

Morfologia de grão e qualidade protéica em variedades de arroz vermelho

Morphology of grain and quality protein in red rice variety

Alexandra de Paiva Soares¹, Sânia Lúcia Camargos²

¹ Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical. Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT E-mail: agropaivas@yahoo.com.br;

² Departamento de solos. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/Famev/UFMT.

Recebido: 28/10/2008

Aceito: 30/09/2009

Resumo. O arroz vermelho tem sua importância na culinária, cultura e na economia da região nordeste, podendo ser uma alternativa para pequenos agricultores e para agricultura de subsistência. Este trabalho teve por objetivo caracterizar a morfologia dos grãos de arroz (comprimento, largura e relação comprimento/largura), a proteína bruta e as frações protéicas (prolamina, albumina e globulina, glutelina). Foram estudadas seis variedades de arroz vermelho e duas variedades de arroz branco. No estado do Espírito Santo, foram coletadas as variedades Vermelho 1 e Vermelho 2, em Minas Gerais Vermelho 3 e Vermelho 4 e no Rio de Janeiro, Vermelho grande e Vermelho Pequeno. As variedades de arroz branco (IR 08, Caiapó) foram utilizadas como testemunhas. Foram feitas as medições dos grãos em relação ao comprimento/largura e foram extraídas a proteína bruta e as frações protéicas de todas as variedades. Houve uma grande variação nas medidas de comprimento e largura como também nos teores protéicos. O teor protéico do arroz vermelho pode ser superior ao do arroz branco e grãos provenientes do mesmo local de cultivo possuem relações de comprimento e largura e teores protéicos similares.

Palavras-chave: comprimento e largura, frações protéicas, proteína bruta.

Abstract. Red rice has its importance in the culinary art, culture and in the economy of the northeast region and it can be an alternative for small farmers and for the subsistence agriculture. This text aimed at characterizing the morphology of the rice grains (length, width and length/width ratio), the crude protein and the protein fractions (prolamin, albumin and globulin, glutelin). Six varieties of red rice and two of white rice were studied. The varieties Red 1 and Red 2 were collected in the state of Espírito Santo, Red 3 and Red 4 in Minas Gerais and big Red and small Red were collected in Rio de Janeiro. The varieties of white rice (IR 08, Caiapó) were used as checks. The measurements of the grains were performed in relation to length/width and the crude protein and the protein fractions were extracted from all the varieties. There was a great variation in the length and width measurements as well as in the protein contents. The protein content of the red rice can be superior to that of the white rice and grains that come from the same cultivation site have length and width ratio and similar protein contents.

Key-words: length and width, protein fractions, crude protein.

Introdução

O arroz vermelho foi a primeira variedade de arroz cultivada no Brasil, de acordo com Pereira (2004) ele foi introduzido no século XVII primeiramente no estado da Bahia e em seguida no estado do Maranhão onde foi bem aceito e disseminado entre os lavradores da região nordeste. Entretanto em 1772 foi proibido de ser cultivado por determinação da Coroa de Portugal que apenas tinha interesse no comércio do arroz branco.

A denominação “arroz vermelho” deve-se à coloração avermelhada do pericarpo dos grãos, devido ao acúmulo de tanino (OGAWA, 1992) ou de antocianina (PANTONE & BEKER, 1991). A forma mais conhecida atualmente é a da espécie *Oryza sativa*, considerada planta invasora por causar prejuízos às lavouras de arroz branco (FONSECA et al., 2006) consagrado como padrão comercial. Todavia em algumas regiões brasileiras, principalmente no Nordeste, ele é cultivado e constitui um dos principais pratos da culinária regional, sendo utilizado também no controle de diarreias, na dieta de mulheres parturientes (PEREIRA & RAMOS, 2004), além de possuir compostos conhecidos por inibir a atividade da enzima necessária à produção de colesterol (HEBER, 1999).

O seu cultivo é praticado com sementes “crioulas” ou variedades locais, as quais são selecionadas e mantidas pelas comunidades tradicionais favorecendo a manutenção da variabilidade genética (FONSECA et al., 2004).

Entre as variedades de arroz vermelho encontradas existem diferenças expressivas, especialmente em relação ao teor de proteína que é em média de 7,5%, podendo oscilar entre 5% e 13% em função das diferenças varietais (KENNEDY & BURLINGAME, 2003). Sua proteína é constituída por diferentes frações protéicas; albumina, globulina, prolamina e glutelina (VELOSO NAVES, 2007).

A glutelina é a proteína de armazenamento principal do endosperma do arroz (JIANG et al., 2003) e contém os oito aminoácidos essenciais necessários à nutrição humana (JULIANO, 1985), além de apresentar os teores mais elevados do aminoácido essencial lisina (SGARBIERI, 1996; TAIRA, 1995).

As proteínas de reserva são abundantes e correspondem a aproximadamente 80% do total contido na semente, seu aumento no grão está relacionado com o crescimento vegetativo (TURLEY & CHING, 1986). A proporção de cada fração no grão de arroz integral está dentro dos seguintes limites: albumina + globulina 3,0 a 30,9 %, prolamina 1,6 a 20,6 % e glutelina 55 a 88,1 % (LÁSZTITY, 1986).

Os grãos de arroz também variam quanto ao formato. No Brasil, recomenda-se o grão integral em forma de cateter, mais curto e mais energético. Existe também o grão em formato de agulha, que possui as mesmas propriedades, mas com menos amido.

As duas medidas básicas que podem definir o tamanho do grão são comprimento e largura. Sapirstein (1995) define o comprimento como sendo o maior

eixo longitudinal do grão e a largura o maior eixo perpendicular ao comprimento. A qualidade morfológica do grão é uma característica complexa, e por isso seu estudo vem sendo realizado por meio dos componentes envolvidos (BOTHONA et al., 1999).

Considerando a importância do arroz vermelho na culinária, na cultura e seu emprego medicinal em alguns Estados brasileiros, este trabalho tem por objetivo caracterizar a morfologia dos grãos e as concentrações protéicas dessas variedades que vem sofrendo erosão genética, ampliando dessa forma as alternativas de alimentação e cultivo, principalmente dos pequenos agricultores.

Material e Métodos

Esse estudo foi realizado no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). As variedades utilizadas neste trabalho são provenientes de campos de cultivo em três estados brasileiros: Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais (Tabela 1). Os grãos foram coletados em dezembro de 2005 e encaminhados ao laboratório de Nutrição Mineral de Plantas para que fossem realizadas as análises protéicas e medições dos parâmetros morfológicos dos grãos.

Tabela 1. Variedades estudadas e local de procedência

VARIEDADES	CIDADE	ESTADO
Vermelho 1 e 2	Laranja da Terra	Espírito Santo
Vermelho 3 e 4	São João da Mata	Minas Gerais
Vermelho grande e vermelho pequeno	Seropédica (Campus UFRRJ)	Rio de Janeiro
Caiapó	Seropédica (Campus UFRRJ)	Rio de Janeiro
IR 08	IRRI (Instituto)	Filipinas (País)

Os grãos das variedades Vermelho 1, 2, 3,4, Vermelho pequeno, Vermelho grande, e testemunhas Caiapó e IR 08 foram submetidos à análise das proteínas bruta, de reserva e dos parâmetros morfológicos como comprimento, largura e relação comprimento e largura.

Nos grãos de cada variedade foi determinado o teor de nitrogênio mediante a técnica de digestão sulfúrica (TEDESCO, 1995) em amostras de 20 grãos descascados e pesados. O resultado de cada amostra foi multiplicado por 5,95, fator baseado em 16,8% de glutelina, que é a principal proteína de reserva do arroz (JULIANO, 1985).

Para realizar a extração de proteínas os grãos foram descascados e moídos até serem transformados em farinha que atravessasse peneira de 60 mesh.

Cerca de 0,1 g de farinha foram transferidos para um tubo de centrifuga para a extração sequencial das proteínas. A extração sequencial das proteínas foi feita segundo Souza (1990) e o teor de proteína nos sobrenadantes correspondente a cada extração foi determinado segundo Bradford (1976). Em 0,1 ml do extrato protéico foram adicionados 5ml de solução azul brilhante de coomassie G-250 (100mg de azul brilhante de Coomassie G-250 + 50ml de Etanol 50% + 100ml de ácido Fosfórico 85%). Após 2 minutos de incubação, a densidade ótica a 595 nm foi medida com um padrão de BSA (albumina de soro bovino) de 10-1000mg 0,1ml⁻¹.

As medidas de comprimento e largura foram obtidas com o auxílio de um paquímetro, realizando-se 20 repetições, de cada parâmetro para cada variedade analisada. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Saeg.

Resultados e Discussão

As medidas morfológicas de comprimento e largura avaliadas neste trabalho foram bastante diferenciadas e com grande variabilidade entre os grãos das variedades estudadas. Não houve diferenças significativas entre os grãos de arroz vermelho e as testemunhas caiapó e IR08 (Tabela 2).

A variedade Vermelho Pequeno apresentou o maior comprimento em relação às demais, assim como Vermelho 1 apresentou a maior largura. A grande variação na largura dos grãos pode estar relacionada aos diferentes locais que essas variedades foram cultivadas. Murphy & Frey (1962) encontraram valores de herdabilidade de 0,51 para o comprimento e de 0,35 para a largura do grão de aveia e eles atribuíram os valores de herdabilidade desses caracteres ao fato de que a largura, assim como o peso dos grãos, são definidos até três semanas após a antese, estando sujeita a maior efeito do ambiente, enquanto que o comprimento do grão é definido ao redor de oito dias após a antese (CABRAL et al., 2001).

No arroz Vermelho 2 verificou-se grãos pequenos, ou seja, com comprimento e largura encurtados. A variedade Vermelho 4 possui os grãos mais arredondados, dessa forma estes são classificados como grão japonico enquanto que Vermelho Pequeno por ter grãos finos e longos são classificados como indico (Tabela 2).

A menor relação comprimento/largura está relacionada ao formato arredondado como o IR 08 e o Vermelho 4, ao passo que grãos com uma grande relação comprimento/largura são mais finos e longos como a variedade Caiapó.

Em um estudo realizado por Araújo et al. (2003) foi encontrada uma correlação significativa ($R^2= 0,82$) entre o teor de proteína bruta dos grãos, menor comprimento e menor razão comprimento/largura, ou seja, os maiores acúmulos

de proteína bruta ocorrem em variedades que apresentam as menores relações comprimento/largura do grão, o que difere dos dados encontrados neste trabalho onde as relações de comprimento e largura não se correlacionam com os teores protéicos apresentando um coeficiente de correlação baixo ($R^2= 0,33$).

Dahlberg et al. (2002) classificaram 8.000 sementes de sorgo, fazendo distinção entre as variedades, utilizando apenas a análise morfológica das sementes. Segundo estes autores, a análise morfológica da semente é viável e eficiente para diferenciar variedades.

Tabela 2. Comprimento, largura e relação comprimento/largura de grãos de arroz.

Variedades	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Relação C/L (cm)
CAIAPÓ	0.65 a	0.23 bc	2.79 ab
V. GRANDE	0.61 ab	0.18 d	3.35 a
VER. 2	0.59 bc	0.24 abc	2.45 bcd
VER 1	0.55 bcd	0.27 a	2.03 cd
VER 4	0.55 bcd	0.22 bc	2.38 bcd
IR 08	0.54 cd	0.26 ab	2.09 cd
V. PEQUENO	0.53 cd	0.21 cd	2.56 bc
VER 3	0.51 d	0.26 ab	1.96 d
CV (%)	4,46	6,84	9,99

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O grão da variedade Vermelho Pequeno é classificado como longo-fino. Trata-se de uma característica varietal de grande importância, contudo existem consumidores que preferem grãos curtos e arredondados. Guimarães (1989) constatou um diferencial de preço de 23,2% em favor do arroz irrigado no Brasil, em consequência simplesmente, das diferenças de tamanho e forma dos grãos, quando comparado com o arroz de sequeiro. A preferência por um tipo de arroz é pessoal e relacionada com a tradição de consumo das pessoas (BATTACHARYA & ALI, 1985).

Os valores de proteína bruta encontrados nas variedades estudadas se encontram entre 4,12 e 6,52%, (Tabela 3) considerados baixos e diferindo dos valores encontrados por Kennedy & Burlingame (2003) que oscilavam entre 5% e 13% pelas diferenças varietais.

A proteína bruta do grão é a forma de se avaliar a qualidade nutricional da variedade (DECKARD et al., 1994) e os teores encontrados neste trabalho podem ter tido o seu valor nutritivo influenciado pelas condições de cultivo em que essas variedades foram conduzidas (GRIST, 1978). O mais interessante no

processo de ganho de proteína nos grãos é que ele é acompanhado por uma redução no teor de carboidratos (JULIANO, 1993).

Quando se compara a variedade caiapó com a variedade vermelho pequeno, observa-se diferença estatística, indicando assim que variedades de arroz vermelho podem ser superiores no aspecto nutricional às variedades de arroz branco (Tabela 3).

Notou-se uma grande variação no teor protéico das variedades avaliadas e isto pode estar relacionado a diferenças varietais como confirmado por (KENNEDY & BURLINGAME, 2003), mas também a fatores ambientais como intensidade de luz, temperatura do ar e disponibilidade de água (CAGAMPANG et al., 1976)

Ferraz Junior et al. (2001) usaram variedades locais do estado do Maranhão e constataram que algumas apresentaram teores diferentes de proteína bruta quando cultivadas no Rio de Janeiro ou no Maranhão, enquanto que outras, os teores de proteína bruta se mantiveram constantes, fato este que levanta a questão dos possíveis mecanismos de adaptação que as variedades desenvolvem em seus locais de cultivo. No entanto, poucos estudos têm sido realizados com relação aos efeitos ambientais e suas interações no acúmulo das frações protéicas durante o enchimento do grão.

O relato dos autores citados acima explica provavelmente a variação nos teores protéicos encontrados neste trabalho, associada à morfologia do grão, como visto na Tabela 2. É possível inferir que essas variedades tenham características e potenciais produtivos distintos e não tenham recebido condições mínimas de fertilidade e ambiente para alcançarem máxima qualidade nutricional.

A variedade Vermelho 2 possui baixo valor de proteína bruta, porém o maior valor de glutelina que é a principal proteína de reserva do arroz, que indica uma qualidade nutricional superior (Tabela 3). Essa característica apresentada pelo Vermelho 2 difere dos dados encontrados por Sherrard et al. (1984) onde o aumento da proteína bruta é acompanhado pelo aumento da glutelina, que é a proteína determinante da qualidade nutricional do grão.

A variedade Caiapó possui um valor alto de globulina mais albumina (Tabela 3) visto que são proteínas ricas em aminoácidos e desejáveis na composição dos cereais (DECKARD et al. 1994) além dessa qualidade essa variedade também possui o menor valor de prolamina, que é considerada uma proteína de baixo valor nutricional por apresentar em sua composição baixos níveis dos aminoácidos lisina, triptofano e treonina. Essa fração protéica é rica em ácido glutâmico (21-26%), leucina (20%), prolina (10%) e alanina (10%), deficiente em aminoácidos ácidos e básicos.

Tabela 3. Proteína bruta (PB) e frações protéicas; prolamina (PRO), albumina e globulina (ALB+GLOB), glutelina (GLU) de grãos de arroz vermelho (V).

VARIETADES	P B (%)	PRO (%)	ALB+GLOB (%)	GLU (%)
CAIAPO	6,04 b	3,5 d	43,43 a	53,06 e
V. GRANDE	5,77 bc	8,37 bc	20,99 d	70,58 bc
VER. 2	4,81 e	7,48 c	15,33 f	77,18 a
VER. 1	5,52 cd	8,40 bc	22,82 c	68,77 c
VER. 4	5,45 cd	11,06 a	19,30 e	69,62 c
IR 08	5,4 d	8,45 b	16,18 f	75,36 a
V. PEQUENO	6,52 a	4,34 d	31,95 b	63,70 d
VER. 3	4,12 f	11,19 a	16,17 f	75,13 ab
CV (%)	2,85	5,02	2,05	2,83

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Encontrou-se neste trabalho altos teores de prolamina nas variedades Vermelho 3 e Vermelho 4 (Tabela 3). A prolamina tem um conteúdo alto dos aminoácidos glutamina e prolina e pouca ou nenhuma lisina e triptofano. A ausência notável de lisina e triptofano está ligada ao balanço de N o que implica baixa disponibilidade desse nutriente nos solos em que essas variedades foram cultivadas.

Das frações protéicas, a albumina contém o mais alto nível de aminoácidos essenciais e a prolamina o mais baixo, especialmente de lisina. A globulina possui balanço de aminoácidos similar ao da proteína total, enquanto que a glutelina possui teor de aminoácidos essenciais intermediários (DECKARD et al. 1994).

A variedade Vermelho Pequeno contém o maior teor de proteína bruta e a melhor distribuição das frações protéicas entre as variedades de arroz vermelho estudadas, ou seja, possui baixos teores de prolamina, bons teores de albumina e globulina e altos teores de glutelina (Tabela 3).

A distribuição das frações protéicas entre todas as variedades estudadas neste trabalho se diferem dos dados encontrados por Juliano (1993), onde a albumina mais globulina estão em torno de 15%, a Prolamina 5 a 8% e a glutelina de 77 a 80%, podendo se inferir que neste trabalho o ambiente onde essas variedades foram cultivadas estava com níveis de fertilidade muito aquém do ideal para que as mesmas pudessem expressar seus potenciais protéicos.

Conclusões

As variedades de arroz vermelho podem apresentar teores de proteína superiores aos apresentados por variedades de arroz branco. Observou-se que grãos provenientes de diferentes locais possuem formato e teor protéico distintos ao passo que grãos provenientes de mesmo local possuem semelhança na distribuição das proteínas e nas relações de comprimento e largura.

Referências

- ARAÚJO, E.S.; SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Características morfológicas e moleculares e acúmulo de proteína em grãos de variedades de arroz do Maranhão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1281-1288, 2003.
- BATTACHARYA, K.R.; ALI, S.Z. Changes in rice during parboiling, and properties of parboiled rice. **Advances in Cereal Science & Technol.**, cap. 3, p. 105-67, 1985.
- BOTHONA, C.R.A.; MILACH, S.C.K.; THOMÉ, G.H.; CABRAL, C.B.; TISIAN, L.M.; MELLOS, G.O. Critérios para avaliação da morfologia do grão de aveia para o melhoramento genético da qualidade física. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 613-618, 1999.
- BRADFORD, M.M. Rapid and sensitive method quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye-bindin. **Anal. Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.
- CABRAL, C.B.; MILACH, S.C.K.; PACHECO, M.T.; CRANCIO, L.A. Herança de caracteres morfológicos de grãos primários em aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, 2001.
- CAGAMPAMG, G.B.; PERDON, A.A.; JULIANO, B.O. Changes in salt soluble proteins of rice during grain development. **Phytochemical**, v. 15, p. 1425-29, 1976.
- DAHLBERG, J.A.; ZHANG, X.; HART, G.E.; MULLET, J.E. Comparative assessment of variation sorghum germplasm accessions using seed morphology and RAPD measurements. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 1, p. 291-296, 2002.
- DECKARD, E.L.; TSAI, C.Y.; TUCKER, T.C. Effect of nitrogen nutrition on quality of agronomic crops. In: HAUCK, R.D. (ed.). **Nitrogen nutricional in crop production**. Madison, Wisconsin, USA: Asa, CSSA, SSSA, 1994. p. 601-615.
- FERRAZ JUNIOR, A.S.L.; SOUZA, S.R.; STARK, E.M.L.M.; FERNANDES, M.S. Crude protein in rice grown in different environmental conditions. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, New Delhi, v. 7, n. 2, p. 149-157, 2001.
- FONSECA, J.R.; VIEIRA, E.H.N.; PEREIRA, J.A.; CUTRIM, V.A. Descritores morfoagronômicos de cultivares tradicionais de arroz coletados no Maranhão. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 293, p. 45-56, 2004.

- FONSECA, J.R., PEREIRA, J.A., SILVA, S.C., RANGEL, P.H.N., BRONDANI, C. Resgate de arroz vermelho (*Oryza Sativa L.*) nos estados da Paraíba e Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 2.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ – RENAPA, 8., 2006, Brasília, DF. **Anais...** Brasília/DF: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644; 196).
- GRIST, D.H. Nutritional value of rice. In: GRIST, D.H. **Rice**. 5th ed. New York: Longman, 1978. cap. 19, p. 449-472.
- GUIMARÃES, E.P. **Qualidade de grão em arroz**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1989. 14p. Trabalho apresentado na Reunião da Comissão Técnica de Arroz da Região II, Campinas, 1989.
- HEBER, D.; YIP, I.; ASHLEY, J.M. et al. Cholesterol-lowering effects of a proprietary Chinese red-yeast-rice dietary supplement. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, p. 231-236, 1999.
- JIANG, S.M.; ZHU, S.S.; LIU, S.J.; JIANG, L.; XU, L.L.; WAN, J.M. **Screening and genetic analysis of rice glutelin mutant**. *Yi Chuan Xue Bao*. 30, p.641-645 (translated from the Chinese), 2003.
- JULIANO, B.O. Polysaccharides, proteins and lipids of rice. In: JULIANO, B.O. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. 2nd ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985. p. 59-175.
- JULIANO, B.O. Grain structure, composition and consumers' criteria for quality. In: JULIANO, B.O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO, 1993. cap. 3, 162p.
- 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.
- LÁSZTITY, R. The chemistry of cereal proteins. **Boca Raton**. Flórida: CRC press Inc., 1986. 203p.
- MURPHY, C.F.; FREY, K.J. Inheritance and heritability of seed weight and its components in oats. **Crop Science**, Madison, v. 2, p. 509-512, 1962.
- OGAWA, M. **Red rice: chemistry and organism**, Japan, v. 30, p. 385-388, 1992.
- PANTONE, D.J., BAKER, J.B. Weed-crop competition models and response-surface analysis of red rice competition in cultivated rice: a review. **Crop Science**, v. 31, p. 1105-1110, 1991.
- PEREIRA, J.A.; RAMOS, S.R.R. **Cultura do arroz-vermelho (*Oryza sativa L.*) no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. (Embrapa Meio-Norte. Folder).
- PEREIRA, J.A. **O arroz-vermelho cultivado no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 90p.
- SAPIRSTEIN, H.D. Variety identification by digital image analysis. In: WRIGLEY, C.W. (Ed.). **Identification of food-grain varieties**. St. Paul: American Association of Cereal Chemistry, 1995. p. 91-130.

SOARES et al.

SGARBIERI, V.C. Fontes de proteínas na alimentação. In: SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo: Varela, 1996. cap. 2, p. 139-257.

SHERRARD, J.H.; LAMBERT, R.J.; MESSMER, M.J.; BELOW, F.E.; HAGEMAM, R.H. Plant breeding for efficient plant use of nitrogen. In: HAUCK, R.D. (Ed.) **Nitrogen in crop production**, ASA, CSSA, SSSA, Madson, Winconsin, USA, 1984.

TEDESCO, M.J. **Análise de solo, plantas e outros minerais**. UFRGS: Depto. de Solos. Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 1995. 174p.

TURLEY, R.H.; CHNG, T.M. Physiological responses of barley leaves to foliar applied urea-ammonium nitrate. **Crop Science**, v. 26, p. 987-993, 1986.

VELOSO NAVES, M. Características químicas e nutricionais do arroz. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, América do Sul, v. 25, 30/07/2007.