

Fertilização Nitrogenada na absorção de nutrientes e rendimento de grãos em arroz irrigado

Expedito Alves Cardoso⁽¹⁾,
Moacil Alves de Souza⁽²⁾,
Paulo Cezar Rezende Fontes⁽²⁾
Tocio Sedyama⁽²⁾

1. Professor/Pesquisador da UnitinsAgro, Palmas-TO. expedito.ac@unitins.br
2. Professor do Depto. Fitotecnia da UFV, Viçosa-MG. CEP.:36.570-000

Resumo: Com o objetivo de avaliar o efeito de doses de nitrogênio (N) sobre o desempenho de quatro cultivares de arroz irrigado, indicadas para cultivo em região tropical, e sobre a capacidade de absorção de nutrientes, foi desenvolvido um experimento na Estação Experimental do Fundão, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com cinco repetições. As doses de N: 0, 50 100, 150, 200 e 400 kg ha⁻¹, constituíram a parcela principal, e as subparcelas as cultivares: BRS Alvorada, BRS Jaçanã, BRS Tropical e Metica1. Foi verificado que a adubação nitrogenada influencia a absorção dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e eleva a produtividade da cultura, havendo resposta econômica com a dose de 254 kg de N por hectare. A qualidade dos grãos é afetada positivamente pela adubação nitrogenada e o rendimento de grãos varia com a cultivar.

Palavras-chave: Orizicultura, nutrição mineral, qualidade de grãos.

Nitrogen fertilization in nutrient absorption and grains yield on irrigated rice

Abstract: For evaluating the effect of nitrogen (N) doses on the performance of four cultivars of irrigated rice, suitable for cultivation in a tropical region, and the ability to absorb nutrients, an experiment was carried out at Estação Experimental do Fundão (Fundão Experimental Station), Federal University of Viçosa, Viçosa City, Minas Gerais State, Brazil. The experiment was in randomized blocks design in split plots with five replications. Nitrogen doses of 0, 50 100, 150, 200, and 400 kg ha⁻¹ formed the main plot, and BRS Alvorada, BRS Jaçanã, BRS Tropical, and Metica1 cultivars formed the subplots. It was found that nitrogen fertilization influences the macronutrients absorption (N, P, K, Ca, Mg, and S) and increases the crop productivity, with economic response for 254 kg of N dose per hectare. Grains quality is positively affected by nitrogen fertilization and grains yield varies with the cultivar.

Keywords: rice culture, mineral nutrition, grains quality.

Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das fontes alimentícias mais importantes para cerca da metade população humana mundial (UNFPA, 2010), sendo alimento básico, principalmente, nos países em desenvolvimento, e consiste em 27% de consumo de energia e 20% de proteínas (FAO, 2003). O arroz é cultivado em torno de 116 países, tanto em regiões tropicais como temperadas. Vários problemas comprometem a capacidade de satisfazer as necessidades futuras de arroz como maior relação demanda versus produção e limitação de áreas para o cultivo nos países maiores consumidores.

Do ponto de vista de fertilização do solo a cultura do arroz, juntamente com trigo e milho é dependente de fertilizantes nitrogenados. O nitrogênio (N) é o quinto elemento mais abundante do sistema solar e o componente principal da atmosfera terrestre (78,1% em volume), constituindo-se em elemento essencial para a síntese de ácidos nucléicos e proteínas (Canfield et al., 2010). Sua essencialidade também está relacionada com a formação de pigmentos, hormônios, coenzimas, vitaminas e alcaloides (Floss, 2008).

A deficiência de N resulta em clorose gradual das folhas e interfere negativamente no processo fotossintético, haja vista que faz parte da molécula da clorofila, neste caso, afetando a habilidade da planta em executar funções essenciais, como a absorção de nutrientes (Dechen e Nachtigall, 2006).

A absorção de nutrientes pelas plantas é influenciada por fatores externos e internos inerentes à própria planta. Segundo Cantarela (2006), a absorção de N pode afetar a absorção de outros nutrientes pela alteração do pH na região da rizosfera. Quando o N é absorvido na forma de nitrato ocorre alcalinização, ao passo que quando a absorção é na forma de amônia provoca o aumento da acidez e, nesse caso, como o N é absorvido em grandes quantidades, a mudança de pH pode resultar no aumento ou na redução da solubilidade ou disponibilidade de alguns nutrientes, assim como a qualidade dos grãos.

Na alimentação humana, o arroz é utilizado após o beneficiamento dos grãos, em que se retira a

casca, camada nucelar e o embrião. O percentual de arroz descascado e polido (inteiros ou quebrados) é conhecido por renda no benefício, já o rendimento de grãos é o percentual de grãos inteiros e quebrados, separadamente, para classificação comercial do arroz (Fornasier Filho e Fornasier, 2006). Segundo Vieira (2004), o comportamento do arroz no beneficiamento deve ser considerado no processo de obtenções de cultivares, a fim de atender as exigências do mercado. De acordo com Andrade et al. (1995), além de fatores intrínsecos à cultivar, a qualidade dos grãos pode variar, dependendo das práticas agronômicas realizadas e das condições climáticas verificadas durante o desenvolvimento da cultura.

É sabido que, além do sistema de cultivo, vários outros fatores, como características próprias da cultivar em uso, condições climáticas durante o desenvolvimento, maturação e colheita do grão, condições de processamento e manejo de pós-colheita influenciam o rendimento do arroz beneficiado (Vieira e Rabelo, 2006). No desenvolvimento da cultura o estado nutricional da planta pode ser um dos fatores a influenciar na qualidade dos grãos.

A influência do N sobre o rendimento de grãos tem sido uma variável estudada por diversos autores (Silva e Brandão, 1987; Andrade et al., 1992; Freitas et al., 2001; e Freitas et al., 2007) e sugerem que o efeito da aplicação de N sobre o rendimento de grãos inteiros não é constante e, provavelmente, depende da cultivar e de fatores ambientais.

Portanto, a constante introdução de novas cultivares de arroz com bom potencial produtivo e, geralmente, mais exigentes em nutrientes, necessita de maior atenção na avaliação do estado nutricional e fertilidade do solo. Neste sentido, este trabalho foi desenvolvido com os objetivos de avaliar o desempenho de quatro cultivares tropical de arroz irrigado, quanto ao efeito de níveis de nitrogênio sobre a capacidade de absorção de nutrientes, produtividade e qualidade dos grãos.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental do Fundão, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, no

ano agrícola 2008/09, no município de Viçosa-MG, situada nas coordenadas geográficas: 20°45'S e 42°50'W(Gr.) e altitude aproximada de 650 m. Na Figura 1, são apresentados os dados da temperatura (máxima e mínima), precipitação de chuva e umidade relativa do período referente ao ciclo da cultura. A implantação do experimento foi realizada em um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa com as seguintes características químicas: pH= 4,9; MO= 3,2 dag kg⁻¹; P= 6,3 mg dm⁻³;

K= 48 mg dm⁻³; Ca= 1,8 cmol_c dm⁻³; Mg= 0,5 cmol_c dm⁻³; H+Al= 5,1 cmol_c dm⁻³; Zn= 7,3 mg dm⁻³; Cu= 3,6 mg dm⁻³; Fe= 125 mg dm⁻³ e Mn= 45 mg dm⁻³. A análise granulométrica apresentou 75 dag kg⁻¹ de argila, 16 dag kg⁻¹ de silte e 9 dag kg⁻¹ de areia. As análises, química e granulométrica, foram realizadas de acordo com o manual e métodos de análise do solo da Embrapa (1997), no Laboratório de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

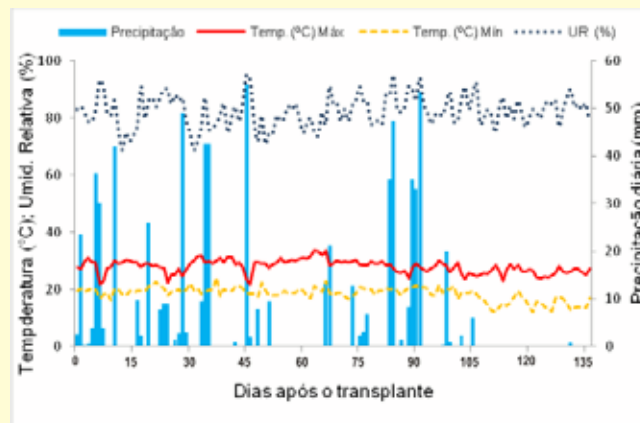


Figura 1. Precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, a partir da data de plantio até a colheita, Viçosa, MG, Safra 2008/2009.

Fonte: Estação meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos ao acaso, com cinco repetições em esquema de parcelas subdivididas. As doses de N constituíram a parcela principal e as cultivares as subparcelas. As parcelas foram separadas por meio de taipas recobertas por lona plástica de 200 micras, de modo a impedir contaminação entre os tratamentos pela infiltração da água de irrigação. As subparcelas foram compostas por seis fileiras de 5 m de comprimento. Os tratamentos consistiram de quatro cultivares de arroz irrigado, recomendadas para clima tropical: BRS Alvorada, BRS Jaçanã, BRS Tropical e Metica1, e seis doses de N: 0, 50, 100, 150, 200 e 400 kg ha⁻¹. As doses de N foram aplicadas 1/3 no momento do transplante, 1/3 aos 27 dias e 1/3 aos 47 dias após o transplante (DAT), tendo como fonte a uréia (45% de N).

O solo foi preparado com uma aração e o destorreamento foi feito com enxada rotativa. A

adubação de base foi realizada antes do transplante de acordo com interpretação da análise de solo, utilizando-se superfosfato simples e cloreto de potássio de acordo com as recomendações de Paula et al. (1999). A adubação foi de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 70 kg ha⁻¹ de K₂O. Os canteiros foram construídos, medindo 10 cm de altura, 1,0 m de largura e 10 m de comprimento. No dia 03 de novembro foi realizado a semeadura com 1000 sementes pré-germinada por m². O transplante foi realizado no dia 30 de dezembro de 2008 quando as mudas atingiram 30 dias após a semeadura no viveiro, utilizando-se o espaçamento de 0,2 x 0,2m entre covas e três mudas por cova. Foi mantida pequena lâmina d'água (2 cm) que foi aumentada até atingir, aproximadamente, 5,0 cm na fase de floração.

Para determinar a produtividade de grãos da parcela útil foi coletada quatro fileiras centrais de 4,0 m, tendo excluído 0,5 m em ambas as extremidades

da parcela. A colheita foi realizada no dia 08 de abril de 2009 quando os grãos atingiram teor de umidade em torno de 20%.

A massa total dos grãos da área útil da parcela foi determinada após secagem dos grãos, com a umidade corrigida para 13% e convertido em kg ha⁻¹. A produtividade máxima econômica (PME) foi obtida por meio da obtenção da dose máxima econômica:

$DME = [(t/w) - b_1] / 2b_2$, em que: *DME* é a dose máxima econômica de N; *t* é o preço de um quilo do arroz em casca; *w* é preço de um quilo de N, valor médio (*t* e *w*) dos últimos 15 anos; *b*₁ é coeficiente de regressão linear; *b*₂ é o coeficiente de regressão quadrática.

Foi colhida uma linha de 1,0 m por parcela com a finalidade de obter o acúmulo de matéria seca da parte aérea da planta, sendo ceifada ao nível do solo. O material colhido foi submetido à secagem em estufa com circulação de ar forçada a 70 °C, até atingir peso constante. Após a secagem as amostras foram pesadas e processadas em moinho tipo Wiley, utilizando peneira de 20 mesh. Posteriormente, as amostras do material vegetal foram submetidas às análises específicas visando a determinação de cada nutriente.

O teor de N-total foi determinado pelo método Kjeldahl, descrito por Bremner (1965), na parte aérea e nos grãos secos. Os demais elementos foram analisados após mineralização pela digestão nítrico-perclórica. Sendo o P determinado por espectrofotometria de absorção molecular, com base no desenvolvimento do complexo fósforo-molibídico em meio redutor (Braga e Defelipo, 1974). O K foi determinado por fotometria de emissão de chama; o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; e o S por medidas turbidimétricas feitas em espectrofotômetro (Blanchar et al., 1965).

O rendimento de engenho foi determinado a

partir do beneficiamento de uma amostra de trabalho de 100 gramas de arroz. O percentual de renda foi determinado pela pesagem direta do produto descascado e polido. Para obtenção do rendimento de grãos utilizou-se o classificador trieur, onde o mesmo foi obtido diretamente em porcentagem, mediante a pesagem dos grãos retidos no trieur (inteiros) e dos grãos retidos no cocho (quebrados).

O modelo estatístico adotado para a análise dos dados do experimento foi o seguinte:

$Y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + (b)_j + t'_k + (tt'')_k + e_{ijk}$, em que: *Y_{ijk}* é o efeito da *i*-ésima dose de N, na *j*-ésima repetição e na *k*-ésima cultivar, μ é a média geral; *t_p* é o efeito *i*-ésima dose de N, na parcela; *b_j* é o efeito da repetição *j*; (*tb*)_{ij} é o erro em nível de parcelas; *t'_k* é o efeito do tratamento Cultivar, em nível de subparcelas; (*tt''*)_{ik} é o efeito da interação de dose N x Cultivar; e *e_{ijk}* é o erro experimental em nível de subparcelas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando o teste F (p<0,05). Para a comparação entre médias utilizou-se o teste de Tukey (p<0,05). Quando significativa, foram feitas análises de regressões e correlações entre os resultados de absorção de nutrientes e produtividade de grãos para doses de N.

Resultados e Discussão

Os resultados referentes ao efeito da fertilização nitrogenada sobre a absorção de macronutrientes e o desdobramento da interação entre doses de N e cultivares estão apresentados na Figura 2. Com base nestes resultados, foi verificado efeito significativo na absorção dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, e S) para doses de N e cultivares (Figura 2).

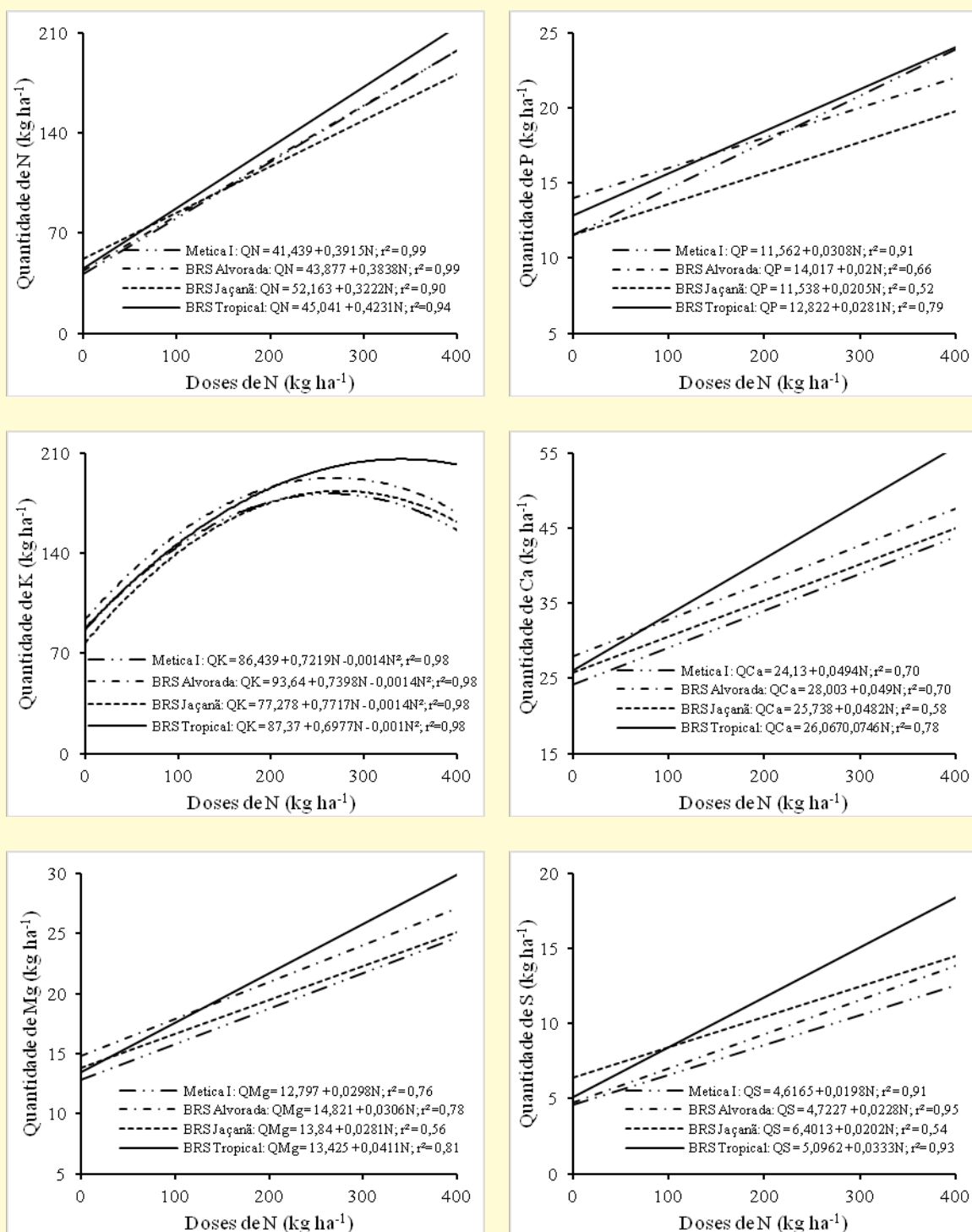


Figura 2. Efeitos de doses de N na absorção dos macronutrientes em quatro cultivares de arroz irrigado.

Analisando estes resultados, observa-se que a absorção de N aumenta linearmente com o incremento das doses, sugerindo que essa maior quantidade de N acumulada nos tecidos resulta em maior produção de fotoassimilados. O N é um dos

principais constituintes da clorofila e pigmentos que absorvem energia solar e desencadeia o processo fotossintético (Taiz e Zeiger, 2006).

Em trabalho realizado por Reis et al. (2005), os autores encontraram resultados semelhantes

e observaram que a taxa de translocação de P para os grãos depende do nível de fornecimento de N para a planta. De acordo com Espindula et al. (2010), o N promove incremento na biomassa e no desenvolvimento vegetativo e espera-se que processos fisiológicos que envolvam reações redox, como respiração e fotossíntese, sejam aumentados. Com isso, é esperado que a concentração de nutrientes, na parte vegetativa, também seja aumentada, uma vez que estes nutrientes estão diretamente ligados a estas reações.

Quanto ao potássio, o incremento da oferta de N, aumentou a absorção deste nutriente, em que os dados ajustaram-se a equação linear quadrática, ou seja, até certo ponto o incremento nas doses de N promoveu acréscimo na absorção de K. É sabido que o nitrogênio promove a expansão foliar, o que faz aumentar a divisão celular e a expansão de células dos vegetais, conseqüentemente ocorre alteração do conteúdo do suco celular. A manutenção da concentração osmótica dos tecidos foliares requer aumento na absorção de K, em quantidade para manter eficazmente a turgescência das células.

Estando com deficiência de potássio há menor síntese de proteína e menor ocorrência de poliaminas e estas são produzidas sempre que houver alta disponibilidade de nitrogênio (Floss, 2008). Possivelmente, seja essa uma das razões para que a adubação de N e K seja equilibrada; se forem utilizadas altas doses de adubação nitrogenada sem aplicação de K pode ocorrer redução no crescimento das plantas. De acordo com Cantarella (2006), a absorção de um elemento eleva a demanda pelo outro; o estímulo do crescimento provocado pela adição de N pode levar a deficiência de K por efeito de diluição e vice versa. O suprimento não balanceado em solos deficientes pode levar a decréscimos na produção e no acúmulo do nutriente.

Os macronutrientes Ca, Mg e S tiveram seus teores aumentados linearmente, em resposta à aplicação de nitrogênio. Espindula et al. (2010) sugerem que o aumento do teor de Ca em função

do aumento da adubação nitrogenada pode estar relacionada à maior necessidade de cálcio nos grãos para formação de parede celular. A cultivar BRS Tropical, em média, absorveu maior quantidade de Ca, em torno de 55 kg ha⁻¹ para a dose máxima aplicada.

Quanto ao Mg é esperado que, com a aplicação de N, os níveis de clorofila nas folhas aumentem e, como consequência, a quantidade de Mg também aumenta.

O incremento nas doses de N aumentou linearmente, o teor de enxofre (S) nos grãos, dobrando a quantidade absorvida para a dose máxima de N aplicada. É importante ressaltar que a única disponibilidade de S no solo foi da utilização do superfosfato simples que contém 12% de S, e o mesmo foi aplicado na mesma dose, em todos os tratamentos.

É sabido que o íon amônio é extremamente tóxico para as plantas e, portanto, são metabolizados rapidamente mediante sua incorporação em aminoácidos. Este aumento pode ser explicado pela presença do S nos aminoácidos cisteína e metionina (Taiz e Zeiger, 2006).

Os dados das médias de seis doses de nitrogênio para as quatro cultivares, referente à absorção de nutrientes na cultura de arroz irrigado, são apresentados na Tabela 1. Os resultados encontrados neste trabalho estão em coerência aos encontrados por outros autores (De Datta, 1981; Fageria et al., 1995; Wielewicky et al., 1998; Fageria et al., 2003), em que a acumulação de nutrientes segue a seguinte ordem: K>N>Ca>P>Mg>Fe>Mn>Zn>Cu (Tabela 1). Para a média geral de doses N e cultivares observou-se que para produção de uma tonelada de grãos de arroz irrigado foram extraídos, em média, 16,75 kg de N, 2,64 kg de P, 23,72 kg de K, 5,59 kg de Ca, 3,03 kg de Mg, e 1,44 kg de S. Informação referente ao acúmulo de matéria seca, da absorção de nutrientes e de sua distribuição na planta (palha e grãos) compõe elementos auxiliares no manejo da adubação.

Tabela 1. Absorção média de nutrientes pela planta de arroz (palha e grãos), com aplicação de doses de nitrogênio.

Cultivares	Absorção de nutrientes (kg ha ⁻¹)*					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Metica I	100,17 a	16,19 ab	141,12 a	31,54 b	17,26 b	7,59 b
BRS Alvorada	101,44 a	17,01 a	150,56 a	35,36 ab	19,42 a	8,14 b
BRS Jaçanã	100,50 a	14,62 b	138,17 a	32,96 b	18,05 ab	9,43 a
BRS Tropical	108,51 a	17,03 a	151,77 a	37,25 a	19,58 a	10,09 a
Média	102,66	16,21	145,41	34,28	18,58	8,81

*Médias para cultivares seguida da mesma letra na coluna, não diferem entre si (Tukey, 5%).

Quanto a exportação de nutrientes (Tabela 2) as cultivares não diferiram em relação ao nitrogênio exportado. Na média das quatro cultivares e das seis doses de N, foram exportados 64,96 dag kg⁻¹ do nitrogênio total pelos grãos. Os resultados são

concordantes com Reis et al. (2005), em que relatam que a exportação média foi de 60 dag kg⁻¹. Esse valor é conhecido também por Índice de colheita de N, sendo este um parâmetro para medir a eficiência de uso e produtividade (Fageria e Santos, 2003).

Tabela 2. Exportação média de nutrientes pela planta de arroz (grãos), com aplicação de doses de nitrogênio.

Cultivares	Exportação de nutrientes (dag kg ⁻¹)*					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Metica I	65,20 a	70,85 b	9,08 a	17,28 a	31,05 a	23,55 a
BRS Alvorada	64,07 a	70,30 b	8,77 a	15,84 ab	29,07 a	22,95 a
BRS Jaçanã	66,44 a	76,07 a	7,49 b	15,11 b	29,19 a	19,65 b
BRS Tropical	64,11 a	75,05 a	8,79 a	15,12 b	29,66 a	18,80 b
Média	64,96	73,07	8,53	15,84	29,74	21,24

*Médias para cultivares seguida da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si (Tukey, 5%).

Uma quantidade adequada de fósforo no solo é essencial para o crescimento normal da planta, sendo extremamente importante para o perfilhamento. As cultivares foram influenciadas pela adubação nitrogenada, sendo que a BRS Jaçanã e a BRS Tropical exportaram maior quantidade de fósforo (Tabela 2) quando comparados a Metica 1 e BRS Alvorada. Segundo Fageria (2006), aproximadamente 65% do fósforo absorvido é exportado pelos grãos. Reis et al. (2005) observaram, também, que a taxa de translocação de P para os grãos depende do nível de fornecimento de N para a planta.

O potássio é um nutriente essencial para vários processos fisiológicos e bioquímicos na planta, sendo extraído em maior quantidade em cultivares modernas de arroz irrigado (Fageria e Santos, 2003). Entretanto, apenas 10% encontra-se nos grãos (Fornasieri Filho e Fornasieri, 2006). A BRS Jaçanã apresentou menor exportação de K. Na média geral

o potássio, dentre os nutrientes estudados é o menos exportado. Valor semelhante foi relatado por Fageria (2006), que para solo de média fertilidade obteve 8,33 dag kg⁻¹ de K exportado.

A cultivar Metica1 exportou maior quantidade de Ca para os grãos, sendo que para Mg não houve diferenças significativas para as cultivares. Segundo Cuntrim et al. (2006), a cultivar BRS Alvorada é oriunda do programa de retrocruzamento entre a cultivar comercial recorrente Metica 1 e a fonte de resistência à brusone Huan-Sen-Go. As duas cultivares têm comportamentos semelhantes e quando comparadas entre si, não diferem na exportação dos macronutrientes, fato indicador de que esta capacidade pode ser uma característica geneticamente controlada.

De maneira geral, os teores médios de macronutrientes exportados, situaram-se dentro das faixas de valores tidas como adequadas para a cultura

do arroz irrigado, conforme os níveis de interpretação propostos por diversos autores (Lopes et al, 1993; Reis et al, 2005; Fageria, 2006).

No que diz a respeito à produtividade de grãos de arroz em casca, observou-se efeito significativo somente para doses de N. A estimativa da média da produtividade de grãos, em função das doses de N aplicadas foi significativa e ajustou ao modelo de regressão quadrática (Figura 3). A produtividade máxima técnica (PMT) foi de 7995

kg ha⁻¹, para a dose de 285,5 kg ha⁻¹. Entretanto, a dose máxima econômica (DME) de N foi de 254 kg ha⁻¹, que possibilitaria uma produtividade máxima econômica (PME) de 7944 kg ha⁻¹. Fageria et al. (2007), trabalhando com 12 genótipos, em dois anos consecutivos, encontrou efeitos significativos entre doses de N e genótipos, entretanto, os dois genótipos BRS Jaçanã e BRS Alvorada que também estavam presentes no referido estudo não diferiram, entre si.

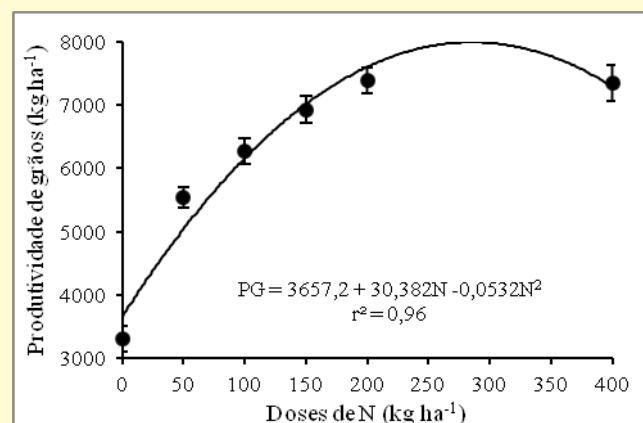


Figura 3. Média de produtividade de quatro cultivares de arroz irrigado em função de doses de nitrogênio (N).

A média geral entre todas as cultivares e as seis doses de N foi de 6130 kg ha⁻¹. Cordeiro e Medeiros (2008), avaliando a cultivar BRS Jaçanã, no estado de Roraima, obtiveram média de 6.607 kg ha⁻¹, valor semelhante ao encontrado neste trabalho. Fabre et al (2011) obtiveram para a referida cultivar uma produtividade média, independentemente da dose de N e época de aplicação, de 5.543 kg ha⁻¹, com mínima de 3.896 kg ha⁻¹ e máxima de 7.162 kg ha⁻¹.

A dose máxima econômica de N encontrada é superior a maioria dos trabalhos e das recomendações brasileiras para cultura do arroz. Fageria e Baligar (2001), obtiveram respostas significativas e quadráticas a aplicação de N, na faixa de 0 a 210 kg ha⁻¹ de N. Fabre et al (2011) observaram respostas a produtividade máxima de até 153,2 kg de N por hectare. Entretanto, trabalhos recentes têm relatado repostas às aplicações de N superior a 200 kg de N por hectare (Fageria et al, 2003). Freitas et al (2007) obtiveram em dois anos consecutivos produtividade

máxima para as doses de 227 e 257 de N por hectare para a cultivar IAC 103. Wang et al (2004), na região do Delta do Yangtse, avaliando a otimização do uso de nitrogênio e suas perdas de nitrogênio na cultura do arroz encontraram dose ótima de 225-270 kg por hectare. Entretanto, essa reposta pode ser em função da capacidade do solo em fornecer N, além de outros fatores como manejo da água e épocas de adubação, durante o ciclo da cultura.

Houve efeito significativo no rendimento de grãos beneficiados, tendo aumentado em função da adubação nitrogenada. Na média geral, os dados ajustaram-se ao modelo linear simples ($r^2=0,92$). Também houve diferenças significativas entre as médias de rendimento de grãos beneficiados das cultivares ($p<0,01$). Por sua vez, não foi significativa a interação entre as cultivares e as doses de N para a mesma característica. Observa-se que a BRS Alvorada, foi superior a BRS Tropical e Metica I (Tabela 3). Estudando três cultivares de arroz, Freitas

et al. (2001) verificaram que o rendimento de grãos beneficiados foi afetado pela adubação nitrogenada e sugerem que o efeito da aplicação de N sobre o rendimento de grãos inteiros não é constante e, provavelmente, depende da cultivar e dos fatores ambientais.

Tabela 3. Renda de benefício de grãos (%) de quatro cultivares de arroz irrigado, sob seis dosagens de nitrogênio.

Cultivar	Dose de nitrogênio (kg ha ⁻¹)						Média*
	0	50	100	150	200	400	
BRS Tropical	70,82	70,83	71,46	71,79	71,69	72,21	71,47 b
BRS Alvorada	71,42	72,07	72,70	73,24	73,09	73,65	72,70 a
BRS Jaçanã	71,32	71,63	71,75	72,12	72,85	73,28	72,16 ab
Metica I	71,17	71,77	71,63	71,99	72,45	72,88	71,98 b
Média	71,18	71,58	71,88	72,29	72,52	73,01	

*Médias para cultivares seguida da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si (Tukey, 5%).

O rendimento de grãos inteiros foi influenciado pela adubação nitrogenada (Figura 4), sendo que, para a dose máxima econômica (DME) encontrou-se 65% de rendimento de grãos inteiros (RGI). Dados semelhantes foram descrito

por Jandrey (2008) que verificou que rendimento de grãos inteiros aumentou linearmente com o incremento da dose de adubação nitrogenada aplicada e encontrou valores em torno de 65% de grãos inteiros.

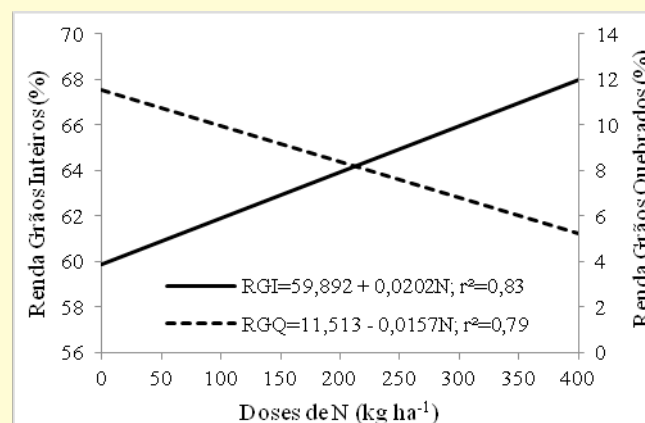


Figura 4. Rendimento médio de grãos inteiros (RGI) e de grãos quebrados (RGQ), médias de quatro cultivares de arroz irrigado, em função de doses de nitrogênio (N).

Por outro lado, Andrade et al. (1992) não detectaram influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento de grãos inteiros de dois cultivares de arroz. Para Barbosa Filho e Fonseca (1994), o incremento da adubação com N eleva a porcentagem de grãos translúcidos, os quais são mais resistentes ao quebramento no processo de beneficiamento. Segundo Vieira (2004), para valoração comercial do produto, a legislação brasileira prevê renda mínima

no beneficiamento de 68%, com 40% rendimento de grãos inteiros e 28% de quebrados e quirera (Vieira, 2004). As cultivares BRS Jaçanã e BRS Tropical foram avaliadas por Cordeiro e Medeiros (2010), utilizando 150 kg de N por hectare e obtiveram rendimento de 58% e 62% de grãos inteiros, respectivamente.

Conforme Ferreira et al (2005), o produto que apresentar menos de 10% de grãos quebrados é classificado como de alto padrão no mercado

internacional do arroz. Portanto, observa-se que nas doses de N inferior a 100 kg ha⁻¹, os grãos quebrados supera os 10%, o que enquadra em produto de baixo padrão, no mercado internacional.

Conclusões

A adubação nitrogenada aumenta o acúmulo dos macronutrientes na planta de arroz; O nitrogênio N eleva a produtividade do arroz irrigado, com resposta econômica até 254 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), independente das cultivares; O rendimento de grãos beneficiados aumenta com a adubação nitrogenada e varia com a cultivar, sendo a cultivar BRS Alvorada a que apresentou maior renda de benefício de grãos.

Referências

- Andrade, W.E.B.; Amorim Neto, S.; Fernandes, G.M.B.; Oliveira, H. F. 1992. Épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz irrigado na Região Norte Fluminense. *Lavoura Arrozeira*. 45, 14-17.
- Andrade, W.E.B.; Amorim Neto, S.; Fernandes, G.M.B.; Pereira, R.P.; Rivero, P.R.Y.; Silva, V.R. Qualidade de grãos de arroz em função de níveis de nitrogênio. Niterói: PESAGRO-Rio, 1995. 6p. (Comunicado Técnico, 229).
- Barbosa Filho, M.P.; Fonseca, J.R. 1994. Importância da adubação na qualidade do arroz. In: SÁ, M.E.; BUZETTI, S. (Coord.). Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone. 217-231.
- Blanchar, R.W.; Rehm, G.; Caldwell, A.C. 1965. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. *Proceedings-Soil Science society of America*. 29(1), 7172.
- Braga, J.M.; Defelipo, B. 1974. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. *Revista Ceres*. 21(113), 73-85.
- Canfield, D.E.; Glazer, A.N.; Falkowski, P.G. 2010. The evolution and future of earth's nitrogen cycle. (review). *Science*. 330, 192-196.
- Cantarella, H. Nitrogênio. 2006. In: NOVAIS, R.F. et al. *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: SBCS. 375-470.
- Cordeiro, A.C.C.; Medeiros, R.D. 2010. BRS Jaçanã e BRS Tropical: cultivares de arroz irrigado para os sistemas de produção de arroz em várzea de Roraima. *Revista Agro@mbiente On-line*. 4(2), 67-73.
- Cordeiro, A.C.C.; Medeiros, R.D. Cultivares de arroz irrigado recomendadas para Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 12p. (Embrapa Roraima. Circular Técnica,03).
- Cutrim, V. A.; Rangel, P.H.N.; Fonseca, J.R. Cultivares de arroz irrigado recomendadas para os Estados de Goiás e Tocantins. Circular técnica. EMBRAPA, n.77, 2006. 4p.
- DE Datta, S.K. Principles and practices of rice production. New York: John Wiley & Sons, 1981. 618.
- Dechen, A.R.; Nachtigall, G.R. 2006. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F. et al. *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: SBCS, 91-132.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 212.
- Espindula, M.C.; Campanharo, M.; Rocha, V.S.; Monnerat, P.H.; Favarato, L.F. 2010. Composição mineral de grãos de trigo submetidos a doses de sulfato de amônio e trinexapac-etil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 40(4), 513-520.
- Fabre, D.V.O.; Cordeiro, A.C.C.; Ferreira, G.B.; Vilarino, A.A.; Medeiros, R.D. 2011. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de várzea. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 41(1), 29-38.
- Fageria, N.K. Nutrição Mineral. 2006. In: Santos, A.B.; Stone, L.F.; Vieira, N.R.A. *A Cultura do Arroz no Brasil*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão. 387-423.
- Fageria, N.K.; Baligar, V.C. 2001. Lowland rice response to nitrogen fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 32, 1405-1429.
- Fageria, N.K.; Santos, A.B. Manejo do potássio. 2003. In: Fageria, N.K.; Stone, L.F.; Santos, A.B. *Manejo da fertilidade do solo para arroz irrigado*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 121-142.
- Fageria, N.K.; Slaton, N.A.; Baligar, V.C. 2003. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. *Advances in Agronomy*. 80, 63-152.
- Fageria, N.K.; Santos, A.B.; Cutrim, V.A. 2007. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42, 1029-1034.

- FAO. Ano internacional do arroz: Documento base. FAO, 2003. 26p.
- Ferreira, C.M.; Pinheiro, B S.; Sousa, I.S.F.; Morais, O.P. 2005. Qualidade do arroz no Brasil: Evolução e padronização. Santo Antônio de Goiás: Embrapa. 61.
- Floss, E.L. 2008. Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê. 4.ed. rev. Passo Fundo: UPF. 733.
- Fornasieri Filho, D.; Fornasieri, J.L. Manual da cultura do arroz. Jaboticabal: FUNEP, 2006.
- Freitas, J.G.; Azzini, L.E.; Cantarella, H.; Bastos, C.R.; Castro, L.H.S.M.; Gallo, P.B.; Felício, J.C. 2001. Resposta de cultivares de arroz irrigado ao nitrogênio. *Scientia Agrícola*. 58(3),573-579.
- Freitas, J.G.; Cantarella, H.; Salomon, M.V.; Malavolta, V.M.A.; Castro, L.H.S.M.; Gallo, P.B.; Azzini, L.E. 2007. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. *Bragantia*. 66(2), 317-325.
- Jandrey, D.B. Dose de nitrogênio em cobertura no arroz irrigado em sucessão a espécies de inverno. 2008. 64p. (Dissertação de mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- Lopes, S.I.G.; Volkweiss, S.J.; Tedesco, M.J. 1993. Acumulação de matéria seca e absorção de nutrientes pela cultura de arroz irrigado. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre. 46(411), 3-7.
- Paula, M.B.; Barbosa Filho, M.; Carvalho, J.G. Sugestões de adubação para grandes culturas anuais ou perenes: Arroz. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5. Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.281-284.
- Reis, M. S.; Soares, A.A.; Soares, P.C.; Cornélio, V.M. O. 2005. Absorção de N, P, K, Ca, Mg e S pelo arroz irrigado influenciada pela adubação nitrogenada. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras. (29), (4), 707-713.
- Silva, P.S.L.; Brandão, S.S. 1987. Rendimento no beneficiamento e translucidez de grãos de cultivares em função de níveis de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 22, 943-949.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.
- UNFPA. Relatório sobre a Situação da População Mundial 2010. Nova York: UNFPA, 2010. 108p.
- Vieira, N.R.A. 2004. Qualidade de grãos e padrões de classificação de arroz. *Informe Agropecuário*. 25, (222), 94-100.
- Wang, D.J.; Liu, Q.; Lin, J.H.; Sun, R.J. 2004. Optimum nitrogen use and reduced nitrogen loss for production of rice and wheat in the Yangtse Delta region. *Environ Geochem Health*. 26, (2-3), 221-227.
- Wielewicki, A.P.; Marchezan, E.; Storck, L. 1998. Absorção de nutrientes pelo arroz em resposta à calagem e à época de início de irrigação. *Ciência Rural*. 28, (1), 17-21.