

Eficiência do uso de fósforo em genótipos de arroz cultivados em solos de terras altas

Phosphorus use efficiency of rice genotypes grown in upland soils

Leila Paula Tonello¹, Joedna Silva², Danilo Pereira Ramos¹, Sérgio Alves Sousa³, Rodrigo Ribeiro Fidelis^{4*}

RESUMO - Os solos brasileiros são altamente deficientes em nutrientes essenciais ao desenvolvimento da cultura do arroz, principalmente os solos de cerrado. O arroz é extremamente exigente em fósforo e possui produtividade limitada vista à grande indisponibilidade deste nutriente. Objetivou-se com este trabalho verificar a existência de diferenças entre cultivares de arroz quanto à eficiência ao uso de fósforo em solos de terras altas, no sul do Estado do Tocantins. Os cultivares avaliados foram BRS – Primavera, BRSMG – Conai, BRS – Sertaneja, BRS – Bonança, BRS – Aroma, Pepita, Serra Dourada, Bolinha, Japonês e Monarca. Simulando ambientes com baixo e alto nível de fósforo, foram aplicadas doses 20 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As características avaliadas foram altura das plantas, dias para florescimento, número de panículas por m², massa de cem grãos, produtividade de grãos e índices de clorofilas. Desta forma, conclui-se que: (i) os cultivares BRS – Primavera e Bolinha são eficientes e responsivos a adubação de P; (ii) a maior dose de fósforo resultou em maior altura de plantas para os cultivares BRS – Sertaneja, Bolinha, Japonês e Monarca e maior massa de cem grãos para os cultivares BRS – Sertaneja, BRS – Bonança, BRS – Primavera, BRS – Aroma e Monarca, além de proporcionar menor número de dias para florescimento, maior número de panículas, clorofila a, b, total e produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, estresse abiótico, estresse mineral.

ABSTRACT - Brazilian soils are highly deficient in essential nutrients to rice crop development, mainly in cerrado soils. Rice phosphorus requirement is high and the crop yield is often limited by the unavailability of this nutrient. This paper aimed to verify the existence of differences in phosphorus use efficiency among rice cultivars grown in southern upland of Estate of Tocantins. The evaluated cultivars were BRS – Primavera, BRSMG – Conai, BRS – Sertaneja, BRS – Bonança, BRS – Aroma, Pepita, Serra Dourada, Bolinha, Japonês e Monarca. To simulate environments with low and high levels of phosphorus, doses of 20 and 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅ were applied. The evaluated characteristics were plant height, number of days to heading, number of panicles per m², one hundred grains mass, grains yield and chlorophyll indexes. Therefore, it was concluded that: (i) the cultivars BRS – Primavera and Bolinha are efficient and responsive to P fertilization; (ii) the bigger dose of P resulted in higher plant height for cultivars BRS – Sertaneja, Bolinha, Japonês and Monarca and greater one hundred grain mass for cultivars BRS – Sertaneja, BRS – Bonança, BRS – Primavera, BRS – Aroma and Monarca, besides the anticipation of heading date, higher number of panicles, indexes of chlorophyll a, b, total and grain yield.

Key Words: *Oryza sativa*, abiotic stress, mineral stress.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma cultura de grande importância sócio-econômica devido principalmente ao fato de ser componente principal da dieta básica do brasileiro e de outros povos de países em desenvolvimento, o que impõe a busca de novas tecnologias visando acréscimos de produção nos setores produtivos (ROTILI et al., 2010).

É produzido nos ecossistemas de várzea e de terras altas, e apesar deste último ocupar grande porcentagem de área cultivada, responde apenas por 39% da produção nacional devido à baixa produtividade (STONE et al., 2001). No Tocantins, o arroz de terras altas encontra-se distribuído em todo o Estado.

No Brasil de acordo com estimativas da SEAGRO (2010), serão produzidos 11,4 milhões de toneladas de grãos de arroz, numa área de 2,5 milhões de hectares com produtividade de 4490 kg ha⁻¹. Para o Tocantins, a produção estimada é de 440,6 mil toneladas,

numa área de 133,5 mil hectares com rendimentos de 1682 kg ha⁻¹.

Os solos dos Cerrados apresentam baixa disponibilidade de vários nutrientes, sendo o fósforo um dos mais problemáticos devido a diversos fatores, entre eles o processo de adsorção tornando-o indisponível para a absorção das plantas (MIRANDA; MIRANDA, 2003). Limitações na disponibilidade de fósforo podem resultar em reduções da produtividade, pois este nutriente desempenha papel importante em processos vitais no metabolismo vegetal, como a respiração, fotossíntese e transferência de energia (GRANT et al., 2001). Em estudos avaliando genótipos de arroz cultivados em condições ideais e déficit de fósforo, Rotili et al. (2010) e Guimarães et al. (2007) observaram redução da produtividade no cultivo em condições de baixo nível de fósforo.

Segundo Buzetti et al. (2006) o conjunto de atividades desempenhadas pelo produtor, desde a escolha do cultivar, a quantidade de insumos e as técnicas de manejo utilizadas, refletem na produtividade final da

*autor para correspondência

Recebido para publicação em 28/05/2012; aprovado em 30/06/2012

¹Estudantes do curso de Agronomia - Universidade Federal do Tocantins. Gurupi – TO. tonello.lp@hotmail.com, daniloramos05@hotmail.com

²Pesquisadora PNP/CAPEs - Universidade Federal do Tocantins. Gurupi – TO. joedna@mail.uft.edu.br

³Mestrando de Pós-graduação em Produção Vegetal - Universidade Federal do Tocantins. Gurupi – TO. sergioalves_sousa@hotmail.com

⁴Professor Adjunto - Universidade Federal do Tocantins. Gurupi – TO. fidelisrr@uft.edu.br

cultura. (LUCA *et al.*, 2002; SANT ANA, 2000), afirmam que a absorção e utilização de fósforo se dão de forma diferenciada para cada genótipo de arroz, sendo que cada um apresenta exigências nutricionais e tolerâncias diferenciadas para os estresses. Sendo assim materiais que se adaptem a condições de estresse nutricional, conseguem de forma mais eficiente à utilização e distribuição do nutriente na planta. Para Fageria e Barbosa Filho (1982) os custos de produção podem ser reduzidos com a utilização de genótipos que sejam eficientes e responsivos quanto ao uso da adubação fosfatada.

Portanto, objetivou-se com este trabalho verificar a eficiência do uso de alto e baixo nível de fósforo em genótipos de arroz cultivados em terras altas do sul do Estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de alto e baixo nível de P foram realizados em terras altas, na Universidade Federal do Tocantins, município de Gurupi – TO, situada a altitude de 280m, latitude 11° 44'48" S e longitude 49°03'12" O, no ano agrícola de 2010/11.

Para o estudo, foram utilizados os cultivares BRS – Primavera, BRSMG – Conai, BRS – Sertaneja, BRS – Bonança, BRS – Aroma, Pepita, Serra Dourada, Bolinha, Japonês e BRS – Monarca.

O preparo do solo foi realizado com uma gradagem pesada + grade niveladora. A correção da acidez do solo, bem como a adubação de sementeira foi realizada de acordo com análise química e física do solo. Para cada experimento, foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20cm de profundidade, obtendo os seguintes resultados para as amostras de alto P: pH em H₂O = 6,15; M.O (g dm⁻³) = 11,96; P (Melich⁻¹) = 1,70; Ca = 1,72 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,41 cmol_c dm⁻³; H+Al = 2,65 cmol_c dm⁻³; K = 0,37 cmol_c dm⁻³; SB = 3,50 cmol_c dm⁻³; V = 56,90%; 720,81 g kg⁻¹ de areia; 90,53 g kg⁻¹ de sílto e 188,66 g kg⁻¹ de argila. Para o experimento de baixo P foi obtido os seguintes resultados: pH em H₂O = 6,43; M.O (g dm⁻³) = 11,72; P (Melich⁻¹) = 0,70; Ca = 1,59 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,41 cmol_c dm⁻³; H+Al = 2,25 cmol_c dm⁻³; K = 0,15 cmol_c dm⁻³; SB = 3,14 cmol_c dm⁻³; V = 58,24%; 720,81 g kg⁻¹ de areia; 73,86 g kg⁻¹ de sílto e 205,33 g kg⁻¹ de argila, manualmente, no dia 11 de dezembro de 2010.

Para simular ambientes com baixo e alto nível de fósforo, foram utilizadas as doses 20 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de Superfosfato Simples (17% P₂O₅), aplicadas no plantio e descontando o P já presente no solo de cada experimento. Estas duas doses contrastantes de fósforo foram identificadas em experimentos anteriores, para discriminar os cultivares de arroz quanto ao uso de P (FAGERIA, 1991). A adubação de cobertura foi realizada em duas etapas, ambas com 60 kg ha⁻¹ de N na forma de Uréia, sendo a primeira feita por ocasião do perfilhamento efetivo cerca de 30 dias após plantio e a segunda aplicada na diferenciação do primórdio floral cerca de 60 dias após plantio.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela

experimental foi constituída por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 45 cm e 60 sementes por metro linear. Como área útil foram utilizadas as duas linhas centrais com 4,0 metros de comprimento, desprezando as duas linhas laterais.

Os tratos culturais ocorreram mediante uso de capina manual e fungicidas, com produtos devidamente recomendados para a cultura do arroz.

As características avaliadas foram número de dias para florescimento - dias para emissão de 50% das panículas, a partir da data de semeio; altura da planta - medida da superfície do solo até o ápice da panícula do colmo central, excluída a aresta, quando presente; número de panículas por m² - contando-se as panículas em 1 m² da área útil da parcela; produtividade de grãos - produção de grãos limpos com 13% de umidade, em kg ha⁻¹; massa de cem grãos - massa de uma amostra de cem grãos sadios por parcela; índice de clorofila a, índice de clorofila b, relação índice de clorofila a e b e índice de clorofila total - as leituras foram realizadas na folha bandeira, na parte central do limbo foliar em 10 plantas por parcela, em leitura única realizada no início do florescimento. Para as leituras utilizou-se clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG® modelo CFL 1030, produzido pela Falker Automação Agrícola. Os valores dos índices de clorofila foram 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 aplicação do teste F. A análise conjunta foi realizada sob condições de homogeneidade das variâncias residuais. Para comparações entre médias dos ambientes, foi utilizado o teste Tukey e para comparações entre genótipos, foi utilizado o teste Scott-knott ambos a 5% de probabilidade, utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

Para diferenciação dos cultivares quanto à eficiência no uso e resposta a aplicação de fósforo (eficiência e resposta - ER) foi utilizada a metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980). 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 utilizando a seguinte fórmula:

$$IR = (AP - BP)/DEP$$

onde:

IR= Índice de Resposta;

AP = Produção com alto nível de fósforo;

BP = Produção com baixo nível de fósforo;

DEP = Diferença entre as doses de fósforo (kg ha⁻¹).

Foi utilizada uma representação gráfica no plano cartesiano para classificar os cultivares. No eixo das abscissas, encontra-se a eficiência na utilização do fósforo e no eixo das ordenadas, o índice de resposta à sua utilização. O ponto de origem dos eixos é a eficiência média e a resposta média dos cultivares. No primeiro

quadrante é representado 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

Analisando os dados das Tabelas 1 e 2, observa-se efeito significativo da interação cultivar versus ambiente para as características altura de plantas e massa de cem grãos, demonstrando que o ambiente influenciou de forma diferenciada os genótipos estudados. Desta forma, realizou o desdobramento de um fator dentro do

outro. Já para as características número de dias para florescimento, número de panículas, produtividade de grãos, índice de clorofila a, índice de clorofila b, relação índice de clorofila a e b e índice de clorofila total a interação foi não significativa, o que mostra que o ambiente não influenciou de forma diferenciada os genótipos avaliados, desta forma, os fatores foram estudados isoladamente. Observa-se ainda, efeito significativo nos fatores cultivares e ambientes para todas as características avaliadas, excetuando índice de Clorofila b para o fator ambiente, evidenciando variabilidade genética entre os cultivares avaliados, bem como a diferença causada pelos níveis de P.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das características número de dias para florescimento (DF), altura de plantas (AP), número de panículas por m² (NP), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (Prod), de cultivares de arroz de terras altas cultivados em dois níveis de P (ambientes), na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi – TO, Safra 2010/2011.

F.V.	GL	DF (dias)	AP (cm)	NP (und)	MCG (g)	Prod. (Kg ha ⁻¹)
Bloco/Ambiente	6	15,02 ^{ns}	152,48*	1445,67 ^{ns}	0,02*	747792,08*
Cultivar (C)	9	699,14**	1554,62**	7217,23**	0,64**	701535,63**
Ambiente (A)	1	638,45**	2367,48**	40774,96**	0,47**	18076609,80**
C x A	9	14,95 ^{ns}	190,48**	497,23 ^{ns}	0,07**	266991,76 ^{ns}
Resíduo	54	14,67	51,26	901,09	0,01	248447,91
C.V (%)	-	4,64	7,79	28,22	4,25	45,88
Média Geral	-	82,55	91,95	106,36	2,63	1086,48

*significativo a 5%, ** significativo a 1%, ns não significativo pelo teste F.

Nas Tabelas 1 e 2, observa-se ainda, baixos coeficientes de variação (CV), com exceção das características produtividade de grãos (45,88%) e número de panículas por m² (28,22%). Estes elevados coeficientes de variação não são considerados necessariamente como inadequados já que os experimentos simulam condições

de estresse (Blum, 1988). Estudos realizados sob condições de estresse mineral tem resultado em CV elevado, como Fidelis et al. (2010), Fidelis et al. (2009) com a cultura do milho, Salgado (2011) com a cultura do feijão e Cancellier et al. (2011) para a característica produtividade de grãos de arroz.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das características índice de clorofila a (Cla), índice de clorofila b (Cib), relação índice de clorofila a e b (Cla / Cib) e índice de clorofila total (CT), de cultivares de terras altas cultivados em dois níveis de P (ambientes), na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi – TO, Safra 2010/2011.

F.V.	GL	Cla (ICF)	Cib (ICF)	Cla / Cib (ICF)	CT (ICF)
Bloco/Ambiente	6	12,14*	3,03*	0,07 ^{ns}	26,57*
Cultivar (C)	9	16,16**	6,02**	0,23**	38,91**
Ambiente (A)	1	118,63**	0,41 ^{ns}	0,55*	133,20**
C x A	9	3,78 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,05 ^{ns}	5,56 ^{ns}
Resíduo	54	4,60	1,30	0,08	8,71
CV(%)	-	5,90	10,58	8,38	6,26
Média Geral	-	36,38	10,78	3,40	47,16

*significativo a 5%, ** significativo a 1%, ns não significativo pelo teste F.

Quanto ao número de dias para florescimento (Tabela 3), observa-se que os cultivares BRS – Sertaneja, Bolinha e Japonês apresentaram florescimento mais tardio, variando de 93 a 96 dias. Já o cultivar BRSMG – Conai mostrou-se mais precoce, com aproximadamente 68 dias para florescimento, valor este, inferior aos 82 DAE (dias após emergência) encontrado por Silva et al. (2009) para o mesmo cultivar em condições normais de cultivo. Segundo Streck et al. (2006), muitas variedades de arroz possuem o seu ciclo de desenvolvimento influenciado pela

temperatura e fotoperíodo, o que caracteriza o arroz como planta de dia curto. Dessa forma a diferença no florescimento para o cultivar BRSMG – CONAI, quando cultivado no estado do Tocantins em relação à Cassilândia - MS, se deve provavelmente à estes dois fatores que agindo conjuntamente promoveram a antecipação do ciclo do cultivar.

Tabela 3 - Médias das características número de dias para florescimento (DF), altura de planta (AP) e número de panículas por m² (NP), de genótipos de arroz cultivados com alta e baixa dose de P (120 e 20 kg.ha⁻¹), em terras altas na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi – TO, safra 2010/2011.

Cultivar	DF (dias)			AP (cm)			NP (und)		
	Alto P	Baixo P	Média	Alto P	Baixo P	Média	Alto P	Baixo P	Média
BRS-Sertaneja	95,00	97,00	96,00 a	72,00 eA	64,00 dA	68,00	77,00	33,00	55,00 d
BRS-Bonança	75,00	81,00	78,00 c	90,00 dA	79,00 cB	84,00	141,00	87,00	114,00 b
BRS-Primavera	75,00	79,00	77,00 c	102,00 cA	97,00 aA	100,00	129,00	82,00	105,00 b
BRSMG-Conai	66,00	69,00	68,00 d	82,00 eA	83,00 cA	83,00	174,00	129,00	152,00 a
BRS-Aroma	75,00	83,00	79,00 c	93,00 dA	87,00 bA	90,00	121,00	117,00	119,00 b
Pepita	75,00	83,00	79,00 c	95,00 dA	89,00 bA	92,00	166,00	105,00	136,00 a
Serra Dourada	75,00	79,00	77,00 c	87,00 dA	81,00 cA	84,00	153,00	101,00	127,00 a
Bolinha	90,00	97,00	93,00 a	134,00 aA	104,00 aB	119,00	114,00	69,00	91,00 c
Japonês	93,00	98,00	95,00 a	118,00 bA	91,00 bB	104,00	87,00	44,00	66,00 d
Monarca	78,00	89,00	84,00 b	100,00 cA	89,00 bB	95,00	127,00	71,00	99,00 b
Média Geral	80,00 B	85,00 A	-	97,00	87,00	-	129,00 A	84,00 B	-

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott - Knott, e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se que o ambiente de estresse de fósforo aumentou o número de dias para florescimento da cultura em 5 dias. De acordo com Taiz; Zeiger (2004), ocorre uma antecipação do florescimento em plantas devido o estresse nutricional de fósforo. Terra (2008) também obteve aumento no número de dias para florescimento em condições de estresse hídrico, justificando a possível explicação ao fato de nessas condições estressantes a planta não ter apresentado reservas suficientes de fotoassimilados para o início do florescimento, sendo desta forma os fotoassimilados existentes direcionados para produção vegetativa, aumentando a área de produção e posteriormente redirecionados para o florescimento e enchimentos de grãos, mostrando assim, possível adaptação desses genótipos à condição estressante. Possivelmente o estresse mineral de fósforo em que foram submetidos os cultivares fez com que estes se comportassem de forma semelhante aos genótipos que sofreram estresse hídrico.

Para altura de plantas (Tabela 3), verifica-se para o ambiente de alto P maior média do cultivar Bolinha (134 cm) e menores médias para os cultivares BRS – Sertaneja e BRSMG – Conai (abaixo de 83 cm). Para o ambiente de baixo P, a maior média também foi obtida pelo cultivar Bolinha (104 cm), apesar de não diferir significativamente do cultivar BRS – Primavera (97 cm). Observa-se ainda, que os cultivares BRS – Sertaneja, BRS – Primavera, BRSMG – Conai, BRS – Aroma, Pepita e Serra Dourada, não responderam à melhoria do ambiente, já que as plantas não aumentaram sua estatura com o acréscimo de P. Os cultivares BRS – Bonança, Bolinha, Japonês e Monarca, por sua vez, apresentaram aumento na altura de plantas com o acréscimo da dose de P. Segundo Castro Neto (2009), alturas em torno de 0,90 m são consideradas satisfatórias para o cultivo mecanizado na região, e que alturas acima de 1,00 m tornam os cultivares mais

suscetíveis ao acamamento, ocasionando em prejuízos aos orizicultores.

Quanto à característica número de panículas por m² (Tabela 3), verifica-se que o cultivar BRSMG – Conai obteve maior média, porém, não diferiu significativamente dos cultivares Pepita e Serra Dourada. A redução do nível de fósforo ocasionou diminuição do número de panículas por m². Segundo Fageria (2007) e Barbosa Filho (1989), quanto maior o número de panículas por área, maior será a produtividade e esses valores podem ser aumentados com aplicação de P.

Analisando os dados apresentados nas Tabelas 4 e 5, observa-se que os cultivares BRS – Bonança, BRS – Primavera e Bolinha compuseram o grupo estatístico que apresentaram os maiores índices de clorofila a, b e total. O cultivar Monarca também compôs o grupo estatístico de maiores médias para o índice de clorofila a e total. Observa-se que o ambiente onde se aplicou maior dose de fósforo, resultou em maiores médias de clorofila a, clorofila total e relação Cla/Clb. Quanto a clorofila b, não observou-se acréscimo com o aumento da dose de P. Foi observado uma relação direta dos índices de clorofila com a produtividade (Tabela 6), pois os cultivares BRS – Bonança, BRS – Primavera, Bolinha e Monarca que apresentaram os maiores índices de clorofila, também se enquadram no grupo de maiores rendimentos de grãos por hectare.

Para a característica massa de cem grãos (Tabela 6), cinco dos dez cultivares avaliados responderam de forma positiva ao acréscimo do elemento fósforo, sendo eles BRS – Sertaneja, BRS – Bonança, BRS – Primavera, BRS – Aroma e Monarca. Os demais cultivares não aumentaram a massa específica de grãos com a adubação fosfatada. O cultivar BRSMG – Conai apresentou a maior massa específica de grãos entre os genótipos, tanto em condições de alto como em baixo P.

Tabela 4 - Médias das características clorofila a (Cla) e clorofila b (Cib) de genótipos de arroz cultivados em alto e baixo nível de P (120 e 20 kg ha⁻¹), em terras altas na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi – TO, safra 2010/2011.

Cultivar	Cla (ICF)			Cib (ICF)		
	Alto P	Baixo P	Média	Alto P	Baixo P	Média
BRS-Sertaneja	36,10	35,20	35,70 b	9,90	10,60	10,30 b
BRS-Bonança	39,30	37,20	38,30 a	12,50	11,90	12,20 a
BRS-Primavera	38,80	35,50	37,10 a	11,70	11,80	11,70 a
BRSMG-Conai	37,30	34,60	35,90 b	10,80	10,20	10,50 b
BRS-Aroma	37,60	33,70	35,60 b	10,10	9,30	9,70 b
Pepita	38,10	34,60	36,40 b	10,70	10,90	10,80 b
Serra Dourada	36,10	32,30	34,20 b	9,80	9,40	9,60 b
Bolinha	37,80	37,50	37,70 a	11,30	12,00	11,60 a
Japonês	36,20	33,20	34,70 b	10,50	10,20	10,30 b
Monarca	38,50	38,10	38,30 a	11,30	10,60	11,00 b
Média	37,60 A	35,20 B	-	10,90 A	10,70 A	-

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott - knott, e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

Tabela 5 - Médias das características relação índice de clorofila a e b (Cla/Cib) e clorofila total (CT) de genótipos de arroz cultivados em alto e baixo nível de P (120 e 20 kg ha⁻¹), em terras altas na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi – TO, safra 2010/2011.

Cultivar	CL a / CL b (ICF)			CT(ICF)		
	Alto P	Baixo P	Média	Alto P	Baixo P	Média
BRS-Sertaneja	3,70	3,30	3,50 a	46,10	45,80	45,90 b
BRS-Bonança	3,10	3,10	3,10 b	51,80	49,10	50,50 a
BRS-Primavera	3,30	3,10	3,20 b	50,50	47,30	48,90 a
BRSMG-Conai	3,50	3,40	3,40 a	48,10	44,80	46,50 b
BRS-Aroma	3,80	3,60	3,70 a	47,70	43,00	45,30 b
Pepita	3,60	3,20	3,40 a	48,90	45,50	47,20 b
Serra Dourada	3,70	3,40	3,60 a	46,00	41,70	43,80 b
Bolinha	3,40	3,20	3,30 b	49,10	49,50	49,30 a
Japonês	3,50	3,30	3,40 a	46,70	43,40	45,00 b
Monarca	3,40	3,60	3,50 a	49,90	48,60	49,30 a
Média	3,50 A	3,30 B	-	48,50 A	45,90 B	-

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott - knott, e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

Tabela 6 - Médias das características massa de cem grãos e produtividade de grãos, de genótipos de arroz cultivados em alto e baixo nível de P (120 e 20 kg ha⁻¹), em terras altas na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi – TO, safra 2010/2011.

Cultivar	MCG (g)			PROD (Kg ha ⁻¹)		
	Alto P	Baixo P	Média	Alto P	Baixo P	Média
BRS-Sertaneja	2,50 dA	2,30 dB	2,40	732,00	301,00	517,00 b
BRS-Bonança	2,60 cA	2,40dB	2,50	1712,00	895,00	1303,00 a
BRS-Primavera	2,70 cA	2,50 cB	2,60	2067,00	648,00	1358,00 a
BRSMG-Conai	3,30 aA	3,30 aA	3,30	1856,00	919,00	1387,00 a
BRS-Aroma	2,50 dA	2,20 dB	2,40	1034,00	592,00	813,00 b
Pepita	2,50 dA	2,50 cA	2,50	2051,00	571,00	1311,00 a
Serra Dourada	2,40 eA	2,30 dA	2,30	1419,00	531,00	975,00 b
Bolinha	2,80 cA	2,70 bA	2,80	1742,00	735,00	1238,00 a
Japonês	2,70 cA	2,90 bA	2,80	1187,00	400,00	794,00 b
Monarca	3,00 bA	2,50 cB	2,80	1819,00	520,00	1170,00 a
Média Geral	2,70	2,60	-	1562,00 A	611,00 B	-

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott - knott, e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

As maiores produtividades de grãos foram obtidas pelos cultivares BRSMG – Conai, BRS – Primavera, Pepita, BRS – Bonança, Bolinha e Monarca, sendo estas ainda acima da média para o Estado do Tocantins, que foi de 1682 kg ha⁻¹ na safra 2009/2010 (SEAGRO, 2010). Provavelmente, o estresse hídrico ocorreu a partir da fase de diferenciação dos primórdios

florais, com cerca de 10 dias, resultou em elevada esterilidade das espiguetas (Figura 1). Segundo Heinemann (2010), há perdas acima de 60% da produtividade, devido ao estresse hídrico na cultura do arroz de terras altas a partir de 10 dias antes do período de florescimento, sendo crítico na fase de enchimento de grãos.

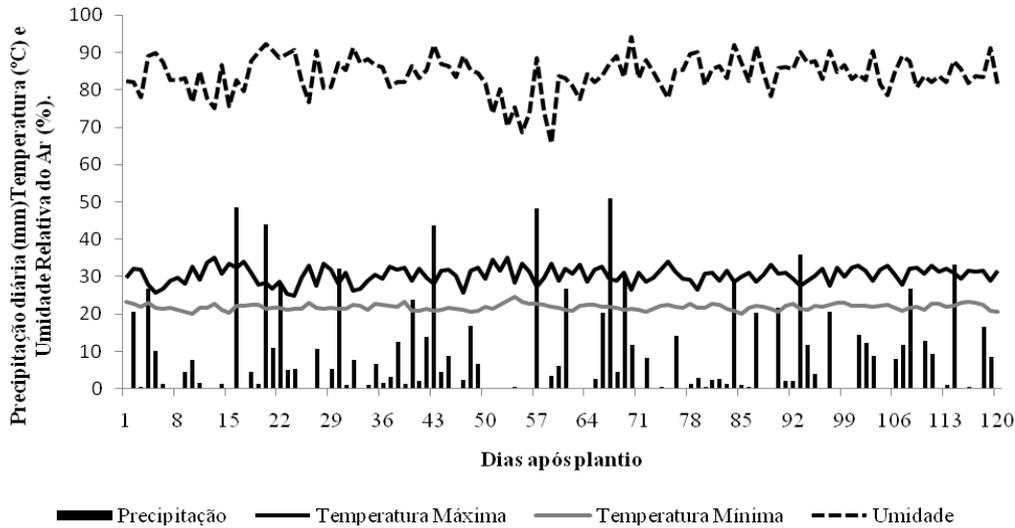


Figura 1. Precipitação diária, temperatura máxima, temperatura mínima, e umidade relativa do ar a partir da data de plantio até a data de colheita, Gurupi – TO, safra 2010/2011.

Os cultivares BRSMG – Conai e Pepita compuseram o grupo mais produtivo, provavelmente pelo maior perfilhamento no período vegetativo e consequentemente, maiores números de panículas por m². Os cultivares BRS – Primavera, BRS – Bonança, Bolinha e Monarca apresentaram maiores índices de clorofila e por isso também compuseram este grupo. Rotili *et al.* (2009) encontraram produtividade semelhante (1875 kg ha⁻¹) para o cultivar BRSMG – Conai em ambiente de alto P na safra 2007/2008.

Segundo a metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980), foram classificados como eficientes

no uso de fósforo, os cultivares BRSMG – Conai, BRS – Bonança, Bolinha e BRS – Primavera, pois obtiveram as maiores produtividades em ambientes de baixo P, portanto, sendo encontrados no primeiro e quarto quadrantes da figura 2. Esta eficiência é em resposta ao melhor processo de absorção, assimilação, translocação e redistribuição de P desses cultivares em relação aos demais, mostrando-se assim, mais adaptados às condições de estresse nutricional. Segundo Matias (2006), plantas eficientes na absorção de P são aquelas que acumulam maiores quantidades do elemento quando cultivadas em baixo nível de P.

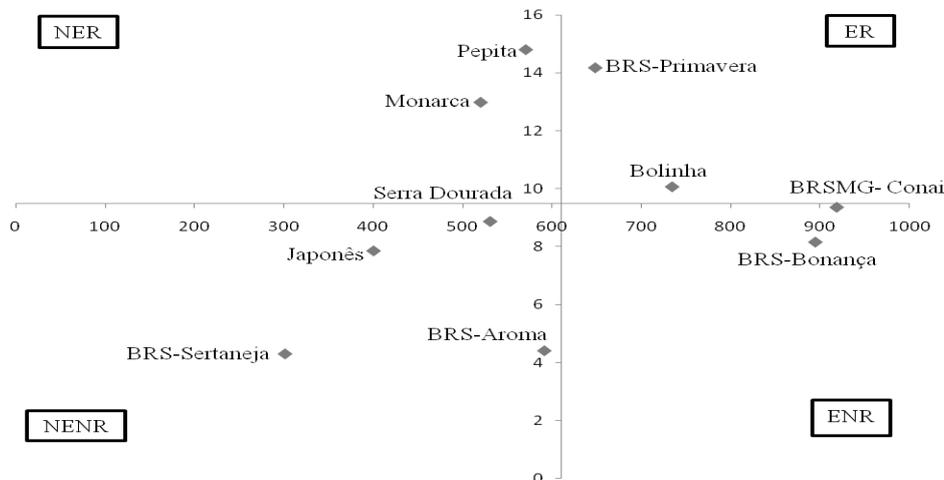


Figura 2. Eficiência no uso e resposta a aplicação de fósforo em cultivares de arroz, pela metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980).

Quanto à resposta a aplicação de P, os cultivares Pepita, BRS – Primavera, Monarca e Bolinha apresentaram os maiores índices e se encontram no primeiro e segundo quadrantes da figura 2. Esses valores indicam que para cada quilograma de fósforo adicionado ao ambiente, há um aumento de produtividade igual ao índice de resposta.

Desta forma, apenas os cultivares BRS-Primavera e Bolinha foram considerados eficientes quanto ao uso e responsivos à aplicação de fósforo, sendo, portanto, recomendados para cultivo em propriedades que adotam desde baixo, médio e alto nível tecnológico (insumos). Esses resultados não corroboram com os encontrados por Matias (2006), que classificou o cultivar BRS – Primavera, como não-eficiente e responsivo. Isso se deu provavelmente porque no estudo o grupo de cultivares avaliados foi outro e este cultivar não apresenta, quando comparado aos outros, média acima da média geral em ambiente de baixo P. Os cultivares BRS – Primavera e Bolinha aumentaram suas produtividades em 14 e 10 kg ha⁻¹ respectivamente, para cada quilograma de fósforo adicionado. Estes cultivares proporcionaram produtividade média em ambiente de alto P abaixo da média de produtividade do Estado do Tocantins, que é de 3256 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012).

Os cultivares Pepita e Monarca foram classificados como não eficientes e responsivos, pois produziram abaixo da média dos genótipos sob ambiente de baixo nível de fósforo, apresentaram índices de resposta acima da média, assim para cada kg de fósforo adicionado ao ambiente houve um aumento de produtividade igual ao índice de resposta 15 e 13 kg ha⁻¹ respectivamente e por isso encontram-se, no segundo quadrante da figura 2. Cultivares do grupo não eficientes e responsivos são os mais indicados aos produtores que dispõem de nível tecnológico elevado, pois dispõem de condições financeiras que permite o incremento de adubação fosfatada, ocasionando em aumento de produtividade.

Foram classificados como não eficientes e não responsivos os cultivares Serra Dourada, Japonês, BRS – Sertaneja e BRS – Aroma, pois produziram abaixo da média em ambiente de baixo e alto nível de P. De acordo com a metodologia utilizada, cultivares classificados como não eficientes e não responsivos não são recomendados para serem produzidos em propriedades rurais, nem mesmo naquelas que utilizam baixo nível tecnológico, pois não produzem satisfatoriamente quando submetidos a estresse mineral e não respondem a aplicação do nutriente no solo. Estes resultados estão em desacordo com os encontrados por Rotili et al. (2010), que classificaram o cultivar BRS – Sertaneja como eficiente e não responsivo, provavelmente por trabalharem com outro grupo de cultivares.

No quarto quadrante encontram-se os cultivares BRS – Bonança e BRSMG – Conai, classificados como eficientes e não responsivos, pois não responderam à melhoria do ambiente. Genótipos eficientes e não responsivos são recomendados para cultivo em

propriedades que utilizam de baixo nível tecnológico. Resultado que também não corrobora os encontrados por Rotili et al. (2010), onde o cultivar BRSMG – Conai foi classificado com não eficiente e responsivo.

CONCLUSÕES

1. Os cultivares BRS – Primavera e Bolinha são eficientes e responsivos a adubação de P;
2. A maior dose de fósforo resultou em maior altura de plantas para os cultivares BRS – Sertaneja, Bolinha, Japonês e Monarca e maior massa de cem grãos, para os cultivares BRS – Sertaneja, BRS – Bonança, BRS-Primavera, BRS – Aroma e Monarca, além de proporcionar menor número de dias para florescimento, maior número de panículas por m², clorofila a, b, total e produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M. P. Adubação do arroz de sequeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p. 32-38, 1989.
- BLUM, A. **Plant breeding for stress environments**. Boca Raton: CRC Press, 1988.
- BUZETTI, S.; BAZANINI, G. C.; FREITAS, J. G. de; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; MEIRA, F. de A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 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**, Recife, v. 6, n.4, p. 650-656, 2011.
- 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. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Federal do Tocantins - UFT, Campus de Gurupi, 2009.
- FAGERIA, N. D; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília: EMBRAPA/CNPAP, 22p. 1980.
- FAGERIA, N. K. Resposta de cultivares de arroz a fertilizante fosfatado em Latossolo Vermelho Escuro do Brasil Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15. n. 1, p.63-7, 1991.
- FAGERIA, N. K. Yield physiology of rice. **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 30, n.6, p.843-879, 2007.
- 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, 1982.

- FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. **Medidor eletrônico do teor de clorofila ClorofiLOG 1030**. 2008. 33 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.
- FIDELIS, R. R., MIRANDA, G. V.; FALUBA, J. S. Capacidade de combinação de populações de milho tropicais sob estresse de baixo nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 358-366, 2010.
- FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; ERASMO, E. A. L. Seleção de populações base de milho sob alta e baixa dose de fósforo em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 285-293, 2009.
- GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**: encarte de informações agronômicas n. 95. Piracicaba: Potafós, 2001.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; NEVES, P. C. F. Resposta fenotípica de arroz de terras altas ao estresse de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 578-584, 2007.
- HEINEMANN, A. B. Caracterização dos padrões de estresse hídrico para a cultura do arroz (ciclo curto e médio) no estado de Goiás e suas conseqüências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 34, n. 1, p. 29-36, 2010.
- LUCA, E.F.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; CHITOLINA, J.C. Eficiência de absorção de fósforo (P) por mudas de eucalipto e arroz. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 543-547, 2002.
- MATIAS, G. C. S. Eficiência nutricional de fontes de fósforo com solubilidade variável em água em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). 2006. 93f. **Dissertação** (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. **Efeito residual da adubação fosfatada para a cultura do arroz em solo do cerrado**. Planaltina, DF, Fevereiro, 2003. (Comunicado Técnico Técnico, 87).
- ROTILI, E. A. Eficiência e resposta quanto ao uso de nitrogênio e fósforo de cultivares de arroz em solos de várzea irrigada e terras altas no sul do estado de Tocantins. 2009. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins - UFT, Campus de Gurupi, 2009.
- ROTILI, E. A.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, M. M.; BARROS, H. B.; PINTO, L. C. Eficiência do uso e resposta à aplicação de fósforo de cultivares de arroz em solos de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 705-710, 2010.
- SALGADO, F. H. M. Efeito do nitrogênio na produtividade de grãos e qualidade fisiológica de sementes de genótipos de feijão comum. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, 2011.
- SANT ANA, E. V. P. Comportamento de genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) de terras altas em dois níveis de fósforo em solo e in vitro. 2000. 143 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Goiânia, Goiânia.
- SEAGRO – SECRETARIA DA AGRICULTURA, DA PECUÁRIA E DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. 2010. **Evolução da produção de arroz**. Disponível em <<http://central2.to.gov.br/arquivo/14/5100>>. Acesso em: 20 novembro 2010.
- SILVA, E. A.; SORATTO, R. P.; ADRIANO, E.; BISCARO, G. A. Avaliação de cultivares de arroz de Terras Altas sob condições de sequeiro em Cassilândia, MS. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 298-304, 2009.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; RABELO, R. R.; BIAVA, M. Arroz: **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão: Embrapa informação tecnológica, 232p, 2001.
- STRECK, N. A.; BOSCO, L. C.; MICHELON, S.; ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; DE PAULA, G. M.; CAMERA, C.; LAGO, I.; MARCOLIN, E. Avaliação de resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 533-541, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TERRA, T. G. R. Avaliação de características morfofisiológicas de tolerância a seca em uma coleção nuclear de acessos de arroz de terras altas (*Oryza sativa* L.). 2008. 70f. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2008.