

## Eficiência no uso de nitrogênio em genótipos de arroz em solos de várzea tropical do Estado do Tocantins

### *Nitrogen use efficiency in rice genotypes in tropical lowland soils of the State of Tocantins, Brazil*

Nathan Gonçalves dos Passos<sup>1</sup>, Sérgio Alves de Sousa<sup>2</sup>, Marília Barcelos Souza Lopes<sup>3</sup>, Maurilio Antonio Varavallo<sup>4</sup>, Taynar Coelho de Oliveira<sup>5</sup>, Rodrigo Ribeiro Fidelis<sup>6\*</sup>

**Resumo:** O uso racional de adubação nitrogenada é fundamental para aumentar a produtividade da cultura, assim como reduzir o custo de produção e os riscos de poluição ambiental. Cultivares mais eficientes na absorção e na translocação de nutrientes estão sendo prioridade nos programas de melhoramento, além de que cada vez mais solos pobres são incorporados ao processo de produção agrícola. Assim, objetivou-se, com este trabalho, identificar cultivares melhoradas de arroz, eficientes quanto ao uso de nitrogênio em solos de várzea tropical. As cultivares avaliadas foram BRS-Formoso, Epagri-109, BRSGO-Guará, Metica-1, BRS-Fronteira, BEST-2000, BRS-Jaburu, BRS-Alvorada, Epagri-116, BRS-Jaçanã, SCSBRS-Piracema, BRSMG-Ouro Minas, Engopa, IRGA-417 e IRGA-424. Ao simular os ambientes com baixa e alta disponibilidades de nitrogênio, foram aplicadas doses de 20 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. As características analisadas foram altura de plantas, número de panículas por m<sup>2</sup>, número de dias para maturação, índice de clorofilas a e b e total, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Existe variabilidade genética entre as cultivares avaliadas quanto à eficiência ao uso de nitrogênio em solos de várzea. As cultivares BRSMG-Ouro Minas, SCSBRS-Piracema e IRGA-424 são mais eficientes e responsivas à adubação de nitrogênio

**Palavras-chave:** Estresse mineral. *Oryza sativa* L. Produtividade.

**Abstract:** The rational use of nitrogen fertilization is essential to not only increase crop productivity, but also to reduce production costs and risks of environmental pollution. Cultivars more efficient at absorption and translocation of nutrients are taking priority in breeding programs, as well as the poor soils are being increasingly incorporated into the agricultural production process. Thus, the objective of this study was to identify improved cultivars of rice on the efficient use of nitrogen in tropical lowland soils. The evaluated cultivars were BRS-Formoso, Epagri-109, BRSGO-Guará, Metica-1, BRS-Fronteira, BEST-2000, BRS-Jaburu, BRS-Alvorada, Epagri-116, BRS-Jaçanã, SCSBRS-Piracema, BRSMG-Ouro Minas, Engopa, IRGA-417, and IRGA-424. Simulating environments with low and high nitrogen availability, doses of 20 and 120 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen were, respectively applied. The analyzed characteristics were plant height, number of panicles per m<sup>2</sup>, number of days to maturity, chlorophylls a, b and total, weight of 100 grains, and grain yield. There is a genetic variability among the cultivars evaluated on efficiency in nitrogen use in lowland soils. The cultivars BRSMG-Ouro Minas, SCSBRS-Piracema, and IRGA-424 are more efficient and responsive to nitrogen fertilization.

**Key words:** Mineral stress. *Oryza sativa* L. Productivity.

\*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 04/06/2014 e aprovado em 19/02/2015

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo da Agrex, Campos Lindos, TO, Brasil, nathan\_passos@hotmail.com

<sup>2</sup>Doutorando em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil, sergioalves\_sousa@hotmail.com

<sup>3</sup>Doutoranda em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil, mariliabarcelosagro@hotmail.com

<sup>4</sup>Professor Adjunto, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil, mauvaravallo@gmail.com

<sup>5</sup>Doutoranda em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil, taynarcoelho@hotmail.com

<sup>6</sup>Professor-Associado, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil, fidelisrr@mail.uft.edu.br

## INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma planta da família Poaceae, monocotiledônea da ordem Poales (MARCONDES; GARCIA, 2009). É considerada uma das culturas mais importantes para a humanidade, constituindo-se no alimento básico de quase metade da população mundial (JUNG *et al.*, 2008). No Brasil, os maiores produtores são os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, com participação de 76% na safra 2013/2014. Na mesma safra, a produção brasileira foi superior a 12,6 milhões de toneladas, com média de produtividade de 5.208 kg ha<sup>-1</sup>. Para o Estado do Tocantins, a área cultivada foi de 114.000 hectares, com média de 4.769 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014).

Em várzeas, o arroz é plantado em áreas naturalmente inundadas com ou sem irrigação controlada. No Vale do Javaés, em Tocantins, tem-se uma imensa área de várzea, com mais de 500.000 hectares, entre os rios Araguaia e seus afluentes, Urubu, Javaés e Formoso, a qual é considerada a maior área contínua para irrigação por gravidade do mundo, sendo 9% desta região ocupada pela cultura do arroz no período chuvoso (KISCHEL *et al.*, 2011).

Em termos de exigência nutricional, o nitrogênio (N) é a segunda substância mais absorvida pela planta de arroz. É um componente estrutural essencial da molécula de clorofila e, em níveis adequados, promove aumento da área foliar, proporcionando melhor eficiência na interceptação da radiação solar e na taxa fotossintética e, conseqüentemente, aumento da produtividade de grãos (BUZETTI *et al.*, 2006).

Dentre vários fatores que afetam a utilização do N, merece destaque a cultivar utilizada (REIS *et al.*, 2005). Fageria *et al.* (2007) verificaram que cultivares de arroz se comportaram de modo diferente à aplicação de N quanto à produtividade de grãos. O uso racional da adubação nitrogenada é fundamental para aumentar a produtividade da cultura, assim como reduzir o custo de produção e os riscos de poluição ambiental (DAWSON *et al.*, 2008). Plantas com alta eficiência no uso de N são desejáveis para serem adotadas em sistemas de baixo nível tecnológico, com pouca utilização de insumos (CANCELLIER *et al.*, 2011; FIDELIS *et al.*, 2012).

Alguns estudos têm mostrado a existência de diferenças genotípicas das plantas de arroz na eficiência da absorção de N (DE DATTA *et al.*, 1988; FERRAZ JÚNIOR *et al.*, 1997; SINGH *et al.*, 1998; KINIRY *et al.*, 2001; FAGERIA; BALIGAR, 2005). Dessa forma, a seleção de genótipos, com maior eficiência na utilização de N, é considerada uma das maneiras mais adequadas para diminuir o custo de produção da cultura do arroz e aumentar a produtividade dos grãos (BORRELL *et al.*, 1998).

Portanto, objetivou-se, com este trabalho, identificar cultivares melhoradas de arroz com relação à eficiência ao uso de N em solos de várzea tropical.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em solo hidromórfico do tipo Gleissolo, de várzea irrigada da Cooperativa Mista do Vale do Araguaia (COPERJAVA), no município de Formoso do Araguaia, Estado do Tocantins, nas coordenadas geográficas 11°49' S e 49°43' W, a 227 m de altitude. A avaliação das cultivares foi realizada em dois experimentos, com doses contrastantes de N. Em um deles, aplicaram-se 20 kg ha<sup>-1</sup> de N e, no outro, 120 kg ha<sup>-1</sup>, no ano agrícola de 2011/2012.

Para o estudo, foram utilizadas as cultivares de arroz irrigado BRS-Formoso, Epagri-109, BRSGO-Guará, Metica-1, BRS-Fronteira, BEST-2000, BRS-Jaburu, BRS-Alvorada, Epagri-116, BRS-Jaçanã, SCSBRS-Piracema, BRSMG-Ouro Minas, Engopa, IRGA-417 e IRGA-424.

Em ambas as análises, o delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,34 m e 60 sementes por metro linear. O uso de tal espaçamento se deve ao fato de que a recomendação para cultivares modernas na região de várzeas é de 0,17 cm, porém, foram utilizadas no estudo cultivares antigas e modernas. Desse modo, optou-se por aplicar um espaçamento dobrado a fim de atender aos dois tipos de cultivares. Como área útil, foram utilizadas as duas linhas centrais, com 4 m de comprimento.

O preparo do solo foi feito com uma gradagem pesada e uma grade niveladora. A adubação do solo foi realizada de acordo com a análise química do solo e as necessidades da cultura. Os teores dos atributos do solo foram: pH (H<sub>2</sub>O)=5,84; Ca+Mg=2,75 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al – (traços) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al=7,62 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTCt=2,80 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K=21,68 mg dm<sup>-3</sup>; P=50,57 mg dm<sup>-3</sup>; V=26,87%; m – ; M.O.S.=5,74%; Areia=70,5%; Silte=12,39% e Argila=17,16%.

A semeadura e a adubação de semeadura no sulco de plantio foram realizadas manualmente em 26 de novembro de 2011, sendo aplicados 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O como cloreto de potássio, seguindo recomendações para tal região.

Para simular ambientes com baixo e alto teor de N, foram utilizadas doses de 20 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia em cobertura, respectivamente, aplicadas por ocasião do perfilhamento e na diferenciação do primórdio floral. Essas duas quantidades contrastantes de N foram identificadas em experimentos anteriores visando à discriminação das cultivares de arroz, quanto à eficiência e resposta ao uso do N (FAGERIA; STONE, 2003).

As características avaliadas foram: altura das plantas – medida da superfície do solo até o ápice da panícula do colmo central; número de panículas por m<sup>2</sup> – contando-se elas em 1 m<sup>2</sup> de área útil da parcela; número de dias para

maturação – desde o plantio até o momento da colheita; produtividade de grãos – produção de grãos limpos com 13% de umidade, em kg ha<sup>-1</sup>; massa de 100 grãos – de uma amostra de 100 grãos sadios por parcela; índices de clorofila *a* (CA), *b* (CB) e total (CA+CB) – as leituras foram realizadas na folha bandeira completamente expandida, na parte central do limbo foliar em dez plantas por parcela. Para as leituras, aplicou-se o clorofilômetro ClorofiLOG® modelo CFL 1.030, produzido pela Falker Automação Agrícola. Os valores dos índices de clorofila foram expressos no índice de clorofila Falker (ICF).

Os dados experimentais foram submetidos às análises de variância individual e conjunta, com aplicação do teste F. A avaliação conjunta foi realizada sob condições de homogeneidade das variâncias residuais. Os testes utilizados para comparar as médias foram o de agrupamento de Scott-Knott, a fim de separar o efeito dos genótipos, e o F para os ambientes (condições de alta e baixa dose de N), com  $p \leq 0,05$ , utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

Para diferenciação das cultivares, empregou-se a metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980), que sugerem a classificação quanto à eficiência no uso e resposta à aplicação do N (eficiência e resposta – ER). A utilização do nutriente é definida pela média de produtividade dos grãos em baixo nível. A resposta ao uso dele é obtida pela diferença entre a produtividade de grãos nos dois níveis, dividida por aquela entre as doses, utilizando a seguinte fórmula:

Onde:

IR = índice de resposta;

PAN = produção em alto nível de nitrogênio;

PBN = produção em baixo nível de nitrogênio e;

DEN = diferença entre as doses aplicadas (kg ha<sup>-1</sup>).

Uma representação gráfica foi empregada no plano cartesiano para classificar os cultivares. No eixo das abscissas (x), encontra-se a eficiência na utilização do N e no das ordenadas (y), o índice de resposta ao seu uso. O ponto de origem dos eixos é a eficiência e a resposta média dos cultivares. No primeiro quadrante são representados os cultivares eficientes e responsivos (ER); no segundo, os não eficientes e responsivos (NER); no terceiro, os não eficientes e não responsivos (NENR) e, no quarto, os eficientes e não responsivos (ENR).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Tabela 1) mostrou efeito significativo da interação entre cultivares e ambientes para as características altura de plantas, número de dias para maturação, massa de 100 grãos e produtividade de grãos, fatos que evidenciam que os ambientes influenciam de forma diferenciada no comportamento dos cultivares, sendo, portanto, necessário efetuar o desdobramento dos fatores. O número de panículas por m<sup>2</sup> e os índices de CA, CB e CA+CB não apresentaram interação significativa, sendo estudados isoladamente. Os fatores cultivar e ambiente apresentaram significância para todas as características estudadas, mostrando que existe variabilidade entre os genótipos, bem como diferença entre os ambientes.

Para a altura de plantas (Tabela 2), analisando cultivares dentro do ambiente de alto N, constatou-se que a BRSGO-Guará teve maior média e, apesar de sua elevada estatura, não foi registrado acamamento nos dois cultivos. Já as cultivares IRGA-424, IRGA-417, Epagri-116 e Epagri-109 obtiveram as menores médias. No ambiente com baixo

**Tabela 1** - Resumo das análises de variância conjuntas das características: altura de plantas (AP), número de panículas por m<sup>2</sup> (NP), número de dias para maturação (NDM), índice de clorofila *a* (CA), índice de clorofila *b* (CB), índice de clorofila total (CT), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG) de 15 cultivares de arroz irrigado, na Região de Formoso do Araguaia, Tocantins, na safra 2011/2012

**Table 1** - Summary of the combined variance analyzes of the following characteristics: plant height (AP), number of panicles per m<sup>2</sup> (NP), number of days to maturity (NDM), chlorophyll *a* index (CA), chlorophyll *b* index (CB), total chlorophyll index (CT), weight of 100 grains (MCG), and grain yield (PG) of 15 irrigated rice cultivars in the Region of Formoso do Araguaia, Tocantins, Brazil, 2011/2012 crop

FV	GL	Quadrado médio							
		AP (cm)	NP (uni)	NDM (dias)	CA	CB (ICF) (ICF1)	CT	MCG (g)	PG (kg ha <sup>-1</sup> )
Bloco/Ambiente	6	79,759**	1656,652 <sup>NS</sup>	10,597 <sup>NS</sup>	16,520**	2,031**	26,364**	0,006 <sup>NS</sup>	1658307,425**
Cultivar	14	322,001**	4471,618**	906,622**	14,383**	2,411**	28,247**	0,063**	1518963,176**
Ambiente	1	8916,528**	175463,475**	1062,075**	128,009**	99,081**	453,496**	0,424**	265827436,415**
C x A	14	35,021**	1854,979 <sup>NS</sup>	42,432**	2,225 <sup>NS</sup>	0,352 <sup>NS</sup>	3,806 <sup>NS</sup>	0,022**	820550,273**
Resíduo	84	12,426	1371,016	8,382	1,566	0,274	2,902	0,007	350768,208
Média Geral		90,968	254,17	118,808	29,588	7,197	36,788	2,615	4370,296
CV (%)		3,88	14,57	2,44	4,23	7,27	4,63	3,27	13,55

<sup>NS</sup>não significativo; \*\*significativo para  $p \leq 0,01$  pelo teste F. 1ICF: índice de clorofila Falker.

<sup>NS</sup>not significant; \*\*significant for  $p \leq 0.01$  by F test. 1ICF: chlorophyll Falker Index.

teor de N, a BRSGO-Guará também apresentou maior estatura, embora não tenha se diferido estatisticamente da BRS-Fronteira. As cultivares que obtiveram as menores médias foram Epagri-116 e BRS-Formoso. Observando os genótipos, dentro dos ambientes, nota-se que a maior disponibilidade de N resultou na elevação da altura das plantas, o que já era esperado, uma vez que ele é um elemento limitante para cultura do arroz (TAIZ; ZEIGER, 2004; FIDELIS *et al.*, 2012). De acordo com Cardoso Júnior *et al.* (2005), maiores alturas em plantas se devem ao aumento da produção de matéria verde em condições de nível adequado de N. Segundo Kerbauy (2008), tal elemento tem efeito no vigor das plantas, favorecendo o crescimento da parte aérea. Hernandez *et al.* (2010) também observaram valores superiores na altura das plantas em condição de maior disponibilidade de N. Silva *et al.* (2007), estudando a resposta de dois cultivares de arroz às diferentes doses de N, notaram que a maior produção de massa de matérias fresca e seca ocorreu também em condições de maior disponibilidade de N. Porém, Hernandez *et al.* (2010) salientam que o efeito dele na altura das plantas de arroz não depende somente da dose, mas também do cultivar utilizado, da luminosidade, da temperatura e da umidade. Apesar das diferenças existentes, as alturas são consideradas satisfatórias para o cultivo mecanizado na região.

Para o número de panículas por m<sup>2</sup> (Tabela 2), Metica-1, Epagri-109, BEST-2000, Engopa, BRSMG-Ouro Minas, BRS-Fronteira, IRGA-417, IRGA-424, BRS-Jaçanã e SCSBRS-Piracema apresentaram os maiores valores, enquanto que as cultivares BRS-Alvorada, BRSGO-Guará, BRS-Formoso, Epagri-116 e BRS-Jaburu obtiveram as menores médias. Além disso, pode-se observar que o ambiente com baixo teor de N teve cerca de 76 panículas a menos do que aquele com alto teor. De acordo com Marzari *et al.* (2005), a aplicação de N na fase vegetativa contribui para a formação de perfilhos e, portanto, para o número de panículas, podendo influenciar diretamente na produtividade de grãos.

A cultivar que se apresentou mais precoce (Tabela 2), no ambiente com alto teor de N, foi a IRGA-417 (97 dias), considerada de ciclo precoce. O uso de cultivares de ciclo precoce torna-se interessante quando se deseja fazer outro cultivo de safrinha, pois a área estará disponível mais cedo, trazendo, assim, outra forma de renda ao produtor. No entanto, se esse outro cultivo não for de interesse do produtor, o uso de cultivares de ciclo precoce torna-se pouco apropriado, uma vez que podem apresentar produtividade de grãos relativamente inferior em relação às cultivares de ciclos médio e longo. A Metica-1, BRS-Formoso, SCSBRS-Piracema e BRSGO-Guará apresentaram ciclo mais tardio.

**Tabela 2** - Médias das características: altura das plantas (AP), número de panículas por m<sup>2</sup> (NP) e número de dias para maturação (NDM), de 15 cultivares de arroz irrigado, cultivadas em dois ambientes (alto 120 kg ha<sup>-1</sup> e baixo 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio), na Região de Formoso do Araguaia, Tocantins, safra 2011/2012

*Table 2* - Averages of the characteristics: plant height (AP), number of panicles per m<sup>2</sup> (NP), and number of days to maturity (NDM) of 15 irrigated rice cultivars, grown in two environments (high 120 kg ha<sup>-1</sup> and low 20 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen), in the Region of Formoso do Araguaia, Tocantins, Brazil, 2011/2012 crop

Cultivar	AP (cm)			NP (uni)			NDM (dias)		
	Alto N	Baixo N	Média	Alto N	Baixo N	Média	Alto N	Baixo N	Média
BRS-Formoso	96,9 cA	74,9 dB	85,9	265,4	190,6	228,0 b	131,2 aA	126,0 bB	128,6
Epagri-109	94,0 dA	78,8 cB	86,4	284,1	227,9	256,0 a	127,7 bA	122,5 bB	125,1
BRSGO-Guará	114,7 aA	96,0 aB	105,3	270,9	158,8	214,8 b	133,0 aA	133,0 aA	133,0
Metica-1	105,1 bA	82,5 cB	93,8	294,1	211,7	252,9 a	129,5 aA	126,0 bA	127,7
BRS-Fronteira	104,7 bA	93,7 aB	99,2	291,1	250,3	270,7 a	113,0 dA	101,5 fB	107,2
BEST-2000	94,9 cA	81,2 cB	88,1	270,5	246,6	258,6 a	113,0 dA	98,5 gB	105,7
BRS-Jaburu	96,7 cA	79,0 cB	87,9	305,1	168,0	236,6 b	120,7 cA	113,0 dB	116,8
BRS-Alvorada	105,4 bA	86,9 bB	96,2	234,5	193,5	214,0 b	126,0 bA	117,0 cB	121,5
Epagri-116	93,3 dA	71,7 dB	82,5	284,1	183,8	233,9 b	126,0 bA	126,0 bA	126,0
BRS-Jaçanã	103,9 cA	89,7 bB	96,8	306,9	255,1	281,0 a	113,0 dA	103,0 fB	108,0
SCSBRS-Piracema	101,7 cA	81,0 cB	91,4	319,1	254,0	286,5 a	131,2 aA	126,0 bB	128,6
BRSMG-Ouro Minas	101,9 cA	80,9 cB	91,4	306,9	218,5	262,7 a	124,2 bA	115,0 cB	119,6
Engopa	97,2 bA	78,2 cB	87,7	308,0	217,2	262,6 a	126,0 bA	126,0 bA	126,0
IRGA-417	90,6 dA	81,1 cB	85,9	323,5	222,2	272,8 a	97,0 eA	97,0 gA	97,0
IRGA-424	90,6 dA	77,5 cB	84,1	321,3	240,1	280,7 a	115,0 dA	107,0 eB	111,0
Média Geral	99,4	82,2		292,4 A	215,9 B		121,7	115,8	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não se diferem entre si pelo teste Scott-Knott e maiúscula na linha pelo teste F, ambos com 5% de probabilidade.

Averages followed by the same lower case in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test and the capitalized ones on the line by the F test, both with 5% of probability.

Com relação ao ambiente com baixo teor de N, as cultivares mais precoces foram: IRGA-417 (97 dias) e BEST-2000 (98,5 dias), as quais se diferiram das demais, enquanto a BRSGO-Guará apresentou um ciclo mais longo, de 133 dias.

Ao avaliarem-se os genótipos dentro dos ambientes, nota-se que a redução do teor de N antecipou o ciclo das cultivares BRS-Formoso, Epagri-109, BRS-Fronteira, BEST-2000, BRS-Jaburu, BRS-Alvorada, BRS-Jaçanã, SCSBRS-Piracema, BRSMG-Ouro Minas e IRGA-424 (Tabela 2). Já BRSGO-Guará, Metica-1, Epagri-116, Engopa e IRGA-417 não demonstraram diferenças para o número de dias para maturação em relação aos ambientes de baixo e alto teor de N. A antecipação da fase reprodutiva da planta, bem como do ciclo devido ao estresse nutricional, já foi relatada na literatura (TAIZ; ZEIGER, 2004). Para Kerbauy (2008), o desenvolvimento da fase reprodutiva das plantas é favorecido pelo baixo teor de N no balanço C/N, pois o nitrato pode ser inibitório ao florescimento, sendo assim, menores adubações nitrogenadas antecipam a floração.

A média da massa de 100 grãos das cultivares, dentro do ambiente de alto teor de N, foi superior na Metica-1,

BRSMG-Ouro Minas, BRS-Jaburu, BRS-Jaçanã, Epagri-109, Epagri-116, BRS-Formoso, BRS-Fronteira e SCSBRS-Piracema. Já para o local com baixo teor de N, destacaram-se a BRS-Fronteira, IRGA-424, Epagri-109, BRS-Jaçanã, SCSBRS-Piracema, BRSMG-Ouro Minas e Epagri-116.

Ao serem analisados os genótipos dentro dos ambientes, nota-se que o acréscimo no teor de N resultou em aumento da massa de grãos para BRS-Formoso, Epagri-109, BRSGO-Guará, Metica-1, BRS-Fronteira, BRS-Jaburu e SCSBRS-Piracema, sendo que, somente na cultivar IRGA-417, esse acréscimo de N resultou em redução da massa de grãos. Kischel *et al.* (2011), em estudo semelhante, observaram médias superiores das massas de 100 grãos no ambiente com baixo teor de N para todas as cultivares avaliadas. Buzetti *et al.* (2006), avaliando o efeito das doses de tal elemento e reguladores de crescimento em duas cultivares de arroz irrigado, também observaram redução da massa de 100 grãos com os níveis crescentes de N. Segundo Kischel *et al.* (2011), a explicação para esta cultivar ter obtido a menor média da massa de 100 grãos no ambiente com alto teor de N, deve-se provavelmente ao fato de ter ocorrido um consumo de luxo devido ao excesso de

**Tabela 3** - Médias das características: massa de 100 grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG), de 15 cultivares de arroz irrigado, cultivados em dois ambientes (alto 120 kg ha<sup>-1</sup> e baixo 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio), na Região de Formoso do Araguaia, Tocantins, safra 2011/2012

*Table 3* - Averages of the characteristics: mass of 100 grains (MCG) and grain yield (PG) of 15 irrigated rice cultivars, grown in two environments (high 120 kg ha<sup>-1</sup> and low 20 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen), in the Region of Formoso do Araguaia, Tocantins, Brazil, 2011/2012 crop

Cultivar	MCG (gramas)			PG (kg ha <sup>-1</sup> )		
	Alto N	Baixo N	Média	Alto N	Baixo N	Média
BRS-Formoso	2,77 aA	2,49 bB	2,63	5755,25 bA	2744,79 aB	4250,02
Epagri-109	2,76 aA	2,63 aB	2,70	6014,02 bA	3357,63 aB	4685,82
BRSGO-Guará	2,62 bA	2,45 bB	2,53	5340,10 bA	2679,37 aB	4009,74
Metica-1	2,70 aA	2,46 bB	2,58	6524,29 aA	2861,37 aB	4692,83
BRS-Fronteira	2,79 aA	2,60 aB	2,69	5510,88 bA	3484,68 aB	4497,78
BEST-2000	2,57 bA	2,46 bA	2,52	5736,94 bA	2653,58 aB	4195,26
BRS-Jaburu	2,72 aA	2,44 bB	2,58	5784,23 bA	2344,70 aB	4064,47
BRS-Alvorada	2,59 bA	2,55 bA	2,57	5550,13 bA	2799,66 aB	4174,90
Epagri-116	2,76 aA	2,66 aA	2,71	6351,32 aA	2797,02 aB	4574,17
BRS-Jaçanã	2,73 aA	2,64 aA	2,68	5969,16 bA	3364,06 aB	4666,61
SCSBRS-Piracema	2,79 aA	2,65 aB	2,72	6543,99 aA	3188,69 aB	4866,34
BRSMG-Ouro Minas	2,70 aA	2,66 aA	2,68	6399,66 aA	2884,98 aB	4642,32
Engopa	2,66 bA	2,55 bA	2,60	6219,34 aA	2409,43 aB	4314,38
IRGA-417	2,33 cB	2,46 bA	2,40	3873,39 cA	2408,03 aB	3140,71
IRGA-424	2,63 bA	2,61 aA	2,62	6307,18 aA	3250,96 aB	4779,07
Média Geral	2,67	2,55		5858,66	2881,93	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não se diferem entre si pelo teste Scott-Knott e maiúscula na linha pelo teste F, ambos com 5% de probabilidade.

*Averages followed by the same lower case in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test and the capitalized ones on the line by the F test, both with 5% of probability.*

N. Desse modo, a planta acabou priorizando o crescimento (altura de plantas e número de perfilhos), redistribuindo os fotoassimilados para as panículas e reduzindo a massa específica do grão, formando grãos de menores tamanhos. De acordo com Buzetti *et al.* (2006), a massa de 100 grãos é uma característica dependente do tamanho do grão.

Com relação à produtividade de grãos (Tabela 3), observa-se que todas as cultivares avaliadas responderam de forma positiva ao acréscimo do nutriente, sendo a resposta superior àquela encontrada por Kischel *et al.* (2011).

No ambiente com baixo teor de N, houve formação de um único grupo de cultivares, no qual as médias de produtividades variaram de 2.344,7 a 3.484,68 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). Para o ambiente com alto teor de N, pode-se verificar que as cultivares SCSBRS-Piracema, Metica-1, BRSMG-Ouro Minas, Epagri-116, IRGA-424 e Engopa compuseram o grupo de genótipos com as maiores produtividades de grãos (acima de 6.219,3 kg ha<sup>-1</sup>), enquanto que a menor foi obtida pela cultivar IRGA-417 (3873,39 kg ha<sup>-1</sup>), vide Tabela 3. Esses resultados devem-se, provavelmente, ao ciclo mais curto da cultivar (Tabela 2), com menos tempo para produzir grãos.

Analisando os dados apresentados na Tabela 4, observa-se que as cultivares Metica-1, BRSGO-Guará,

BRSMG-Ouro Minas, BRS-Jaburu, Engopa, BRS-Jaçanã, BEST-2000, IRGA-417, BRS-Alvorada e BRS-Fronteira compuseram o grupo que apresentou os maiores índices de CA, CB e CA+CB. Enquanto que a BRS-Formoso obteve menor média para essas três características, o que é explicado pelo fato desta possuir característica anatômica de coloração da folha verde-clara, obtendo assim menores quantidades para os índices de CA, CB, CA+CB.

Notou-se que o ambiente com maior teor de N resultou em aumento significativo nos teores médios de CA, CB, CA+CB. Isso se justifica pelo N ser constituinte da molécula de clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2004). Segundo Silva-Lobo *et al.* (2012), existe correlação entre teor de N e clorofila nas folhas do arroz, explicando o maior valor desta em plantas do ambiente com alto teor de N. Pode-se observar também que os teores de clorofila totais não estão altamente correlacionados com a produtividade de grãos (Tabela 3), já que nem todos os cultivares que estavam contidos no grupo com maiores produtividades também se enquadraram no grupo de cultivares com maior índice de clorofila total (Epagri-116, SCSBRS-Piracema e IRGA-424). Somente três estavam nos grupos de maiores produtividades em ambiente de alto teor de N e com maiores índices de clorofila total (Metica-1, BRSMG-Ouro Minas e Engopa).

**Tabela 4** - Médias das características clorofila a (CA), clorofila b (CB) e clorofila total (CT), de 15 cultivares de arroz irrigado, cultivadas em dois ambientes (alto 120 kg ha<sup>-1</sup> e baixo 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio), na Região de Formoso do Araguaia, Tocantins, safra 2011/2012

**Table 4** - Averages of the characteristics chlorophyll a (CA), chlorophyll b (CB), and total chlorophyll (CT) of 15 irrigated rice cultivars, grown in two environments (high 120 kg ha<sup>-1</sup> and low 20 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen), in the Region of Formoso do Araguaia, Tocantins, Brazil, 2011/2012 crop

Cultivar	CA (ICF)			CB (ICF)			CT (ICF)		
	Alto N	Baixo N	Média	Alto N	Baixo N	Média	Alto N	Baixo N	Média
BRS-Formoso	28,01	24,27	26,14 c	6,82	5,19	6,00 c	34,83	29,46	32,15 c
Epagri-109	30,07	28,08	29,08 b	7,76	6,22	6,99 b	37,83	34,30	36,07 b
BRSGO-Guará	30,24	29,29	29,77 a	8,04	6,53	7,29 a	38,36	35,83	37,09 a
Metica-1	30,82	28,68	29,75 a	8,16	6,13	7,15 a	38,98	34,82	36,90 a
BRS-Fronteira	32,55	30,64	31,59 a	8,66	6,94	7,80 a	41,20	37,58	39,39 a
BEST-2000	31,01	29,83	30,42 a	8,40	6,69	7,54 a	39,41	36,52	37,97 a
BRS-Jaburu	31,04	28,79	29,92 a	8,51	6,20	7,36 a	39,56	35,00	37,28 a
BRS-Alvorada	31,60	30,31	30,95 a	8,56	7,13	7,84 a	40,16	37,43	38,80 a
Epagri-116	29,01	26,85	27,93 b	7,36	5,49	6,42 b	36,37	32,35	34,36 b
BRS-Jaçanã	30,95	29,88	30,42 a	8,47	6,75	7,61 a	39,43	36,64	38,03 a
SCSBRS-Piracema	30,36	27,05	28,71 b	7,62	5,71	6,67 b	37,99	32,77	35,38 b
BRSMG-Ouro Minas	31,46	28,28	29,87 a	8,51	6,20	7,35 a	39,97	34,48	37,23 a
Engopa	32,04	28,27	30,16 a	8,95	6,20	7,57 a	40,99	34,48	37,73 a
IRGA 417	31,37	29,55	30,46 a	8,62	6,78	7,70 a	39,99	36,33	38,16 a
IRGA 424	28,75	28,51	28,63 b	7,11	6,12	6,61 b	35,87	34,63	35,24 b
Média Geral	30,62 A	28,55 B		8,10 A	6,29 B		38,73 A	34,84 B	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não se diferem entre si pelo teste Scott-Knott e maiúscula na linha pelo teste Tukey, ambos com 5% de probabilidade.

Averages followed by the same lower case in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test and the capitalized ones on the line by the F test, both with 5% of probability.

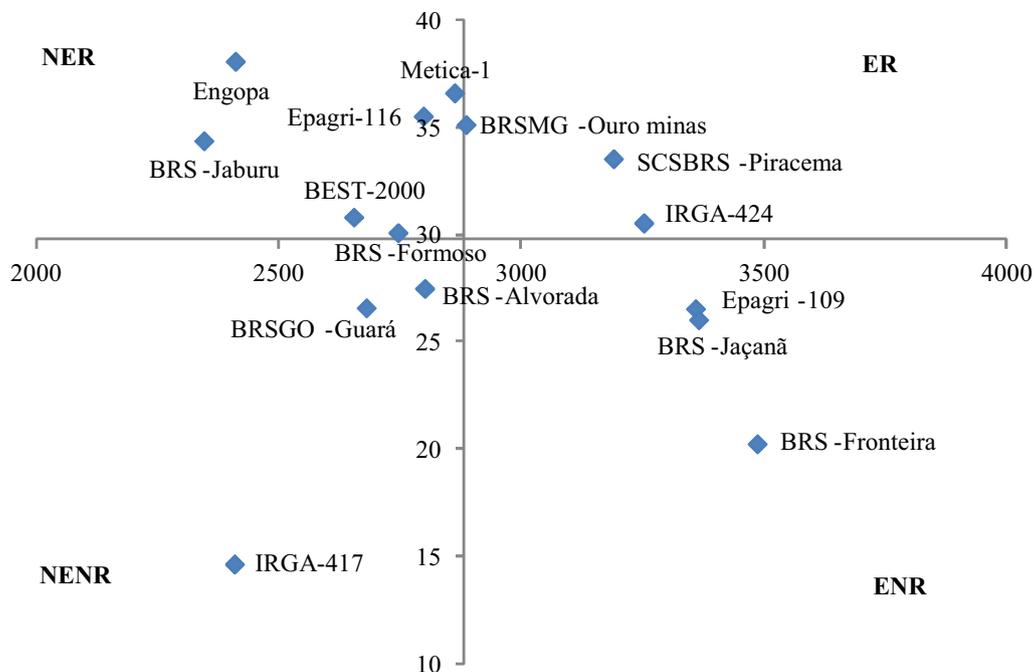
As cultivares classificadas como eficientes no uso de nitrogênio foram BRSMG-Ouro Minas, SCSBRS-Piracema, IRGA-424, Epagri-109, BRS-Jaçanã e BRS-Fronteira (primeiro e quarto quadrantes da Figura 1), pois obtiveram as produtividades acima da média geral do ambiente de baixo N, mostrando-se mais adaptadas às condições de estresse nutricional do N. Cultivares eficientes no uso do nitrogênio são indicadas para os cultivos de baixa e média tecnologia, nos quais os produtores não utilizam grandes doses de adubação nitrogenada em função do alto custo deste nutriente (FIDELIS *et al.*, 2012).

Já aquelas classificadas como responsivas (primeiro e segundo quadrante da Figura 1) foram Engopa, Metica-1, Epagri-116, BRSMG-Ouro Minas, BRS-Jaburu, SCSBRS-Piracema, BEST-2000, IRGA-424 e BRS-Formoso, que apresentaram índices de resposta de 38,09; 36,63; 35,54; 35,15; 34,39; 33,55; 30,83; 30,56; 30,10, respectivamente, o que significa que, a cada kg de N adicionado ao ambiente, houve um aumento de produtividade igual ao índice de resposta. Freitas *et al.* (2007) avaliaram a resposta ao N de três cultivares de arroz irrigado e constataram que existem diferenças a respeito da resposta à aplicação para

a característica produção de grãos, que variou entre 9,6 e 16,1 kg de grãos por kg de N aplicado. Os resultados obtidos nesse experimento são bem superiores. Cultivares com altos índices de resposta são indicadas aos produtores de alta tecnologia que utilizam altas adubações (FIDELIS *et al.*, 2012).

No primeiro quadrante da Figura 1, encontram-se as cultivares eficientes e responsivas, ou seja, eficientes porque atingiram boas produtividades na falta de adubação e responsivas porque, com a adubação nitrogenada, elevaram com significância suas produtividades, sendo elas as cultivares BRSMG-Ouro Minas, SCSBRS-Piracema e IRGA-424. As ER são as mais indicadas, pois são superiores às demais para os cultivos que utilizam alta ou baixa adubação nitrogenada, propiciando maior retorno econômico em ambas as condições (FAGERIA *et al.*, 2007).

No segundo quadrante da Figura 1, encontram-se as NER, incluindo a Engopa, Metica-1, Epagri-116, BRS-Jaburu, BEST-2000 e BRS-Formoso. Cultivares classificadas como NER são indicadas para o cultivo envolvendo alta tecnologia, pois não são eficientes em condição de baixa adubação nitrogenada, mas respondem



**Figura 1** - Eficiência no uso e resposta à aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz, por meio da metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980). No primeiro quadrante são representadas as cultivares eficientes e responsivas (ER); no segundo, não eficientes e responsivas (NER); no terceiro, cultivares não eficientes e não responsivas (NENR) e no quarto, cultivares eficientes e não responsivas (ENR).

*Figure 1* - Efficiency on the use and response to the nitrogen application in rice cultivars through the methodology of Fageria and Kluthcouski (1980). In the first quadrant, the efficient and responsive cultivars are represented (ER); in the second, not efficient and responsive cultivars (NER); third, not efficient and unresponsive cultivars (NENR), and fourth, efficient and unresponsive cultivars (ENR).

bem a essa adubação com ganho em produtividade (FIDELIS *et al.*, 2012). Ainda de acordo com Fidelis *et al.* (2012), tais cultivares classificadas como não eficientes e responsivas são as mais adotadas pelos produtores de arroz irrigado na região em estudo.

As cultivares BRS-Alvorada, BRSGO-Guará e IRGA-417 foram consideradas não eficientes e não responsivas (terceiro quadrante da Figura 1). O uso dessas torna-se pouco interessante para os produtores, tanto em baixo quanto em alto nível tecnológico, pois elas não foram eficientes à adubação de 20 kg ha<sup>-1</sup> e não responderam em ganho de produtividade à de 120 kg ha<sup>-1</sup>. A metodologia classificou as cultivares Epagri-109, BRS-Jaçanã e BRS-Fronteira como eficientes e não responsivas à adubação nitrogenada (quarto quadrante da Figura 1). Nesse quadrante, encontram-se aquelas que obtiveram alta eficiência na utilização do N disponível no solo em baixas quantidades, porém não respondem ao aumento do nível do nutriente no solo, sendo

então recomendadas para produtores que utilizam baixa ou nenhuma adubação nitrogenada (FIDELIS *et al.*, 2012).

Da mesma forma, Mattje *et al.* (2013) também observaram que existem diferenças de resposta à aplicação das doses crescentes de N entre genótipos. Isso revela, portanto, que se deve considerar o genótipo, já que há resposta diferente das cultivares de arroz às doses de N.

## CONCLUSÕES

Existe variabilidade genética entre as cultivares de arroz quanto à eficiência ao uso de N em solo de várzea tropical.

As cultivares BRSMG-Ouro Minas, SCSBRS-Piracema e IRGA-424 são eficientes e responsivas a maior disponibilidade de N, podendo ser indicadas para condições de baixa e alta disponibilidades de N.

## LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

BORRELL, A. K.; GARSIDE, A. L.; FUKAI, S.; REID, D. J. Season and plant type affect the response of rice yield to nitrogen fertilization in a semi-arid tropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 49, n. 2, p. 179-190, 1998.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G. C.; FREITAS, J. G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SA, M. E.; MEIRA, F. A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1731-1737, 2006.

CANCELLIER, E. L.; BARROS, H. B.; KISCHEL, E.; GONZAGA, L. A. M.; BRANDÃO, D. R.; FIDELIS, R. R. Eficiência agrônômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 650-656, 2011.

CARDOSO JÚNIOR, N. S.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, F. M. Efeito do nitrogênio em características agrônômicas da mandioca. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 651-659, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo levantamento, maio 2014**. Brasília: Conab, 2014, 96 p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_05\\_08\\_10\\_11\\_00\\_boletim\\_graos\\_mai\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_05_08_10_11_00_boletim_graos_mai_2014.pdf)>. Acesso em: 03 jun. 2014.

DAWSON, J. C.; HUGGINS, D. R.; JONES, S. S. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. **Field Crops Research**, v. 107, n. 2, p. 89-101, 2008.

DE DATTA, S. K.; BURESH, R. J.; SAMSON, M. I.; KAI-RONG, W. Nitrogen use efficiency and nitrogen-15 balance in broadcast-seeded flooded and transplanted rice. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, p. 849-855, 1988.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v. 88, p. 97-185, 2005.

FAGERIA, N. K.; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília: Embrapa, 1980, 22 p. (Circular Técnica, 8).

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, 2007.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Manejo do nitrogênio. In: FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 51-94.

- FERRAZ JÚNIOR, A. S. L.; SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S.; ROSSIELLO, R. O. P. Eficiência do uso de nitrogênio para produção de grão e proteína por cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 435-442, 1997.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FIDELIS, R. R.; KISCHEL, E.; MACHADO, A. F. L.; CANCELLIER, E. L.; PASSOS, N. G. Eficiência no uso de nitrogênio de genótipos de arroz em solos de várzea irrigada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 264-272, 2012.
- FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H.; SALMON, M. V.; MALAVOLTA, V. M. A.; CASTRO, L. H. S. M.; GALLO, P. B.; AZZINI, L. E. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 317-325, 2007.
- HERNANDES, A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 307-312, 2010.
- JUNG, K.; AN, G.; RONALD, P. C. Towards a better bowl of rice: assigning function to tens of thousands of rice genes. **Nature Reviews Genetics**, v. 9, p. 91-101, 2008.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 4310 p.
- KINIRY, J. R.; MCCAULEY, G.; XIE, Y.; ARNOLD, J. G. Rice parameters describing crop performance of four U.S. cultivars. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 1354-1361, 2001.
- KISCHEL, E.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, M. M.; BRANDÃO, D. R.; CANCELLIER, E. R.; NASCIMENTO, I. R. Efeito do nitrogênio em genótipos de arroz cultivados em várzea úmida do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 84-89, 2011.
- MARCONDES, J.; GARCIA, A. B. Aspectos citomorfológicos do estresse salino em plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n. 2, p. 187-194, 2009.
- MARZARI, V.; MARCHEZAN, E.; SILVA, L. S.; RANNO, S. K.; SANTOS, F. M.; CAMARGO, E. R. Épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado no sistema convencional de semeadura de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1190-1193, 2005.
- MATTJE, V. M.; FIDELIS, R. R.; AGUIAR, R. W. DE S.; BRANDÃO, D. R.; SANTOS, M. M. Avaliação de cultivares de arroz em doses contrastante de nitrogênio em solos de várzea irrigada. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 2, p. 126-133, 2013.
- REIS, M. S.; SOARES, A. A.; SOARES, P. C.; CORNÉLIO, V. M. O. Absorção de N, P, K, Ca, Mg e S pelo arroz irrigado influenciada pela adubação nitrogenada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 4, p. 707-713, 2005.
- SILVA, L. S.; BOHNEN, H.; MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M.; POCOJESKI, E. Resposta a doses de nitrogênio e avaliação do estado nutricional do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 2, p. 189-194, 2007.
- SILVA-LOBO, V. L.; FILIPPI, M. C. C.; SILVA, G. B.; VENANCIO, W. L.; PRABHU, A. S. Relação entre o teor de clorofila nas folhas e a severidade de brusone nas panículas em arroz de terras altas. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n. 1, p. 83-87, 2012.
- SINGH, U.; LADHA, J. K.; CASTILLO, E. G.; PUNZALAN, G.; TIROL-PADRE, A.; DUQUEZA, M. Genotypic variation in nitrogen use efficiency in medium- and long-duration rice. **Field Crops Research**, v. 58, p. 35-53, 1998.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.