efeito dos grãos gessados nos teores de amilose e propriedades de pasta do arroz.** Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/trabalhos-mestrado/mestrado-talita-pereira.pdf>. Acesso em 20/12/2011.

SARAVIA, C. T. **Efeitos do peso volumétrico dos grãos e da utilização de metabissulfito de sódio sobre a qualidade do arroz parboilizado.** 2002. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SCARE, R. F., ORATI, R., HARTUNG, K. **Conhecimento e comportamento de compra em relação a alimentos transgênicos: um estudo exploratório e comparativo com consumidores brasileiros.** Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/6/835.pdf>. Acesso em 12/02/2012.

SCHIFFMAN, L. G.; KANUK, L. L. **Comportamento do consumidor.** 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.

SHEN, B. **Observation on the starch grain development in endosperm of early indica rice during chalkiness formation with scanning electronic microscope.** Chinese Journal Rice Science, n°14, p.225–228, 2000.

SINGH, N., PAL, N. MAHAJAN, G., SINGH, S., SHEVKANI, K. **Rice grain and starch properties: Effects of nitrogen fertilizer application.** Carbohydrate Polymers n°86, p.219– 225, 2011. Disponível em: [www.elsevier.com/locate/carbpol](http://www.elsevier.com/locate/carbpol). Acesso em: 30/jan/2012.

SINGH, S., SINGH, N., ISONO, N., & NODA, T. (2010). **Relationship of granule size distribution and amylopectin structure with pasting, thermal, and retrogradation properties in wheat starch.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58, 1180–1188.

SINGH, N. **Genotypic diversity in physico-chemical, pasting and gel textural properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.).** Food Chemistry n°122, p.65–73, 2010.

- SINGH, N. **Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars.** Food Chemistry n°89, p.253–259, 2005.
- SINGH, N., SODHI, N. S., KAUR, M., & SAXENDA, S. K. (2003). **Physicochemical, morphological, thermal, cooking and textural properties of chalky and translucent rice kernels.** Food Chemistry, 82, 433–439.
- SOFIATTI, V. SCHUCH, L.O.B., PINTO, J.F., CARGNIN, A., LEITZKE, L.N., HOLBIG, L.S. **Efeitos de regulador de crescimento, controle de doenças e densidade de semeadura na qualidade industrial de grãos de arroz.** Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.2, p.418-423, mar-abr, 2006.
- SOUZA, G., WANDER, A. E., GAZZOLA, R., SOUZA, R. S. **Evolução da Produção e do Comércio Internacional do Arroz e Projeção de Preços. Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento** - EMBRAPA, Rio de Janeiro, v.2, n.1, p. 1-86, janeiro a abril de 2010.
- SOWBHAGYA, C. M., RAMESH, B. S., & BHATTACHARYA, K. R. (1987). **The relationship between cooked rice texture and the physicochemical characteristics of rice.** Journal of Cereal Science, 5, 287–297.
- STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation practices.** Orlando: Academic Press, 227 p., 1993.
- STORCK, C.R. **Variação na composição química em grãos de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos.** 2004. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria.
- STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; FAGUNDES, C. A. A. **Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition.** Journal of Food Composition and Analysis, v.18, n. 4, p. 333-341, 2005.
- SZCESNIAK, A. S. **Classification of texture characteristics.** Journal of Food Science, v. 28, p. 385-409, 1963.
- TABATA, M., HIRABAYASHI, H., TAKEUCHI, Y., ANDO, I., IIDA, Y., OHSAWA, R., 2007. **Mapping of quantitative trait loci for the occurrence of white-back kernels associated with high temperatures during the ripening period of rice (Oryza sativa L.).** Breeding Science 57, 47–53.

- TANG, T., ANDO, H., WATANABE, K., TAKEDA, Y., & MITSUNAGA, T. (2001). **Some physicochemical properties of small-, medium-, and large-granule starches in fractions of waxy barley grain.** *Cereal Chemistry*, 77, 27–31.
- TANG, S. X.; JIANG, Y. Z.; LI, S. S.; YU, H. Y.; ZHANG, Y. K. **Observation on the amyloplasts in endosperm of early indica rice with scanning electron microscope.** *Acta Agronomica Sinica*, n°25, p. 269–271, 1999.
- TASHIRO, T.; EBATA, M. **Studies on white belly rice kernel: III. Effect of ripening condition on occurrence of white belly kernel.** *Journal of Crop Science*, n°44, p.86–92, 1975.
- TASHIRO, T., WARDLAW, I.F., 1991. **The effect of high temperature on kernel dimensions and the type and occurrence of kernel damage in rice.** *Australian Journal of Agricultural Research* 42, 485–496.
- TERAO, T, MIURA, S., YANAGIHARA, T, HIROSE, T, NAGATA, K., TABUCHI, H., KIM, H. Y., LIEFFERING, M., OKADA, M., and KOBAYASHI, K. **Influence of free-air CO2 enrichment (FACE) on the eating quality of rice.** *Journal of Science Food and Agriculture*, n° 85, p.1861-1868, 2005.
- TESTER, R.F.; QI, X.; KARKALAS, J. **Hydrolysis of native starches with amylases.** *Animal Feed Science and Technology*, v. 130, n. 1-2, p. 39-54, 2006.
- TSUGITA, T, KURATA, T., KATO, H. **Volatile components after cooking rice milled to different degrees.** *Agrie. Biol. Chem.* n°44, p. 835-840, 1980.
- TORO, D.C; LOPES. A.A.H; GALLARD, I.D. **Propriedades fisicoquímicas del grano de arroz e su calidad.** In: Reunião nacional de pesquisa de arroz, 4, Goiânia, 1990. Goiânia, 1990. p. 47.
- UMEMOTO, T., NAKAMURA, Y., AND ISHIKURA, N. 1994. **Effect of grain location on the panicle on activities involved in starch synthesis in rice endosperm.** *Phytochemistry* 36:843-847.
- VICTORIA, F. N., LUZ, M.L.G.S., LUZ, C.A.S., GULARTE, M.A. **Análise sensorial de arroz parboilizado obtido por dois métodos de secagem: a quente e a frio.** *Braz. J. Food Technol.*, Campinas, v. 13, n. 3, p. 214-218, jul./set. 2010.

VIEIRA, N. R. de A.; CARVALHO, J. L. V. **Qualidade tecnológica**. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 583-604.

VIEIRA, F. C. **Efeito do tratamento com calor e baixa umidade sobre características físicas e funcionais dos amidos de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*), de batata-doce (*Ipomoea batatas*) e de gengibre (*Zingiber officinale*)**. 2004. 103p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.

WAKAMATSU, K., SASAKI, O., UEZONO, I., TANAKA, A., 2007. **Effects of high air temperature during the ripening period on the grain quality of rice in warm regions of Japan**. Japanese Journal of Crop Science 76, 71–78.

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

WANG, Z.; LI, W. F.; GU, Y. J.; CHEN, G.; SHI, H. Y.; GAO, Y. Z. **Development of rice endosperm and the pathway of nutrients entering the endosperm**. Acta Agronomica Sinica, n°21, p.520– 527, 1995.

WARD, R; MARTIN, M. **Rice cereal quality**. State of New South Wales. Department of Industry and Investment (Industry & Investment NSW). USA. Prime Facts. September 2009. Disponível em: [http://www.dpi.nsw.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0018/307503/Rice-cereal-qiality.pdf](http://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0018/307503/Rice-cereal-qiality.pdf) Acesso em : 20/jan/2012.

WATTS, B.M.; YLIMAKI, G.L.; JEFFERY, L.E.; ELIAS, L.G. **Sensory methods for food evaluation**. Canadá: International development research center, 155p., 1989.

XIA J G, DENG L J, TAN H, WU X. **Study of the eco-factors of main soils influencing the rice quality**. Journal Sichuan Agriculture University, n°18, p. 343-347, 2003.

YASUMATSU, K., MORITAKA, S., WADA, S. **Studies on cereals. V. Stale flavor of stored rice**. Agric. Biol. Chem. 30:483- 486, 1966.

YAU, N. J. N. & LIU, T. T. **Instrumental and sensory analysis of volatile aroma of cooked rice**. J. Sens. Stud. N° 14, p. 209- 233. 1999.



ZAVAREZE, E. R. **Extração e tratamentos hidrotérmicos de amido de arroz.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2009.

ZHANG, Y. J., CHEN, Y. Y., YAN, G. J., DU, B., ZHOU, Y.R., YANG, J. C. **Effects of Nitrogen Nutrition on Grain Quality in Upland Rice Zhonghan 3 and Paddy Rice Yangjing 9538 Under Different Cultivation Methods.** *Acta Agronomica Sinica*, p. 1866–1874, 2009.

ZHAO, G. Z., LIU, J. X., YANG, S. J., YEA, J. D. LIAO, X. H., SU, Z. X., SHI, R., JIANG, C., DAI, L. Y. **Effect of Cold-Water Irrigation on Grain Quality Traits in japonica Rice Varieties from Yunnan Province, China.** *Rice Science*, Vol. 16, No. 3, 2009.

ZHOU, L. J., JIANG, L., LIU X., CHEN, H., CHEN, L. M., LIU, S. J., WAN, J. M. **Mapping and Interaction of QTLs for Thousand-Grain Weight and Percentage of Grains with Chalkiness in Rice.** *Acta Agronomica*, n° 35, p.255–261, 2009.

ZHU H J, CHENG F M, WANG F, ZHONG L J, ZHAO N C, LIU Z H. **Difference in amylose content variation of rice grains and its position distribution within a panicle between two panicle types of japonica cultivars.** *Chinese J Rice Sci*, 2004, 18(4): 321–325.

\_\_\_\_\_, **Arroz – Projeções 2012.** DEPEC – Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos, BRADESCO, 2012. Disponível em: [http://www.economiaemdia.com.br/static\\_files/EconomiaEmDia/Arquivos/infset\\_arroz.pdf](http://www.economiaemdia.com.br/static_files/EconomiaEmDia/Arquivos/infset_arroz.pdf)  
Acesso em: 02/jan/2012.

## 7. ANEXOS

ANEXO 1 - Ficha utilizada na análise de determinação do comportamento na cocção

Determinação do Comportamento na Cocção	
<b>Análise Tempo de Cocção</b>	
Hora inicial:	
Hora final:	
Tempo total de Cocção:	
<b>Análise Rendimento Volumétrico</b>	
Arroz Cru (200g):	Volume inicial/mL:
Arroz Cozido (altura paquímetro):	Ponto 1 =
	Ponto 2 =
	Ponto 3 =
	Ponto 4 =
	Ponto 5 =
	Ponto 6 =
	Ponto 7 =
	Ponto 8 =
	Ponto 9 =
	Média =
	Volume final/mL:
Rendimento Volumétrico:	$(V_f \times 100)/V_i =$
<b>Análise Rendimento em Peso</b>	
Peso Inicial (panela +arroz cru s/ tampa):	
Peso Final (panela +arroz cozido s/ tampa):	
Diferença de Peso:	
<b>Determinação da Soltabilidade</b>	
Comprimento:	
Altura:	
Relação CxA:	
Observações:	