



Faculdade de Agronomia
Eliseu Maciel
Fundada em 1883



Propriedades físicas, térmicas e aerodinâmicas de grãos das cultivares de arroz BR IRGA 409 e BRS Primavera

Physical, thermal and aerodynamic properties of rice grain varieties BR IRGA 409 and BRS Primavera

Áthina Bárbara Medeiros e Souza¹, Flívia Fernandes De Jesus Souza², Raniele Tadeu Guimarães De Souza³, Pâmella De Carvalho Melo⁴, Ivano Alessandro Devilla⁵

¹ Eng^a. Agrícola, Mestranda, Universidade Estadual de Goiás, Caixa Postal 459, CEP 75.132-903, Anápolis, GO, Brasil, athinamedeiros@gmail.com

² Eng^a. Agrônoma, Mestranda, Universidade Estadual de Goiás.

³ Eng^o. Agrônomo, Mestrando, Universidade Estadual de Goiás.

⁴ Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás.

⁵ Eng^o. Agrícola, Dr. (Professor), Universidade Estadual de Goiás.

Received: 31 January 2013 / Accepted: 19 November 2013 / Available online: 30 December 2013

RESUMO

O arroz é um das culturas anuais de maior importância econômica e social em muitos países. Os sistemas de produção dessa espécie promovem alterações nas propriedades dos grãos. Objetivou-se com esse trabalho a caracterização dos grãos de duas cultivares de arroz recomendadas para os ecossistemas irrigado e terras altas. Foram utilizados grãos em casca, da classe longo fino, da cultivar BR IRGA 409 de arroz irrigado e da BRS PRIMAVERA de terras altas. Foram determinados o teor de água dos grãos, o qual apresentou 9,6 (% b.u.), a esfericidade, circularidade, massa específica aparente e unitária, porosidade, ângulo de repouso, condutividade térmica, calor específico, difusividade térmica e velocidade terminal. As cultivares apresentaram diferenças nos valores de circularidade, esfericidade e ângulo de repouso e

não diferiram na massa específica aparente, massa específica unitária, porosidade e massa de mil grãos, bem como nas propriedades térmicas e velocidade terminal.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, ecossistemas, BR IRGA 409, BRS PRIMAVERA.

ABSTRACT

The rice is a major crop with economical and social importance in many countries. The production systems of this crop promote changes in the properties of the grains. The aim of this work was to characterize the grains of two rice cultivars recommended for the ecosystems: lowland and upland. Hulled rice was used, from the long and thin category, from the lowland BR IRGA 409 cultivar, and, upland BRS Primavera cultivar. Moisture contents of grains was 9,6 (%)

u.b.), then were determined the sphericity, circularity, apparent and unit specific mass, porosity rest angle, thermal conductivity, specific heat, thermal diffusivity, terminal velocity. The cultivars presented different values for sphericity and rest angle, but did not differ in apparent

Por fazer parte da dieta básica de cerca de 2,4 bilhões de pessoas, o arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das culturas anuais de maior importância econômica e social em muitos países em desenvolvimento (Kischel et al., 2011). O arroz brasileiro é cultivado sob dois ecossistemas: irrigado e terras altas. O cultivo irrigado por inundação, responde por cerca de 70% da produção nacional, ocorrendo em sua maioria na Região Sul do país. Já o arroz de terras altas, ou arroz de sequeiro, caracteriza-se por ser cultivado sem inundação, suprindo suas necessidades hídricas, por meio da precipitação pluvial ou, de forma suplementar, pela irrigação por aspersão (Santos e Rabelo, 2008; Santos et al., 2006). Os sistemas de produção do arroz promovem alterações nas propriedades dos grãos, não podendo considerar a uniformidade das características entre cultivares (Yadav e Jindal, 2001).

A correta determinação das propriedades físicas e aerodinâmicas dos produtos agrícolas é importante na otimização de processos industriais, projeto e dimensionamento de equipamentos em operações de colheita e pós-colheita (Resende et al., 2008). Da mesma forma, as propriedades térmicas dos produtos agrícolas contribuem para o desenvolvimento das ciências agrárias e alimentícias, podendo ser empregadas a uma gama de objetivos, tais como, aquecimento ou resfriamento de produtos (Ito et al., 2003). As propriedades térmicas podem variar de acordo com a natureza, cultivar, teor de água e temperatura do produto (Kazarian e Hal, 1965). A caracterização das propriedades físicas, térmicas e aerodinâmicas dos grãos é fundamental para a correta conservação e dimensionamento dos equipamentos utilizados em processos de pré e

specific mass, unit specific mass, porosity and thousand grain weight, as well as in the thermal properties and terminal velocity.

Key words: *Oryza sativa*; ecosystems; BR IRGA 409; BRS PRIMAVERA.

pós-colheita (Afonso Júnior, 2001; Silva e Corrêa, 2000). Considerando a importância do assunto, o objetivo do trabalho foi a caracterização dos grãos de arroz em casca, de duas cultivares recomendadas para os sistemas de cultivo irrigado e sequeiro, por meio da verificação das propriedades físicas, térmicas e aerodinâmicas.

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Secagem e Armazenamento de Produtos Vegetais da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis – GO. Foram utilizados grãos de arroz em casca da classe longo fino, das cultivares BR IRGA 409, cultivada sob irrigação por inundação e da BRS PRIMAVERA, cultivada em terras altas, advindos da Embrapa Arroz e Feijão, localizada em Santo Antônio de Goiás, na safra 2011/2012. O teor de água inicial foi de 9,6% b.u., determinado pelo método padrão da estufa, à temperatura de 105±3°C, durante 24 h, em três repetições (Brasil, 2009). Para a determinação do tamanho dos grãos foram medidas as dimensões dos eixos ortogonais (comprimento, largura e espessura), em cinquenta grãos, com o auxílio de um paquímetro digital com precisão 0,01mm.

Após a determinação das medidas dos eixos ortogonais, a esfericidade foi estimada conforme a Equação 1 de Mohsenin (1978).

$$S = \frac{a \cdot b \cdot c^{\frac{1}{2}}}{\alpha} \cdot 100 \quad (1)$$

em que,

S = esfericidade, %;

a = medida do maior eixo do grão, m;

b = medida do eixo normal ao eixo a, m;

c = medida do eixo normal aos eixos a e b, m.

A circularidade dos grãos de arroz foi estimada pela Equação 2, considerando a posição de repouso natural dos grãos (Mohsenin, 1978).

$$C = \frac{d_i}{d_c} \cdot 100$$

(2)

em que,

C = circularidade, %

 d_i = diâmetro do maior círculo inscrito (eixo b), m; d_c = diâmetro do menor círculo circunscrito (eixo a), m.

A massa específica aparente (ρ_{ap}), expressa em kg m^{-3} , foi determinada utilizando-se uma balança de peso hectolitro, com capacidade de 1/4 litros, em três repetições. A massa específica unitária (ρ_u), expressa em kg m^{-3} , foi obtida em função da porosidade e da massa específica aparente de acordo com a Equação 3, descrita por Mohsenin (1978).

$$\rho_u = \frac{\rho_{ap}}{(1-\varepsilon)} \quad (3)$$

em que:

(ρ_{ap}): massa específica aparente, kg m^{-3} ;(ρ_u): massa específica unitária, kg m^{-3} ; ε : porosidade, %.

Para determinação do ângulo de repouso foi utilizado o equipamento sugerido por Benedetti e Jorge (1987). O equipamento consiste em uma caixa retangular de dimensões (0,30 × 0,20 × 0,40 m), construída em vidro e madeira com uma transparência afixada no vidro, no qual foram plotados ângulos de 0 a 90 ° com intervalos de 2°. A porosidade foi determinada pelo método do deslocamento de líquido (óleo vegetal) utilizando-se uma bureta de 50 ml e amostras de arroz acondicionadas em recipiente de volume conhecido. As propriedades térmicas foram obtidas através do aparelho KD2 Pró – Decagon®, utilizando a sonda SH1. As amostras foram acondicionadas em recipientes de volume conhecido e mantidas em repouso em um dessecador para equilíbrio da temperatura da massa de grãos. Inseriu-se a sonda, composta de duas agulhas e realizou-se a leitura, num intervalo de 10 minutos, da condutividade térmica (K), do calor específico (C_p) e da difusividade térmica (α).

As propriedades aerodinâmicas foram obtidas mediante a determinação da velocidade terminal experimental, a qual foi avaliada por meio de um equipamento de coluna de ar. Esse dispositivo é composto por um ventilador centrífugo conectado a um tubo de acrílico transparente, com diâmetro de 0,15 m e 2 m de comprimento. Uma tela perfurada foi instalada a 1 m da parte superior, onde as amostras foram colocadas. Já a 1,75 m foi acoplado um reticulador, para uniformizar a distribuição da velocidade do ar na seção transversal do tubo. O ventilador foi acionado por um motor trifásico de 0,735 kW e o controle do fluxo de ar foi efetuado por meio de um inversor de frequência. As leituras da velocidade do ar foram realizadas por meio de um termo anemômetro de pás digital, disposto na parte superior e central do cilindro de acrílico. A cultivar BR IRGA 409 apresentou grãos maiores em relação a BRS PRIMAVERA, com diferença de 6,65%, 2,5 % e 2,9 % no comprimento, largura e espessura, respectivamente (Tabela 1). Shittu et al. (2012) avaliando as características físicas de quatro diferentes variedades de arroz com casca também encontraram diferenças significativas no comprimento (variando de 9,27 a 10,27 mm), na largura, (de 2,74 a 3,33m) e na espessura (de 1,91 a 2,25mm), em relação as variedades avaliadas.

As duas cultivares se diferenciaram significativamente em relação à circularidade, esfericidade e ângulo de repouso. No diâmetro equivalente não se observa tal diferença. Mir et al. (2013) ao estudar as propriedades físicas de sete variedades de arroz cultivadas na Índia, verificou diferenças significativas na esfericidade, ângulo de repouso e também no diâmetro equivalente que variaram de 32,7 a 52,7%; 36,9 a 41,1°; 3,60 a 3,79mm, respectivamente. Em relação ao ângulo de repouso, independentemente da cultivar, os resultados encontrados nesse trabalho foram relativamente menores que os apresentados por Brooker, *apud* Silva e Corrêa (2000), onde afirmam que o ângulo de repouso do arroz, com teor de água 12% de

b.u., é aproximadamente de 34°, o que se deve, possivelmente, à utilização de cultivares diferentes das utilizadas nesse experimento. Os valores dessas propriedades físicas demonstram a variabilidade do tamanho e da forma para as duas cultivares, mostrando a necessidade de ajustar

tecnologias em razão das propriedades físicas. Segundo Silva et al. (2003), o dimensionamento inadequado dos equipamentos promove a quebra dos grãos e, conseqüentemente, reduz os preços de comercialização.

Tabela 1. Valores médios dos eixos ortogonais (a, b e c), diâmetro equivalente, circularidade e esfericidade dos grãos de arroz em casca das cultivares BRS PRIMAVERA e BR IRGA 409

CULTIVAR	Eixos (mm)			Diâmetro Equivalente (10 ⁻³ m)	Circularidade (%)	Esfericidade (%)	Ângulo de Repouso
	A	B	C				
BRS PRIMAVERA	9.741a*	2.408a	2.023a	3,68 a	23,1309 a	35,5251 a	17 a
BR IRGA 409	10.436b	2.471b	2.083b	3,68 a	25,3146 b	37,7797 b	21 b

*Médias seguidas pela mesma letra não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Valores médios da massa específica aparente, massa específica unitária, porosidade e massa de mil grãos dos grãos de arroz com casca das cultivares BRS PRIMAVERA e BR IRGA 490

CULTIVAR	Massa Específica Aparente (kg.m ⁻³)	Massa Específica Unitária (kg.m ⁻³)	Porosidade (%)	Massa de Mil grãos (10 ⁻³ Kg)
BRS PRIMAVERA	562,6667 a	1236,01 a	52,27 a	26,03 a
BR IRGA 409	574,6667 a	1277,94 a	53,47 a	26,45 a

*Médias seguidas pela mesma letra não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Já a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade não apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade (Tabela 2). No entanto, Silva et al. 2003, estudando as propriedades físicas durante o beneficiamento de três cultivares de arroz recomendadas a diferentes ecossistemas, reportaram diferenças de massa específica aparente e porosidade para todas as cultivares. A massa de mil grãos também não apresentou diferenças significativas. Entretanto, Pereira (1994), quando estudou as características agrônômicas entre 20 cultivares de arroz de sequeiro e 20 cultivares de arroz irrigado,

encontrou resultados diferentes aos encontrados nesse trabalho, pois foi observado superioridade para as cultivares de sequeiro. Em relação a condutividade térmica, difusividade térmica e calor específico não houve diferença significativa entre as cultivares, fato vantajoso, pois não seria necessária a adequação dos equipamentos utilizados em tais processos (Tabela 3). Segundo Rossi e Roa (1980), para determinar ou prever as mudanças de temperatura interna de um produto sujeito aos processos de secagem e armazenamento necessita-se de conhecimento de sua condutividade térmica, da difusividade térmica e do calor específico do produto.

Tabela 3. Valores médios das propriedades térmicas dos grãos de arroz com casca das cultivares BRS PRIMAVERA e BR IRGA 409

CULTIVAR	Condutividade Térmica (w/m.Cº)	Calor Específico (KJ/Kg.K)	Difusividade Térmica (x 10 ⁻⁶ m ² /s)
BRS PRIMAVERA	0,1388 a*	1,638 a	0,1183 a
BR IRGA 409	0,1315 a	1,474 a	0,1178 a

*Médias seguidas pela mesma letra não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto a velocidade terminal não houve influência da cultivar nos valores obtidos para ambas cultivares, sendo de 3,07 m.s⁻¹ para BRS PRIMAVERA e 3,14 m.s⁻¹ BRS IRGA 409. Esses valores são relativamente menores que os encontrados por Benedetti (1987), que foram de 8,17; 8,86; 8,69 e 8,41 m.s⁻¹ para os teores de água de 11,32; 15,73; 19,35 e 25,48 %, respectivamente. O resultado encontrado corrobora os resultados de Joshi et al. (1993) que afirmam ser a velocidade terminal varia em razão do teor de água. Conclui-se então que os grãos da cultivar BR IRGA 409 apresentam valores maiores de circularidade, esfericidade e ângulo de repouso, sendo, portanto maiores que os da cultivar BRS PRIMAVERA. Os valores de massa específica aparente, massa específica unitária, porosidade e massa de mil grãos não apresentam diferença entre as duas cultivares. As propriedades térmicas e a velocidade terminal não sofreram influência em relação às cultivares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afonso Júnior PC (2001) Aspectos físicos, fisiológicos e de qualidade do café em função da secagem e do armazenamento. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (MG, BRASIL).

Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009) Regras para análise de sementes. Brasília, 399.

Benedetti BC, Jorge JT (1987) Influência do teor de umidade sobre o ângulo de talude de vários grãos *Ciência e Cultura*, 39:189-192.

Benedetti BC (1987) Influência do teor de água sobre propriedades físicas de vários grãos. Campinas: Universidade Estadual de Campinas (SP, BRASIL).

Santos AD, Rabelo R (2008) Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins. Embrapa Arroz e Feijão, 218:136.

Ito AP, Amendola M, Park KJ (2003) Determinação da condutividade térmica de grãos de soja. *Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha*, 5:76-81.

Joshi DC, Das SK, Mukherjee RK (1993) Physical properties of pumpkin seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 54:219 - 229.

Kazarian EA, Hall CW (1965) Thermal properties of grain. *Transactions of ASAE*, 8:33-38.

Kischel E, Fidelis RR, Santos MM, Brandão DR, Cancellier ER, Nascimento IR (2011) Efeito do nitrogênio em genótipos de arroz cultivados em várzea úmida do Estado do Tocantins. *Revista Ceres*, 58:84-89.

Mir SA, Bosco SJD, Sunooj KV (2013) Evaluation of physical properties of rice cultivars grown in the temperate region of India. *International Food Research Journal*, 20:1521-1527.

Mohsenin NN (1978) Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Publishers, 841.

Pereira JÁ (1994) Comparação agronômica entre cultivares de arroz de sequeiro e irrigado. *Agropecuária Técnica*, 13.

Resende O, Correa PC, Goneli ALD, Ribeiro DM (2008) Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. *Ciência e Agrotecnologia*, 32:225-230.

Rossi SJ, Roa G (1980) Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com o uso de energia solar e ar natural. *Academia de Ciências do Estado de São Paulo*, 295.

Santos AB, Stone LF, Vieira NRA (2006) A cultura do arroz no Brasil. *Embrapa Arroz e Feijão*, 2ª. ed. rev. e ampliada, 1000.

Shittu TA, Olaniyi MB, Oyekanmi AA, Okeleye KA (2012) Physical and water absorption characteristics of some improved rice varieties *Food Bioprocess Technol*, 5:298-309.

Silva F, Corrêa PC, Goneli ALD, Ribeiro RM, Afonso Júnior PC (2003) Efeito do beneficiamento nas propriedades físicas e mecânicas dos grãos de arroz de distintas variedades. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 5:33-41.

Silva JS, Corrêa PC Estrutura, composição e propriedades dos grãos. In: Silva, J.S. *Secagem e armazenamento de produtos agrícolas*. Juiz de Fora: Instituto Maria, 2000. cap. 2. p. 19-35.

Yadav BK, Jindal VK (2001) Monitoring milling quality of rice by image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 33:19-33.