

EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO DE GENÓTIPOS DE ARROZ EM SOLOS DE VÁRZEA IRRIGADA

Rodrigo Ribeiro Fidelis

Professor Adjunto - Universidade Federal do Tocantins, Caixa postal 66, Rua Badejós, chácaras 69 e 72, Lt.07. Gurupi-TO. E-mail: fidelisrr@uft.edu.br

Elisângela Kischel

Engenheira Agrônoma- Universidade Federal do Tocantins, Caixa postal 66, Rua Badejós, chácaras 69 e 72, Lt.07. Gurupi-TO. E-mail: kischel@hotmail.com

Aroldo Ferreira Lopes Machado

Professor Adjunto- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia/DEFITO BR 465, km 7, Seropédica, RJ. E-mail: amachado@ufrj.br

Eduardo Lopes Cancellier

Engenheiro Agrônomo - Universidade Federal do Tocantins, Caixa postal 66, Rua Badejós, chácaras 69 e 72, Lt.07 Gurupi-TO. E-mail: educancellier@uft.edu.br

Nathan Gonçalves dos Passos

Estudante do curso de Agronomia- Universidade Federal do Tocantins, Caixa postal 66, Rua Badejós, chácaras 69 e 72, Lt.07. Gurupi-TO. E-mail: nathan_passos_@hotmail.com

Resumo - A cultura do arroz apresenta alta demanda em nutrientes, fornecido principalmente na forma de adubações nitrogenadas, principal fator limitante à produtividade. Materiais com alta eficiência no uso de nitrogênio são mais desejáveis, pois refletem em maiores produtividades, baixo custo em insumos, além de diminuir o risco de contaminação ambiental. Objetivou-se com este trabalho verificar a existência de diferenças entre cultivares de arroz quanto à eficiência ao uso de nitrogênio em solos de várzea irrigada, no sudoeste do Estado do Tocantins. Foram utilizados doze cultivares de arroz irrigado: BRS-Jaçanã, EPAGRI-109, BRS-Jaburú, BRS-Fronteira, BRS-Alvorada, Metica-1, Engopa, Ouro Minas, Piracema, BRSGO-Guará, BRS-Formoso e Best-2000. Simulando ambientes com baixo e alto nível de N, foram aplicadas doses 20 e 120kg.ha⁻¹ de N. As características avaliadas foram altura de planta, produtividade de grãos, massa de cem grãos, índice de clorofila *a*, índice de clorofila *b* e índice de clorofila total. Desta forma, conclui-se que: (i) o ambiente de alto nitrogênio promoveu maiores alturas de plantas; (ii) o índice de clorofila foliar responde positivamente ao incremento da dose do insumo nitrogenado para a maioria dos cultivares estudados; (iii) os cultivares Ouro Minas, Engopa e BRS-Jaburú são eficientes e responsivos a adubação de N.

Palavras-chave: estresse abiótico, estresse mineral, *oryza sativa*

EFFICIENCY IN USE OF NITROGEN OF RICE GENOTYPES IN IRRIGATED LOWLAND SOIL

Abstract - The rice crop has a high nutrients demand, provided mainly in the form of nitrogen fertilizers, the main limiting factor to yield. Genotypes highly efficient in nitrogen use are the most desirable because they lead to higher yields, low input costs and beyond, it decreases the risk of environmental contamination. The aim of this work was to verify the existence of differences among rice cultivars about efficiency in nitrogen use in irrigated lowland soil, in the southwest of Tocantins State. Were utilized twelve low land rice cultivars: BRS-Jaçanã, EPAGRI-109, BRS-Jaburú, BRS-Fronteira, BRS-Alvorada, Metica-1, Engopa, Ouro Minas, Piracema, BRSGO-Guará, BRS-Formoso and Best-2000. Simulating environments with low and high N levels, were applied doses of 20 and 120.kg.ha⁻¹ of N. The evaluated characteristics were plants height, grain yield, one hundred grains bulk, chlorophyll *a* index, chlorophyll *b* index and total chlorophyll index. Therefore, its concluded that: (i) the high nitrogen environment promoted higher plants height; (ii) the total chlorophyll index respond positively to increases in the dose of nitrogen input to most part of studied cultivars; (iii) the cultivars Ouro Minas, Engopa and BRS-Jaburú are efficient and responsive to N fertilization.

Key words: abiotic stress, mineral stress, *oryza sativa*

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado o produto de maior importância econômica em muitos países em desenvolvimento e constitui o alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas (KISCHEL et al., 2011). O aumento crescente de seu consumo impõe aos setores produtivos a busca por novas técnicas que possam aumentar a produção. Cultivado e consumido em todos continentes, o arroz se destaca pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto em nível econômico quanto social (KISCHEL et al., 2011).

Tradicionalmente o arroz tem sido plantado no Brasil em ambientes de várzeas e terras altas. Em várzeas, o arroz é plantado em áreas naturalmente inundadas, podendo ser em várzeas com irrigação controlada (arroz irrigado), onde a cultura é irrigada por inundação contínua e controlada com a formação e manutenção de lâmina d'água até sua maturação; ou em várzeas sem irrigação controlada (várzea úmida), caracterizada pelo plantio do arroz em áreas de baixadas, parcialmente sistematizadas e/ou drenadas ou sem sistematização, de onde a água da chuva e da enchente dos rios ou afloramento natural do lençol freático são as fontes de água para o desenvolvimento das plantas (RANGEL, 1995). Em terras altas o arroz é cultivado em terras firmes sem irrigação (arroz de sequeiro).

A maior parcela da produção de arroz no Brasil é proveniente do ecossistema de várzea, onde a orizicultura irrigada é responsável por 69% da produção nacional, sendo considerado um estabilizador da safra nacional, uma vez que não é tão dependente das condições climáticas como no caso dos cultivos de sequeiro (EMBRAPA, 2008). O arroz de várzea encontra-se concentrado em quatro pólos principais, o pólo1 é representado pelos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, responsáveis por cerca de 70% da área cultivada com arroz de várzea do Brasil; o pólo2, formado pelos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo; o pólo 3, inclui os Estados do Nordeste, com exceção do Rio Grande do Norte e Bahia e o pólo 4, concentrado em Goiás, Tocantins, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (FERREIRA; DELL VILAR, 2004; RANGEL et al., 2010).

O Estado do Tocantins possui uma área total de 27.842.070ha, dos quais 50% têm potencial para a produção agrícola. Da área total 1.434.000ha são formados por várzeas tropicais com características para a irrigação por subirrigação. Na safra 2007/08, a área total cultivada com arroz foi de 145.301ha, dos quais 53.890ha no sistema irrigado, com produção total de 235.576ton, produtividade média de 4.371kg.ha⁻¹ (SEAGRO, 2008). O cultivo do arroz de terras altas é distribuído em todo o Estado, enquanto o irrigado sob controle está concentrado nas regiões Centro-Oeste e, principalmente, Sudeste, abrangendo os municípios de Cristalândia, Dueré,

Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão e Pium (SANTOS; RABELO, 2008).

O arrozeiro é bastante exigente em nutrientes, sendo necessário que eles estejam prontamente disponíveis quando a planta assim demandar, para não limitar a produtividade. Depois do potássio, o nitrogênio (N) é o nutriente que a espécie mais acumula, sendo componente chave da molécula da clorofila; estando fortemente correlacionado com o aumento da área foliar, a qual aumenta a eficiência de interceptação da radiação solar e a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade de grãos (FAGERIA et al., 2003). O custo do fertilizante nitrogenado constitui a maior fração do custo total de produção (BURESH; DE DATTA, 1991). Desta forma, o uso racional da adubação nitrogenada é fundamental, não somente para aumentar a eficiência de recuperação, mas também para aumentar a produtividade da cultura e diminuir o custo de produção e os riscos de poluição ambiental (FAGERIA et al., 2003).

Estudos têm mostrado existência de diferenças genotípicas na eficiência de absorção de nitrogênio em arroz (FERRAZ JUNIOR et al., 1997; KISCHEL et al., 2011). Ferraz Junior et al. (1997) observaram maior eficiência de absorção de N para produção de grãos em cultivares melhorados quando comparados a cultivares locais de arroz. Kischel et al. (2011) constataram que o cultivar Epagri – 109 também apresentou maior eficiência de absorção de N para produção de grãos quando comparado aos outros cultivares avaliados.

A seleção de genótipos com maior eficiência na utilização de nitrogênio é considerada, uma das maneiras mais adequadas para diminuir o custo de produção da cultura do arroz (FAGERIA; BARBOSA FILHO, 1982a) e aumentar a produtividade de grãos através da maior resposta a esse nutriente (ANDRADE et al., 1992; BORRELL et al., 1998; SHARMA; SHARMA, 1999). Isto porque os genótipos de uma mesma espécie mostram exigências nutricionais e tolerâncias diferenciadas para os estresses de nutrientes essenciais (FAGERIA; BARBOSA FILHO, 1981; 1982b; BROWN; JONES, 1997).

Diante disso, objetivou-se, com este trabalho, verificar a existência de diferenças entre cultivares de arroz quanto à eficiência ao uso de nitrogênio em solos de várzea irrigada do Sudoeste do Estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação dos cultivares foi conduzida em dois experimentos, um deles representou o ambiente com baixo nível de N (20kg.ha⁻¹) e outro o ambiente com alto nível de N (120kg.ha⁻¹). Tais ambientes foram estabelecidos empregando-se doses contrastantes de nitrogênio (baixa e alta), em várzea irrigada, na COPERJAVA (Cooperativa Mista do Vale do Araguaia), no município de Formoso do Araguaia-TO, situada a 11°50' de latitude sul e 49°38' de longitude oeste e altitude de 221m, em solo do tipo Gleissolos, na safra 2009/2010.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens seguidas com uma passada de rolo para nivelamento da área. A semeadura foi realizada no dia 27 de novembro de 2009. A adubação de semeadura foi realizada no sulco de plantio com base nos resultados da análise química e física do solo, aplicando 100kg.ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 60kg.ha⁻¹ de K₂O, na forma de KCl. Não foi realizada adubação com micronutrientes. A análise química e física do solo na camada de 0-20cm de profundidade apresentou os seguintes resultados: pH em H₂O = 5,68; M.O (g.dm⁻³) = 48,90; P (Melich⁻¹) = 57,0; Ca = 2,43cmol_c.dm⁻³; Mg = 1,51cmol_c.dm⁻³; H+Al = 5,80cmol_c.dm⁻³; K = 1,0cmol_c.dm⁻³; SB = 4,94cmol_c.dm⁻³; 601,88g.kg⁻¹ de areia; 209,5g.kg⁻¹ de silte e 188,66g.kg⁻¹ de argila.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por cinco linhas de 5,0m de comprimento, espaçadas de 0,34m e 60 sementes por metro linear. Como área útil, foram utilizadas as três linhas centrais com 4,0m de comprimento, desconsiderando 50cm das extremidades.

Para o estudo, foram utilizados os cultivares de arroz irrigado BRS-Jaçanã, EPAGRI-109, BRS-Jaburú, BRS-Fronteira, BRS-Alvorada, Metica-1, Engopa, Ouro Minas, Piracema, BRSGO-Guará, BRS-Formoso e Best-2000.

Para simular ambientes com baixo e alto nível de nitrogênio, foram utilizadas as doses de 20 e 120kg.ha⁻¹ de N em cobertura na forma de ureia, respectivamente, aplicadas por ocasião do perfilhamento. Estas duas doses contrastantes de nitrogênio foram identificadas em experimentos anteriores, para discriminar os cultivares de arroz quanto ao uso de nitrogênio (FAGERIA et al., 2003).

Os tratos culturais foram efetuados mediante aplicação de herbicida pós-emergente para o controle de plantas daninhas com bispiribaque-sódico na dosagem de 125ml.ha⁻¹ do produto comercial Nominee 400 SC. Para o controle de insetos-praga, foi utilizado clorfluazurom, com 100ml.ha⁻¹ de Atabron 50 EC, e azoxystrobin, Priori, para o controle de doenças fúngicas, com 400ml.ha⁻¹.

Foram avaliadas as seguintes características: altura de plantas (AP) – medida da superfície do solo até o ápice da panícula do colmo central, excluída a arista quando presente; produtividade de grãos (Prod) – produção de grãos limpos com 13% de umidade, em kg.ha⁻¹; massa de cem grãos (MCG) - massa de uma amostra de cem grãos sadios por parcela; índice de clorofila *a* (Clor *a*); índice de clorofila *b* (Clor *b*) e; índice de clorofila total (Clor total) - obtidos através de leituras realizadas na folha bandeira completamente expandida, na parte central do limbo foliar em três plantas de cada parcela. Para as leituras utilizou-se um clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG® modelo CFL 1030. Os valores dos índices de clorofila são

expressos em Índice de Clorofila Falker - ICF (FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA, 2008).

Os dados experimentais foram submetidos a análises individual e conjunta de variância, com a aplicação do teste F. A análise conjunta foi realizada sob condições de homogeneidade das variâncias residuais. Para as comparações entre as médias de tratamentos, foi utilizado o teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro, o que foi feito, utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2000).

Para a diferenciação dos cultivares foi utilizada a metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980) e Fageria e Baligar (1993), que sugerem a classificação dos cultivares quanto à eficiência no uso e resposta a aplicação do nitrogênio (eficiência e resposta – ER). Onde a utilização do nutriente é definida pela média de produtividade de grãos em baixo nível. A resposta à utilização do nutriente é obtida pela diferença entre a produtividade de grãos nos dois níveis dividida pela diferença entre as doses. Foi utilizada uma representação gráfica no plano cartesiano para classificar os cultivares. No eixo das abscissas, encontra-se a eficiência na utilização do nitrogênio e no eixo das ordenadas, a resposta à sua utilização. O ponto de origem dos eixos é a eficiência média e a resposta média dos cultivares. No primeiro quadrante estão representados os cultivares eficientes e responsivos; no segundo, os não eficientes e responsivos; no terceiro, os não eficientes e não responsivos e no quarto quadrante, os eficientes e não responsivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados da Tabela 1, podemos observar a não significância para a interação cultivar versus ambiente para as características altura de plantas, produtividade de grãos, índice de clorofila *a*, índice de clorofila *b* e índice de clorofila total, caracterizando assim, independência dos fatores estudados, ou seja, o ambiente não influencia os cultivares de forma diferenciada. Desta forma, os fatores foram estudados isoladamente. Porém, mostrou-se significativo para a característica massa de cem grãos, demonstrando que o ambiente influenciou de forma diferenciada os genótipos estudados. Assim sendo, realizou-se o desdobramento de um fator dentro do outro. Ainda na Tabela 1, pode ser observada significância para as características altura de plantas, massa de cem grãos, produtividade de grãos, índice de clorofila *a* e índice de clorofila total no fator cultivares e para altura de plantas e massa de cem grãos no fator ambiente.

O elevado coeficiente de variação (CV = 26,36%) para a variável produtividade de grãos, não é, necessariamente, considerado inadequado para ensaios sob condições de estresse em campo (BLUM, 1988; SHAPIRO; WILK, 1965).

Tabela 1- Resumo da análise de variância das características, altura de plantas (AP), massa de cem grãos (MCG), produtividade de grãos (Prod), índice de clorofila *a* (Clor *a*), índice de clorofila *b* (Clor *b*) e índice de clorofila total (Clor total), de doze cultivares de arroz irrigado cultivados na região de Formoso do Araguaia – TO, Safra 2009/2010

| FV | Quadrado médio | | | | | | |
|----------------|----------------|------------|----------|--------------|---------------------|---------------|------------|
| | GL | AP | MCG | Prod | Clor <i>a</i> | Clor <i>b</i> | Clor total |
| Bloco/Ambiente | 6 | 111,23 | 0,01 | 881531,3 | 3,85 | 1,04 | 6,78 |
| Cultivar (C) | 11 | 554,10 ** | 0,141 ** | 4403572,2 * | 6,49 * | 1,13 ns | 11,75 * |
| Ambiente (A) | 1 | 2123,74 ** | 0,427 ** | 5299,2 ns | 10,08 ^{ns} | 1,61 ns | 4,51 ns |
| C x A | 11 | 23,14 ns | 0,053 ** | 2332547,7 ns | 3,60 ns | 0,75 ns | 7,08 ns |
| Resíduo | 66 | 20,9 | 0,02 | 2203635,8 | 3,03 | 0,79 | 5,71 |
| Média Geral | | 127,04 | 2,61 | 5631,9 | 32,81 | 8 | 40,83 |
| CV (%) | | 3,6 | 4,71 | 26,36 | 5,3 | 11,11 | 5,85 |

^{ns} não significativo; ** significativo para $P < 0,01$; * significativo para $P < 0,05$ pelo teste F.

Quanto à altura de plantas, observa-se através da Tabela 2 que o ambiente onde foi aplicada alta dose de nitrogênio ($120\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), resultou em maiores médias quando comparado ao ambiente onde se utilizou baixa dose de nitrogênio ($20\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Estes resultados concordam com os encontrados em trabalho semelhante realizado em Lagoa da Confusão-TO (KISCHEL et al., 2011). Nota-se ainda que, o cultivar BRSGO-Guará foi o

que apresentou maior altura de planta (aproximadamente 147cm), enquanto que os cultivares com menores valores apresentaram alturas variando entre 119,7 e 125,8cm (Engopa e BRS-Fronteira, respectivamente). Apesar da diferença existente, as alturas são consideradas satisfatórias para o cultivo mecanizado na região (CASTRO NETO, 2009).

Tabela 2 - Altura de plantas (AP) e massa de cem grãos (MCG) obtidos de doze cultivares de arroz irrigado, cultivados em dois ambientes (alto – $120\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e baixo – $20\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ nitrogênio), na Região de Formoso do Araguaia, Tocantins, safra 2009/2010

| Cultivares | AP (cm) | | | MCG (gramas) | | |
|---------------|---------|---------|----------|--------------|-----------|-------|
| | Alto N | Baixo N | Média | Alto N | Baixo N | Média |
| BRS - Jaçanã | 133,6 | 121,0 | 127,3 cd | 2,47 abB | 2,80 abcA | 2,64 |
| EPAGRI - 109 | 125,8 | 116,2 | 121,0 d | 2,65 abA | 2,67 abcA | 2,67 |
| BRS - Jaburú | 131,9 | 117,7 | 124,8 d | 2,38 bB | 2,69 abcA | 2,54 |
| BRS-Fronteira | 131,8 | 119,9 | 125,8 cd | 2,62 abB | 2,89 aA | 2,76 |
| BRS-Alvorada | 142,6 | 132,7 | 137,7 b | 2,51 abA | 2,53 cA | 2,52 |
| Metica-1 | 136,0 | 129,3 | 132,6 bc | 2,42 abA | 2,16 dB | 2,30 |
| Engopa | 122,9 | 116,5 | 119,7 d | 2,62 abA | 2,76 abcA | 2,69 |
| Ouro Minas | 121,7 | 118,4 | 120,1 d | 2,70 aA | 2,84 cdA | 2,77 |
| Piracema | 128,0 | 119,0 | 123,5 d | 2,55 abB | 2,81 abcA | 2,69 |
| BRSGO-Guará | 150,6 | 144,2 | 147,4 a | 2,41 abA | 2,57 bcA | 2,49 |
| BRS - Formoso | 127,3 | 119,0 | 123,1 d | 2,6 abA | 2,70 abcA | 2,66 |
| Best - 2000 | 128,7 | 114,5 | 121,6 d | 2,51 abA | 2,65 abcA | 2,58 |
| Média Geral | 131,7 A | 122,3 B | | 2,6 | 2,7 | |

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas, nas linhas, pertencem ao mesmo grupo estatístico, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Quanto à característica massa de cem grãos, analisando os cultivares dentro do ambiente de alto N, observa-se maior média do cultivar Ouro Minas, apesar de não ter diferido significativamente dos genótipos que apresentaram massa superior a 2,41g. No ambiente de

baixo N, o cultivar que apresentou maior massa foi BRS-Fronteira (2,89g) apesar de não ter diferido dos genótipos que apresentaram massa superior a 2,65g. Observando os genótipos dentro dos ambientes, nota-se que o acréscimo de N não resultou necessariamente em aumento da massa

de grãos, estes resultados corroboram com os encontrados por Kischel et al. (2011). Para os genótipos BRS-Jaçanã, BRS-Jaburú, BRS-Fronteira e Piracema este acréscimo, resultou inclusive em redução da massa de grãos. O cultivar Metical foi o único que aumentou a massa de grãos com o incremento de N.

A clorofila é uma molécula planar que está sempre ligada a proteínas de forma não covalente e acompanhada de carotenóides. As plantas verdes contêm principalmente clorofila *a*, que corresponde a aproximadamente 75% dos pigmentos verdes totais, e a clorofila *b* que é um pigmento suplementar, na razão aproximada de 3:1, podendo ser encontrado na literatura razões de 2,5 e 4,0 (GROSS, 1991). Neste estudo, como mostra a Tabela 3, observou-se maior razão para BRS-Formoso e Engopa (4,3) e menor razão para BRS-Fronteira (3,9). Observa-se ainda que, tanto entre os cultivares quanto entre os ambientes, não se observou diferença significativa, entre o teor de clorofila *a*.

Os teores obtidos de clorofila *b* foram baixos, resultando em uma alta razão *a/b*, devido provavelmente às condições ambientais da região. Observa-se ainda que, tanto entre os cultivares quanto entre os ambientes, não se observou diferença significativa entre o teor de clorofila *b*.

Quanto ao índice de clorofila total, como pode ser visto na Tabela 3, semelhantemente ao que ocorreu com

os índices de clorofila *a* e *b*, tanto genótipos quanto ambientes não diferiram entre as duas doses de N aplicadas. Pode-se observar, embora não tenha havido diferença significativa, que os teores de clorofila totais não estão altamente correlacionados com a produtividade de grãos, já que o cultivar Ouro Minas, que apresentou maior produtividade de grãos (6.698,6kg.ha⁻¹), obteve um dos menores índices de clorofila total (39,0) e, o cultivar BRS-Fronteira (4.803,7kg.ha⁻¹) obteve um dos maiores índices de (42,0). Esse fato pode estar relacionado com o nível crítico de clorofila, que é o nível acima do qual não é esperada resposta à aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Na Tabela 4 observa-se o comportamento dos genótipos quanto à produtividade de grãos nos ambientes de alto e baixo nitrogênio. Pode-se notar observando a média de produtividades dos genótipos nos diferentes ambientes, que o cultivar Ouro Minas apresentou maior produtividade de grãos (6.698,6kg.ha⁻¹), sem, contudo, diferir significativamente dos demais cultivares. Mesmo não havendo diferença significativa, observa-se uma diferença de produtividade entre os genótipos mais e menos produtivo (BRS-Jaçanã), de aproximadamente 2.000 kg.ha⁻¹, diferença esta, considerada expressiva para os produtores, pois diminui significativamente a receita da propriedade agrícola.

Tabela 3- Índice de clorofila *a* (Clor *a*), índice de clorofila *b* (Clor *b*), índice de clorofila total (Clor total) e relação entre índice de clorofila *a* e *b* (*a/b*) obtidas de doze cultivares de arroz irrigado, cultivados em dois ambientes (alto – 120kg.ha⁻¹ e baixo – 20kg.ha⁻¹ nitrogênio), na Região de Formoso do Araguaia, Tocantins, safra 2009/2010

| Cultivares | Clor <i>a</i> | | | Clor <i>b</i> | | | Clor total | | | <i>a/b</i> |
|---------------|---------------|---------|---------|---------------|---------|--------|------------|---------|--------|------------|
| | Alto N | Baixo N | Média | Alto N | Baixo N | Média | Alto N | Baixo N | Média | |
| BRS-Jaçanã | 32,63 | 32,96 | 32,8 a | 7,79 | 8,1 | 7,94 a | 40,4 | 41,1 | 40,7 a | 4,1 |
| EPAGRI-109 | 33,16 | 32,37 | 32,76 a | 7,92 | 8,53 | 8,23 a | 41,1 | 40,9 | 41,0 a | 4,0 |
| BRS-Jaburú | 33,72 | 33,08 | 33,4 a | 8,19 | 8,25 | 8,22 a | 41,9 | 41,3 | 41,6 a | 4,1 |
| BRS-Fronteira | 34,51 | 32,41 | 33,46 a | 8,42 | 8,65 | 8,54 a | 42,9 | 41,1 | 42,0 a | 3,9 |
| BRS-Alvorada | 34,07 | 32,88 | 33,47 a | 8,17 | 8,08 | 8,12 a | 42,2 | 41 | 41,6 a | 4,1 |
| Metical-1 | 32,25 | 34,21 | 33,23 a | 7,8 | 8,76 | 8,28 a | 40,1 | 43 | 41,5 a | 4,0 |
| Engopa | 31,83 | 31,37 | 31,6 a | 7,36 | 7,43 | 7,4 a | 39,7 | 38,8 | 39,3 a | 4,3 |
| Ouro Minas | 31,9 | 31,08 | 31,49 a | 7,51 | 7,46 | 7,48 a | 39,4 | 38,5 | 39,0 a | 4,2 |
| Piracema | 33 | 32,45 | 32,72 a | 7,9 | 8,28 | 8,09 a | 40,9 | 40,7 | 40,8 a | 4,0 |
| BRSGO-Guará | 32,57 | 33,44 | 33 a | 7,43 | 8,73 | 8,08 a | 40 | 42,2 | 41,1 a | 4,1 |
| BRS-Formoso | 33,06 | 29,76 | 31,41 a | 7,98 | 6,8 | 7,39 a | 41 | 36,6 | 38,8 a | 4,3 |
| Best - 2000 | 34,87 | 33,8 | 34,33 a | 7,97 | 8,5 | 8,24 a | 42,8 | 42,3 | 42,6 a | 4,2 |
| Média Geral | 33,13A | 32,4A | | 7,87A | 8,13A | | 41 A | 40 A | | |

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas, nas linhas, pertencem ao mesmo

grupo estatístico, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

A média de produtividade de grãos nos dois ambientes são muito próximas, mesmo considerando a diferença de nitrogênio aplicado em cada ambiente. Isto se dá, provavelmente, pelo fato de ser uma área de várzea, onde a matéria orgânica presente é elevada, além do fato dos produtores adotarem elevadas e sucessivas adubações em cultivos anteriores. Nota-se que os genótipos BRS-Jaçanã, EPAGRI-109, BRS-Fronteira, BRS-Alvorada,

Metica-1, Piracema e Best-2000 apresentaram decréscimo na produtividade quando submetidos à melhor condição nutricional. Esta ausência de resposta ao incremento de nitrogênio também pode estar relacionada à genética destes genótipos, podendo ser considerados rústicos, o que inviabilizaria sua recomendação para cultivos em propriedades que utilizam alto nível tecnológico.

Tabela 4 - Produtividade de grãos de 12 cultivares de arroz em função de duas doses de adubação nitrogenada (20 e 120kg.ha⁻¹), cultivado em várzea irrigada em Formoso do Araguaia – Tocantins, safra 2009/2010

| Cultivares | Produtividade de grãos (kg.ha ⁻¹) | | |
|-----------------|---|----------|----------|
| | Alto N | Baixo N | Média |
| BRS – Jaçanã | 4638,7 | 4764,6 | 4701,6 a |
| EPAGRI – 109 | 6223,0 | 6241,6 | 6232,3 a |
| BRS – Jaburú | 6601,9 | 6340,8 | 6471,3 a |
| BRS – Fronteira | 4037,1 | 5570,3 | 4803,7 a |
| BRS – Alvorada | 4495,7 | 5607,1 | 5051,4 a |
| Metica – 1 | 4249,4 | 5425,4 | 4837,4 a |
| Engopa | 7278,6 | 6002,7 | 6640,7 a |
| Ouro Minas | 7719,7 | 5677,4 | 6698,6 a |
| Piracema | 4848,5 | 5341,8 | 5095,1 a |
| BRSGO – Guará | 6235,7 | 5345,7 | 5790,7 a |
| BRS – Formoso | 5950,5 | 5364,6 | 5657,6 a |
| Best – 2000 | 5214,3 | 5989,4 | 5601,8 a |
| Média Geral | 5624,4 A | 5639,3 A | |

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na Coluna e maiúscula na linha não difere estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Segundo a metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980), foram classificadas como eficientes no uso de nitrogênio os cultivares BRS-Jaburú, Epagri-109, Engopa, Best-2000 e Ouro Minas (Figura 1), pois obtiveram produtividades acima da média geral do ambiente de baixo N, mostrando-se mais adaptados a condições de estresse nutricional de N. Cultivares eficientes no uso do nitrogênio, são indicados para cultivos de baixa tecnologia onde os produtores não utilizam grandes doses de adubação nitrogenada em função do alto custo deste nutriente.

Os cultivares classificados como responsivos pela metodologia foram Ouro Minas, Engopa, BRSGO-Guará,

BRS-Formoso e BRS-Jaburú, que apresentaram índices de resposta acima da média (-0,15), o que significa que a cada kg de nitrogênio adicionado ao ambiente houve um aumento de produtividade igual ao índice de resposta. Freitas et al. (2001) avaliaram a resposta ao nitrogênio de três cultivares de arroz irrigado e constataram que existem diferenças quanto à resposta à aplicação para a característica produção de grãos, que variou entre 9,6 e 16,1kg de grãos por kg de N aplicado. Cultivares com altos índices de resposta são indicados para produtores de alta tecnologia que utilizam altas adubações.

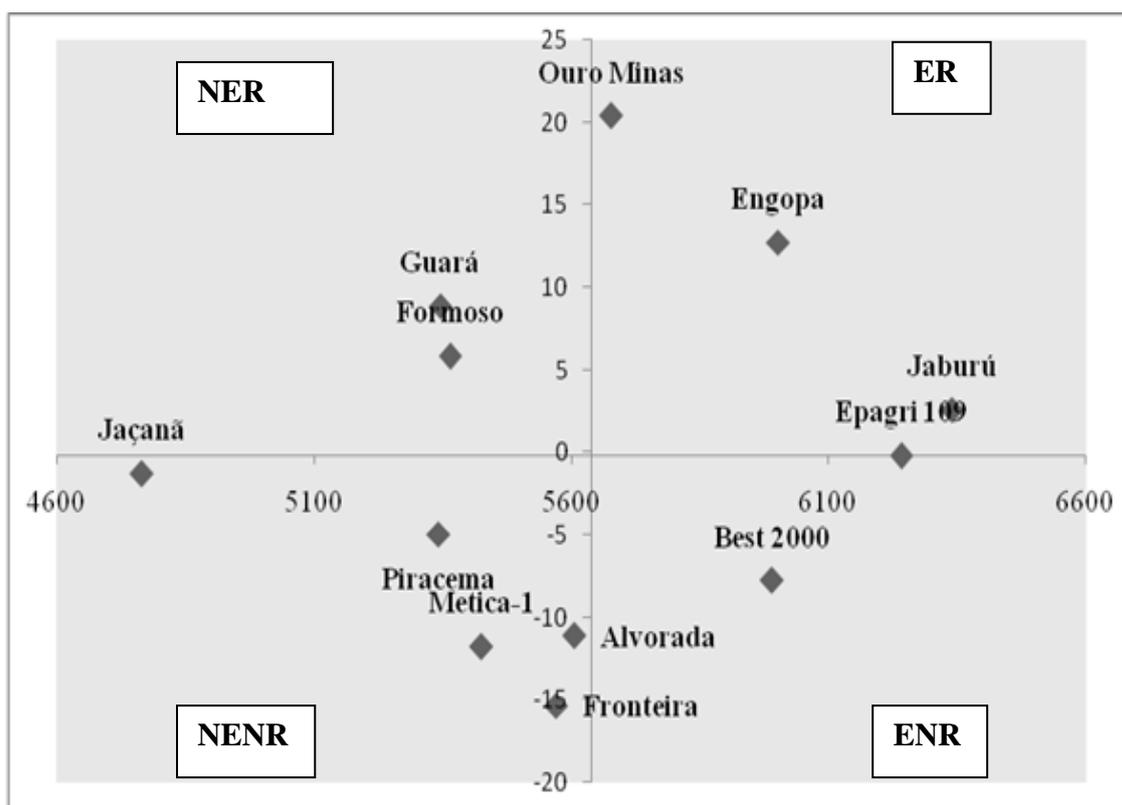


Figura 1 - Eficiência no uso e resposta à aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz, pela metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980). Primeiro quadrante - são representados os cultivares eficientes e responsivos (ER); segundo quadrante - cultivares não eficientes e responsivos (NER); terceiro quadrante - cultivares não eficientes e não responsivos (NENR) e quarto quadrante - cultivares eficientes e não responsivos (ENR).

No primeiro quadrante da Figura 1, encontram-se os cultivares eficientes e responsivos (ER) que foram Ouro Minas, Engopa e BRS-Jaburú. Os cultivares ER são os mais indicados, pois são superiores aos demais para cultivos que utilizam de 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 os cultivares não eficientes e responsivos (NER) que foram BRSGO-Guará e BRS-Formoso. Cultivares classificados como NER são indicados para o cultivo envolvendo alta tecnologia, sendo os mais adotados pelos produtores de arroz irrigado da região.

Os cultivares BRS-Jaçanã, Piracema, Metica-1, BRS-Alvorada e BRS-Fronteira foram classificados como não eficientes e não responsivos (NENR) (Figura 1). Estes cultivares, não são indicados para o cultivo, independente do nível tecnológico a ser utilizado, pois não produzem satisfatoriamente quando cultivados em estresse mineral e também não respondem a adição do nutriente no solo.

A metodologia classificou os cultivares Epagri-109 e Best-2000 como eficientes e não responsivos (ENR) a adubação nitrogenada (Figura 1). Neste quadrante se classificam os cultivares que apresentam alta eficiência na utilização do nitrogênio disponível no solo em baixas

quantidades, porém não respondem ao aumento do nível do nutriente no solo, sendo então recomendado para produtores que utilizam baixa ou nenhuma adubação nitrogenada.

CONCLUSÕES

O ambiente de alto nitrogênio promoveu maiores alturas de plantas;

O índice de clorofila foliar responde positivamente ao incremento da dose do insumo nitrogenado para a maioria dos cultivares estudado;

Os cultivares Ouro Minas, Engopa e BRS-Jaburú são eficientes e responsivos a adubação de N.

LITERATURA CITADA

ANDRADE, W. E. B.; AMORIM NETO, S.; FERNANDES, G. M. B.; OLIVEIRA, H. F. Épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz irrigado na região norte Fluminense. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v. 45, n. 404, p. 14-17, 1992.

BLUM, A. *Plant breeding for stress environments*. Boca Raton: CRC Press, 1988. 232 p.

- BORREL, 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**, East Melbourne, v. 49, n. 2, p. 179-190, 1998.
- BROWN, J. C.; JONES, W. E. Fitting plant nutritionally to soil: I. Soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, n. 3, p. 399-404, 1997.
- BURESH, R. J.; DE DATTA, S. K. Nitrogen dynamics and management in rice legume cropping systems. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 45, n. 1, p. 1-59, 1991.
- CASTRO NETO, M. D. **Resistência genética de uma coleção nuclear e adubação com silício associado com nitrogênio no manejo de arroz no Sul do Estado do Tocantins**. 2009. 66 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi. 2009.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 136 p.
- FAGERIA, N. D.; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília: EMBRAPA/CNPAF, 1980. 22 p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESSES, 1, 1993, Lincoln. **Proceedings...** Lincoln: INTSORMIL, 1993. Publication n. 94-2.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Avaliação de cultivares de arroz para a maior eficiência de absorção de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 6, p. 777-782, 1981.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Avaliação de cultivares de arroz em função de sua tolerância ao baixo nível de fósforo disponível do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 146-151, 1982a.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Avaliação preliminar de cultivares de arroz irrigado para a maior eficiência de utilização de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 12, p. 1709-1712, 1982b.
- 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**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, 2007.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; STONE, L. F. **Manejo de nitrogênio em arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa (Circular Técnica, 58), 2003.
- FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. **Medidor eletrônico do teor de clorofila ClorofiLOG 1030**. 2008. 33 p.
- FERRAZ JUNIOR, 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**, Brasília, v. 32, n. 4, p. 435-442, 1997.
- FERREIRA, C. M.; DELL VILAR, P. M. Aspectos da produção e do mercado de arroz. **Informe Agropecuário**, Viçosa, v. 25, n. 222, p. 11-18, 2004.
- FERREIRA, D. F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA. (SISVAR 4.1. pacote computacional). 2000.
- FREITAS, J. G.; AZZINI, L. E.; CANTARELLA, H.; BASTOS, C. R.; CASTRO, L. H. S. M.; GALLO, P. B.; FELÍCIO, J. C. Resposta de cultivares de arroz irrigado ao nitrogênio. **Scientia Agrícola**, São Paulo, v. 58, n. 3, p. 573-579, 2001.
- GROSS, J. **Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 351 p.
- 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**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 84-89, 2011.
- RANGEL, P. H. N. Desenvolvimento de cultivares de arroz irrigado para o Estado do Tocantins. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 48, n. 424, p. 11-13, 1995.
- RANGEL, P. H. N.; GUIMARÃES, E. P.; RABELO, R. R. **Melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil**. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, p. 14, 2010. Disponível em <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/catalogo/livro/org/arroz/irrigado.pdf>>. Acesso em: 25 setembro 2010.

SANTOS, A. B.; RABELO, R. R. **Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa(Documentos 218), 2008. 136 p.

SEAGRO – SECRETARIA DA AGRICULTURA, DA PECUÁRIA E DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. 2008. Informações sobre a produção agrícola no Tocantins. Disponível em <<http://seagro.to.gov.br/conteudo.php?id=18>>. Acesso em: 24 janeiro 2011.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Oxford, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.

SHARMA, D. K.; SHARMA, D. R. Sustainable use of poor quality water with proper scheduling of irrigation and nitrogen levels for a rice crop. **Water Science and Technology**, Vienna, v. 40, n. 2, p. 111-114, 1999.

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**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 189-194, 2007.

Recebido em 10/01/2012

Aceito em 29/03/2012