

Avaliação de cultivares de arroz (*Oryza sativa*) de terras altas quanto à deficiência hídrica

Adriano Pereira de Castro¹, Cléber Morais Guimarães², Orlando Peixoto de Morais³ e José Manoel Colombari Filho⁴

Resumo

O cultivo do arroz de terras altas destaca-se na região dos Cerrados. Nessa região a ocorrência de veranicos é comum, o que contribui para que o arroz de terras altas seja considerado uma cultura de alto risco. O desenvolvimento de cultivares tolerantes com ampla adaptação à diversidade local e temporal, através do melhoramento genético de plantas, é uma das estratégias mais promissoras para a minimização do problema. Um dos objetivos do programa de melhoramento do arroz de terras altas da Embrapa é o incremento da tolerância ao estresse hídrico. Nos anos de 2011 e 2012, foram instalados ensaios denominados Viveiros de Tolerância à Seca (VTS), em Porangatu/GO, sob duas condições hídricas distintas, ou seja, sob a presença de estresse hídrico e sob condições adequadas de suprimento de água. Os ensaios VTS foram compostos por 38 cultivares de arroz de terras altas lançadas pela Embrapa e outras instituições desde 1984. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de cultivares de arroz de terras altas quanto à tolerância ao estresse hídrico. Destacaram-se as cultivares Douradão, Guarani e BRS Esmeralda por apresentarem alta produtividade tanto sob condições adequadas de água no solo quanto sob estresse hídrico.

Introdução

O cultivo do arroz de terras altas destaca-se na região dos Cerrados. Nessa região, a pluviometria anual está em torno dos 1200-1500 mm, distribuídos ao longo dos meses de outubro a abril (Pinheiro 2003). Todavia, durante os meses de janeiro a março, podem ocorrer períodos de deficiência hídrica, chamados de veranicos. Esta situação contribui para que o arroz de terras altas seja considerado uma cultura de risco, fazendo com que o desenvolvimento de linhagens mais tolerantes à deficiência hídrica, seja uma das linhas de pesquisa prioritária para essa cultura. A ocorrência do estresse hídrico causa uma série de problemas que afetam de maneira significativa o desenvolvimento da planta e a produtividade. As principais consequências diretas são o atraso do florescimento e aumento de ciclo, esterilidade de espiguetas, má emissão de panículas, má formação dos grãos, menor porcentagem de grãos cheios, redução do peso médio dos grãos, morte de tecidos foliares e redução da produtividade (Fisher et al. 2003, Ndjiondjop et al. 2012).

Tolerância à deficiência hídrica é uma característica cujo controle genético é complexo e de difícil avaliação em nível de campo. Em arroz, existe variabilidade genética para diferentes mecanismos de tolerância ao estresse hídrico (Pinheiro et al., 2006). O melhoramento genético do arroz de terras altas pode contribuir no incremento da tolerância e minimizar os impactos dos veranicos. O desenvolvimento de cultivares tolerantes com ampla adaptação a diversidade local e temporal, através do melhoramento, é uma das estratégias mais promissoras para a minimização do problema e representa um dos desafios do programa de melhoramento do arroz de terras altas da Embrapa. Entretanto, apesar dos progressos já alcançados, existe a contínua necessidade do desenvolvimento de novas linhagens promissoras. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de cultivares de arroz de terras altas lançadas entre o período de 1984 e 2013 quanto à tolerância ao estresse hídrico.

Material e Métodos

Em 2011 e 2012, foram avaliados os ensaios do Viveiro de Tolerância à Seca (VTS), na estação seca, em experimentos conduzidos no sítio experimental da Emater-GO, em Porangatu/GO, sob duas condições hídricas distintas, ou seja, sob a presença de estresse hídrico e sob condições adequadas de suprimento de água. O controle do turno de irrigação foi ajustado conforme a evapotranspiração da cultura, através do auxílio de tensiômetros alocados sistematicamente dentro da área experimental. O ambiente sem deficiência

1 Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão – CNPAF/Embrapa. e-mail: adriano.castro@embrapa.br

2 Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão – CNPAF/Embrapa. e-mail: cleber.guimaraes@embrapa.br

3 Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão – CNPAF/Embrapa. e-mail: orlando.morais@embrapa.br

4 Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão – CNPAF/Embrapa. e-mail: jose.colombari@embrapa.br

hídrica foi caracterizado por condições adequadas de água no solo, - 0,025 MPa a 15 cm de profundidade, durante todo o desenvolvimento das plantas e o outro apenas até aos 45 dias após a emergência, quando foi iniciado o estresse hídrico. Durante o período de deficiência hídrica foi aplicada aproximadamente 50% da lâmina de água aplicada no experimento sem deficiência hídrica.

Os ensaios VTS foram compostos por 38 cultivares de arroz de terras altas lançadas pela Embrapa (36) e outras instituições (2) e 18 linhagens-élite do programa de melhoramento da Embrapa. As linhagens-élite foram distintas entre as duas safras, por isso optou-se por demonstrar apenas os resultados comparativos entre as cultivares de arroz de terras altas. O delineamento experimental utilizado foi o látice retangular 6x9 triplo, totalizando 162 parcelas por ensaio ou 648 parcelas nos quatro ensaios (2011 e 2012). As parcelas foram compostas por 4 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,35 m e densidade de plantio de 60 sementes por metro. Foram avaliados os caracteres altura de plantas (cm), floração (dias) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹). Além disso, foi atribuída uma nota visual de suscetibilidade à seca (nota varia de 1 a 5, sendo a nota 1 a parcela com plantas mortas pelo estresse hídrico e nota 5, a parcela com plantas sem sintomas de estresse).

Os resultados dos VTS foram analisados individualmente, em conjunto por safra e em conjunto por regime hídrico através do programa SAS (SAS Institute 2012), por meio de seus procedimentos *glm* e *mixed*. O seguinte modelo misto foi adotado para análise conjunta (Cochran and Cox 1966): , em que y_{ijkl} é a observação do genótipo i , na repetição j , no bloco k , na safra l , no regime hídrico m ; μ é a média geral; α_l é o efeito aleatório da safra ($L = 2$; sendo as safras 2011 e 2012); β_m é o efeito fixo do regime hídrico ($M = 2$; sendo um regime hídrico adequado e o outro o estresse); γ_i é o efeito fixo dos genótipos ($i = 1, 2, \dots, I$); δ_j é o efeito aleatório de repetição ($j = 1, 2, \dots, J$), dentro do regime hídrico; ϵ_k é o efeito aleatório de bloco ($k = 1, 2, \dots, K$), dentro da repetição e dentro do regime hídrico; ζ_{lm} é o efeito aleatório da interação genótipo x safra, assumindo; η_{im} é o efeito fixo da interação genótipo x regime hídrico, assumindo; θ_{lm} é o efeito aleatório da interação safra x regime hídrico, assumindo; e ϵ é o erro experimental associado à $ijklm$ -ésima parcela, assumindo independente e idênticamente distribuído, sob $N(0, \sigma^2)$.

Resultados e Discussão

A análise estatística conjunta dos dados permitiu a detecção de significância apenas para blocos dentro de repetições dentro de regime hídrico, genótipos, interações regime hídrico x safra e regime hídrico x safra x cultivares (Tabela 1). A detecção de diferenças significativas entre cultivares era esperada, principalmente se considerando a diversidade genética entre o grupo. Já com relação aos diferentes regimes hídricos também era esperada a detecção de significância, o que não foi confirmado pelos resultados da análise estatística. A significância da interação regime hídrico x safra demonstrou que houve variação significativa entre os regimes hídricos dependendo do ano de condução dos ensaios. Isso é percebido pelo incremento na produtividade dos ensaios conduzidos em 2012 em relação a 2011 (Figura 1). Já a detecção de significância para a interação tripla, demonstra a ocorrência de variação comportamento das cultivares quanto à produtividade dependendo do regime hídrico e safras.

A produtividade média considerando todos os ensaios foi de 2351 kg ha⁻¹. Já a precisão experimental foi verificada pelo coeficiente de variação e acurácia. O coeficiente de variação encontrado foi de 28,1 % e a acurácia foi de 0,96. O valor do CV, considerado um pouco alto, reflete a fragilidade da estimativa do CV em ensaios onde as médias são menores devido ao estresse aplicado, o que penaliza a precisão experimental. Essa observação é visível também nos CVs encontrados nas análises individuais para os distintos regimes hídricos. Já o valor encontrado para acurácia confirma a boa precisão experimental dos ensaios conduzidos nas duas safras.

Através das análises individuais por regime hídrico nas duas safras, percebe-se que a depressão ocasionada pelo estresse hídrico foi de 1699 kg ha⁻¹, ou seja, o estresse reduziu a produtividade em 52,9 %. Essa redução na produtividade também foi acompanhada por um aumento de 4,3 dias no ciclo das plantas ou 5,4 % e de uma redução de 10,4 cm na altura média das plantas ou 11,8 % (Figura 1). A avaliação visual das plantas através da nota de seca também demonstra o impacto do estresse no arroz. A média foi 31 % inferior nos ensaios sob estresse. Esses dados demonstram o efeito do estresse em características diversas da planta, alterando a fisiologia e morfologia das mesmas. O impacto de todas essas alterações é percebido de maneira

intensa na redução de produtividade das plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores (Ndjiondjop et al. 2012).

A tabela 2 mostra o comportamento de cada variedade nos diferentes regimes hídricos. Entre as cultivares testadas, pode-se destacar a BRS Aimoré, Douradão, Guarani e Tangará. Essas cultivares foram as quatro mais produtivas no ambiente sob estresse. Uma característica comum entre essas cultivares é o fato de serem mais precoces com 64, 65, 64 e 66 dias respectivamente para floração. Quando se compara esses valores ao da média geral para floração (86,8 dias) nota-se uma precocidade de mais de 20 dias. Essa correlação entre tolerância ao estresse hídrico e precocidade já foi relatada anteriormente (Guimarães et al. 2010).

Tabela 1. Análises de variância para os dois regimes hídricos (H) (estresse e irrigado) e conjunta, coeficiente de variação experimental (CV%), média geral para o caráter produção de grãos (em kg ha⁻¹). FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; QM: quadrado médio.

Análise individual				Análise conjunta			
FV	GL	QM		FV	GL	QM	
		Estresse	Irrigado				
Safra (S)	1	611.460,0 ^{ns}	60.419.774,9 ^{**}	Safra (S)	1	26.677.083,2	ns
Repetição (R)	2	2.212.615,1 ^{ns}	491.400,0 ^{ns}	Regime Hídrico (H)	1	194.017.663,4	ns
Bloco / R	15	704.115,2 ^{**}	711.007,5 ^{ns}	Repetição (R) / H	4	1.352.007,6	ns
Genótipos (G)	60	968.273,9 ^{ns}	2.483.837,2 ^{**}	Bloco / R / H	30	707.561,4	*
S x G	44	1.022.384,6 ^{**}	1014886,5 [*]	Genótipos (G)	60	2.113.366,4	**
				H x S	1	41.048.713	**
				H x G	59	1.264.074,6	ns
				S x G	44	726.325,8	ns
				H x S x G	41	1.355.318,1	**
Resíduo	131	312.327,0	564.542,6	Resíduo	28	437.951,6	
Média Geral		1.510	3.209	Média Geral		2.351	
CV%		37,0	23,4	CV%		28,1	

^{ns}, * e **: não significativo, significativo 5% e 1%, respectivamente.

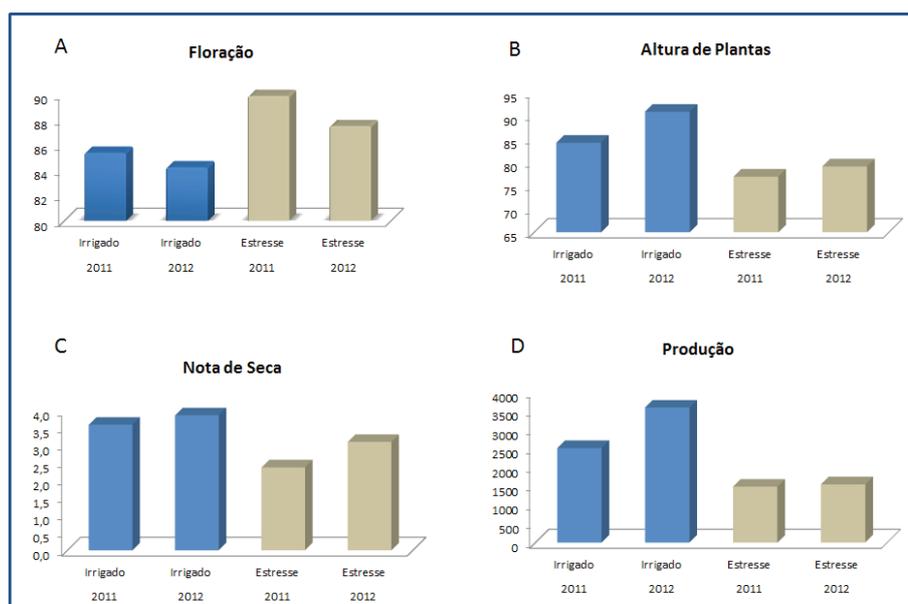


Figura 1. Efeitos do estresse hídrico: (A) floração (dias); (B) altura de plantas (cm); (C) nota de seca; (D) produção de grãos (kg ha⁻¹).

Algumas das cultivares testadas demonstram alto potencial produtivo (bem classificadas no ambiente

irrigado adequadamente), todavia, quando submetidas ao estresse têm suas produtividades fortemente prejudicadas. São exemplos dessa baixa estabilidade de produção as cultivares BRS Colosso, BRS Querência, BRS Monarca e BRS Aroma. Já outras cultivares demonstram não se adaptarem às condições ambientais de Porangatu, com produtividades muito baixas independente do regime hídrico. Com esse tipo de comportamento, pode-se citar as cultivares Cirad 141, BRS Cirad 302, Caripuna, BRS Soberana, Progresso e AN Cambará. A AN Cambará, é inclusive uma variedade atualmente disponível no mercado, de alto potencial, todavia com baixa estabilidade de produção.

Outra variedade que deve ser destacada é a BRS Esmeralda. Essa variedade foi recém-lançada pela Embrapa (Abril/2013), reuni alta produtividade (Bresseghele 2011), ótima qualidade de grãos e boa tolerância à doenças. Além dessas qualidades, a BRS Esmeralda possui boa tolerância à deficiência hídrica, tendo se destacado nos ensaios desde 2008 e por ocasião da ocorrência de veranicos em outros locais. A variedade BRS Esmeralda é a primeira variedade de arroz de terras altas da Embrapa em que se menciona como uma de suas características uma boa tolerância ao estresse hídrico. Além dessas características a BRS Esmeralda se destaca pela alta estabilidade e adaptabilidade (Colombari 2013), fato que corrobora as boas produtividades obtidas mesmo em condições de estresse.

Tabela 2. Resultados de produtividade das cultivares de arroz de terras altas em condições normais de irrigação e sob estresse hídrico. Os dados representam a avaliação conjunta de duas safras (2011 e 2012).

Cultivares	Prod Estresse	Class*	Prod Irrigado	Class	Cultivares	Prod Estresse	Class	Prod Irrigado	Class
BRS Aimoré	1727	1	3101	15	BRS Pepita	1492	20	3101	14
Douradão	1689	2	3176	9	Carisma	1480	21	3109	13
Guarani	1648	3	3197	7	Acrefino	1467	22	2831	31
Tangará	1639	4	3123	11	Confiança	1466	23	3026	21
Cabaçu	1623	5	2800	33	BRS Bonança	1459	24	3034	19
BRS Esmeralda	1620	6	3161	10	Carajás	1459	25	3037	18
Canastra	1615	7	3100	16	Progresso	1458	26	2707	37
Rio Paraguai	1600	8	2987	24	BRS Vencedora	1457	27	3029	20
BRS Talento	1578	9	2953	25	BRS Querência	1455	28	3297	2
Rio Paranaíba	1576	10	2948	26	BRS Monarca	1439	29	3214	6
Centro América	1574	11	3116	12	BRS Colosso	1433	30	3372	1
BRS SerraDourada	1570	12	3252	3	BRS Sertaneja	1424	31	3215	5
Araguaia	1565	13	2755	35	AN Cambará	1418	32	3006	22
Caiapó	1556	14	2992	23	BRS Soberana	1416	33	2919	27
Mearin	1540	15	2759	34	Caripuna	1416	34	2871	30
Xingu	1530	16	2718	36	BRS Primavera	1388	35	3185	8
Rio Verde	1521	17	3041	17	BRS Cirad 302	1375	36	2821	32
Maravilha	1506	18	2576	38	BRS Aroma	1360	37	3233	4
BRSMG Curinga	1495	19	2882	29	Cirad 141	1348	38	2891	28

*se refere a classificação, ou ranqueamento das cultivares sob diferentes regimes hídricos.

Considerando-se que a tolerância à seca seja uma característica agregada de uma cultivar, pois a ocorrência de deficiência hídrica é, na maioria das vezes, esporádica, a cultivar deve acumular dupla aptidão, alta produtividade sob condições adequadas de água no solo e tolerância à seca. Nessas circunstâncias destacaram-se as cultivares Douradão, Guarani e BRS Esmeralda, por terem apresentado ao mesmo tempo melhor produtividade quando irrigado adequadamente e melhor tolerância à seca (ranqueadas entre as dez melhores cultivares simultaneamente nos dois ambientes).

Referências

- Breseghello, F et al. (2011). Results of 25 Years of Upland Rice Breeding in Brazil. **Crop Science**, v. 51, p. 914-923.
- Cochran WG and Cox GM (1996). **Experimental design**. John Wiley, New York, 611p.
- Colombari Filho, JM et al. (2013). Upland rice breeding in Brazil: a simultaneous genotypic evaluation of stability, adptability and grain yield. **Euphytica**, DOI 10.1007/s10681-013-0922-2.
- Fisher, KS et al. (2003). **Breeding rice for drought-prone environments**. Los Bãnos, IRRI, 98 p.
- Guimarães, CM et al. (2010). Infrared thermometry for drought phenotyping of inter and intra specific upland rice lines. R. Bras. **Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.2, p.148–154.
- Ndjiondjop, MN et al. (2012). Field Evaluation of Rice Genotypes from the Two Cultivated Species (*Oryza sativa* L. and *Oryza glaberrima*) and their interspecifics for tolerance to drought. **Crop Science**, v. 52, 524-538.
- Pinheiro, BS (2003). Integrating selection for drought tolerance into a breeding program: the Brazilian experience. In: Fischer, K. S.; Lafitte, R.; Fukai, S.; Atlin, G.; Hardy, B. (eds.). **Breeding rice for drought-prone environments**, Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, p. 75-83.
- Pinheiro, BS et al. (2006). Sustainability and profitability of aerobic rice production in Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 34-42.
- Sas Institute (2012). SAS/STAT 9. **User's guide**. SAS Inst., Cary, NC.