

# Análise da Estratégia de Melhoramento do Arroz Ciclo Curto em Função dos Estresses Hídricos para Goiás

Alexandre Bryan Heinemann<sup>1</sup>, Delphine Luquet<sup>2</sup>, Michael Dingkuhn<sup>3</sup> e Scott Chapman<sup>4</sup>

## Introdução

O programa de melhoramento para arroz ciclo curto é baseado na seleção direta de linhagens considerando-se os aspectos agronômicos; duração do ciclo da cultura, vigor da planta, panícula e tipo de grão, em condições de produção potencial na estação experimental da Embrapa Arroz e Feijão. Somente em estágios avançados do melhoramento, utilizando os genótipos remanescentes, os mesmos são avaliados em condições semelhantes a de produção.

Características genóticas complexas, como tolerância a seca, devem ser considerados juntamente com características desejáveis, como o rendimento potencial. Esses componentes precisam ser combinados e avaliados de forma que os agricultores se beneficiem da diminuição do risco do decréscimo do rendimento durante anos secos, mas também se beneficiem com altos rendimentos quando não ocorrer estresse hídrico. Para uma seleção que otimize a combinação desses componentes, o programa de melhoramento necessita ser elaborado considerando-se os diferentes níveis de estresses nos diversos locais e sua variação anual ou utilizar experimentos específicos (manejo da seca utilizando irrigação fora do período de plantio das águas) ou selecionar locais que apresentam as mesmas características de restrição (períodos de estresses durante determinada fase de desenvolvimento da cultura) da região alvo para o melhoramento. Essas estratégias podem ser elaboradas com o conhecimento da distribuição dos padrões de secas em uma específica região. Assim, esse trabalho tem como objetivos:

- determinar as variações geográficas e inter anual dos padrões de seca para a cultura de arroz ciclo curto em Goiás;
- determinar o impacto dos estresses hídricos no rendimento da cultura em Goiás.
- proporcionar estratégias que podem melhorar a eficiência do programa de melhoramento

## Material e métodos

Nesse trabalho a região alvo é o estado de Goiás. Um genótipo de referência para a cultura do arroz ciclo curto, terras altas, baseado nas características dos genótipos mais cultivados na região foi parametrizado para o modelo de crescimento de cultura RICE06, plataforma ECOTROP [1]. Dois cenários foram

avaliados em função da profundidade solo: 400 mm (restrição ao crescimento da raiz – subsolo ácido) e 800 mm (sem restrição). Simulações foram realizadas considerando-se a época de plantio do arroz ciclo curto (de 01 de novembro a 31 de dezembro), dados climáticos e de solos de 12 diferentes locais no estado de Goiás (Aragarças, Ceres, Sto Antônio de Goiás, Goiânia, Ipora, Itaberai, Itumbiara, Planaltina, Porangatu, Quirinópolis, Vianópolis e Vicentinópolis). A data de plantio foi fixada em intervalo de 15 dias. A germinação somente ocorreu se houver 50% da água disponível na primeira camada do solo (0-15 cm) num período máximo de 10 dias após a data de plantio. O resultado diário do modelo, índice de estresse (baseado na relação suprimento de água para planta/ demanda de água pela planta), em função dos dados climáticos, solos, diferentes locais, anos e datas de plantio, foi agrupado semanalmente durante o período de crescimento da cultura. Os padrões de estresses foram obtidos utilizando-se análise de “cluster” [2]. O impacto relativo dos padrões de estresses no rendimento foram calculados em função da seguinte equação:

$$ISR = 100 - (GYatt/GYpot) * 100$$
 sendo ISR, impacto do estresse hídrico no rendimento (%), GYatt, rendimento de grãos simulado (kg/ha), GYpot, rendimento de grãos simulado sem estresse hídrico (kg/ha).

## Resultados

De acordo com os resultados obtidos na análise de “cluster”, três padrões de estresses predominantes na região de Goiás foram observados (Fig. 1), denominados (B) mínimo estresse, (R) reprodutivo estresse e (T) estresse terminal. O estresse mais severo (T) tem início aos 600 °C.dias após emergência (38 DAE). Na fase reprodutiva, a sua maior intensidade é no período mais crítico a redução rendimento a cultura do arroz (florescimento), entre 800 (52 DAE) e 900 °C.dias (59 DAE). Esse estresse afeta a fase de enchimento de grãos, com maior intensidade para o cenário de 400 mm. O T estresse apresenta o maior impacto no rendimento de grãos (Tabela 1), sendo responsável por uma redução de 53 e 62%, para os cenários 800 e 400 mm. Entretanto, sua frequência de ocorrência é a menor entre os estresses observados, 16 e 29%, para os cenários 800 e 400 mm. Em função das diferentes épocas de plantio, esse estresse apresenta a maior probabilidade no início da época de plantio, 1 de novembro, 1 de dezembro e no final da época de plantio, 31 de dezembro, para ambos os cenários (Fig. 2).

1. Primeiro Autor é Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Rod. GO 462, Sto Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000. E-mail: alexbh@cnpaf.embrapa.br

2. Segundo Autor é Pesquisador do CIRAD, Montpellier, França. E-mail: luquet@cirad.fr

3. Terceiro Autor é Pesquisador do CIRAD, Montpellier, França. E-mail: michael.dingkuhn@cirad.fr

4. Quarto Autor é Pesquisador do CSIRO, Brisbane, Australia. E-mail: scott.chapman@csiro.au

O padrão de estresse (B) apresenta o menor nível de estresse (Fig. 1). Também, o menor impacto no rendimento de grãos, 7 e 10%, para os cenários 800 e 400 mm (Tabela 1). Esse tipo de estresse apresenta a maior frequência de ocorrência para o cenário 800 mm (46%) e a menor para o cenário 400 mm (23%). Para as diferentes datas de plantio, a maior frequência desse estresse ocorre em 1 de dezembro (27%) e 15 de dezembro (51%), para os cenários 800 e 400 mm (Fig. 2).

O padrão de estresse R inicia-se no final da fase vegetativa, 400 °C.dias após a emergência (24 DAE), possuindo maior intensidade aos 600 °C.dias após a emergência (38 DAE). Após essa data, sua intensidade diminui, mais rapidamente para o cenário 800 mm (Fig. 2). Seu impacto no rendimento é de 18 e 32% para os cenários 800 e 400 mm (Tabela 1). A frequência de ocorrência desse estresse é 38 e 48%, para os cenários 800 e 400 mm. Esse estresse é o mais comum para o cenário 400 mm. Em função das datas de plantio, a sua maior ocorrência é em 15 de novembro para ambos cenários.

## Discussão

A estratégia do programa de melhoramento de arroz de terras altas adotada pela Embrapa Arroz e Feijão, depois da década de 90, tem enfatizado a aparência visual do grão, rendimento potencial e resistência a brusone, focando as zonas favoráveis de produção [3]. Basicamente, as atividades de melhoramento são baseadas na seleção direta por rendimento.

Os autores Fukai & Cooper [4] resumiram os processos complexos, mecanismos e características do arroz que propiciam tolerância a seca e suas interferências no rendimento, dependendo da severidade do estresse hídrico e sua predicabilidade, e focaram em três mecanismos; rendimento potencial, escape e tolerância a seca. De acordo com esses autores, sob estresse moderado, somente o rendimento potencial de um genótipo é o mecanismo mais importante para determinar o rendimento de um genótipo em um determinado ambiente. Os seguintes autores Pantuwan *et al.* [5], também, observaram que sob condições de estresse moderado, 20% de redução no rendimento, o rendimento é basicamente afetado pelo rendimento potencial do que pelo impacto do estresse. Sob condições de estresse severo, redução no rendimento superior a 50%, a correspondência entre o rendimento em condições favoráveis e condições de estresse não é válida [6]. Ou seja, em condições de estresse severo sugere-se que os genótipos não possuem capacidade de expressar seus rendimentos potenciais genéticos. Nessa condição, mecanismos de escape a seca ou tolerância a seca são requeridos [5].

Os resultados observados no presente estudo revelaram que o ISR foi menor que 50% (tabela 1) para ambos o cenários na região de Goiás. Também, a frequência dos padrões de estresse B e R representam 84% de todos os padrões de estresse para o cenário 800

mm (condição favorável). Devido a complexidade de se definir uma faixa de valores no qual o rendimento potencial é ou não um mecanismo determinante no rendimento atual de um dado genótipo em um determinado ambiente, e também, levando-se em consideração a evolução produtiva do arroz de terras altas a partir dos anos 90 [3], a estratégia adotada pela Embrapa Arroz e Feijão, levando em consideração o rendimento potencial, está de acordo com os resultados observados nesse estudo. Para ambos os cenários (800 e 400 mm), o estresse hídrico não é a principal restrição para uma mudança no programa de melhoramento do arroz de terras altas ciclo curto. Entretanto, a seleção direta em função do rendimento potencial favorece a um aumento na diferença entre o rendimento obtido em condição potencial (pre-seleção) e o rendimento em condições de produção [7]. Assim, para diminuir a intra variabilidade do rendimento de grãos ao longo dos anos de seleção no estado de Goiás, devido as interações Genótipo x Ambiente, recomenda-se aplicar a seleção indireta [8], no qual o rendimento de grãos de um determinado genótipo, em diferentes locais de ensaio, são ponderados em função do tipo de estresse mais freqüente na região alvo, com a finalidade de diminuir os efeitos da intra variabilidade devido as variações climáticas na região.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Embrapa Arroz e Feijão, CIRAD, CSIRO e SECTEC (Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás) pela possibilidade de realizar esse trabalho.

## Referências

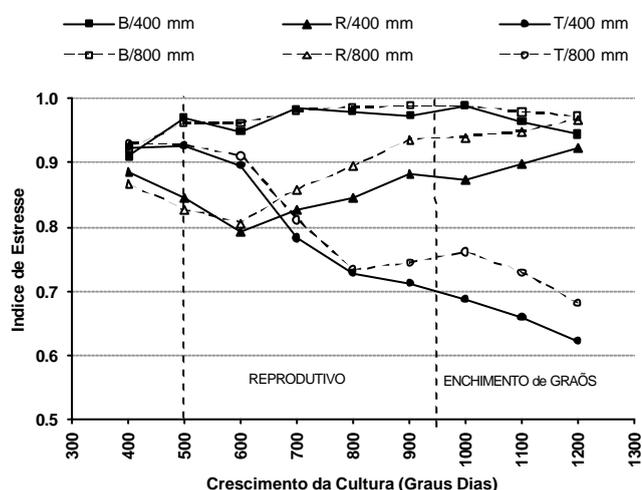
- [1] Dingkuhn, M., Baron, C., Bonnal, V., Maraux, F., Sarr, B., Sultan B, Clopes, A., Forest, F. (2003). Decision support tools for rainfed crops in the Sahel at the plot and regional scales. In 'Decision Support Tools for Smallholder Agriculture in Sub-Saharan Africa - A practical Guide'. (Eds Struif Bontkes TE, Wopereis MCS), 127-139pp. (CTA Wageningen, The Netherlands).
- [2] Chapman, S., Cooper, M., Hammer, G. L., Butler, D. G. (2000b). Genotype by environment interactions affecting grain sorghum. II. Frequencies of different seasonal patterns of drought stress are related to location effects on hybrid yields. *Aust. J. Agric. Sci.*, 51, 209-221.
- [3] Pinheiro, B. da S.; Castro, E. da M. de, Guimaraes, C.M. (2006) Sustainability and profitability of aerobic rice production in Brazil. *Field Crops Research*, 97, 34-42
- [4] Fukai, S. and Cooper, M. (2001). Development of drought resistant cultivars for rainfed lowland rice experience from Northeast Thailand and surrounding areas, *Proceedings of International Conference on the Impact of Agricultural Research for Development in Southeast Asia CARDI*, Phnom Penh, Cambodia. 24-26 October 2000, 185-194 pp.)
- [5] Pantuwan, G., Fukai S., Cooper M., Rajatasereekul S. and O'Toole, J. C. (2002b). Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowlands 2. Selection of drought resistant genotypes. *Field Crop Research*, 73, 169-180.)
- [6] Ceccarelli, S., Grando, S. 1991. Environment of selection and type of germplasm in barley breeding for low-yielding conditions. *Euphytica*, 57, 207-219.

[7] Manneh, B. (2004). Genetic, physiological and modelling approaches towards tolerance to salinity and low nitrogen supply in rice (*Oryza sativa* L.). Wageningen University, Ph.D. Thesis. 218p

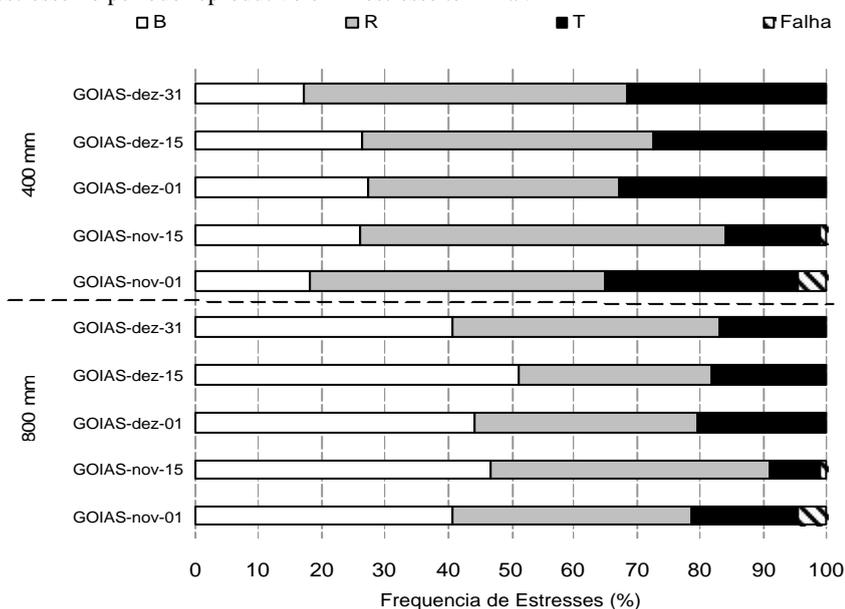
[8] Cooper, M., DeLacy, I. H (1994). Relationships among analytical methods used to study genotypic variation and genotype-by-environment interaction in plant breeding multi-environment experiments. TAG Theoretical and Applied Genetics, 88, 561-572

**Tabela 1.** Rendimento potencial (GY<sub>pot</sub> - sem estresse), rendimento atual (GY<sub>att</sub> - com estresse), impacto do estresse hídrico no rendimento (ISR), frequência dos padrões de estresses simulado pelo modelo ECOTROP (dp - desvio padrão).

Profundidade do solo	Variável	Padrões de Estresses			Media
		B	R	T	
800 mm	*GY <sub>pot</sub> (kg/ha)	3937	4120	4217	4091
	**dp (kg/ha)	718	622	542	
	***GY <sub>att</sub> (kg/ha)	3718	3378	1982	3026
	dp (kg/ha)	785	834	942	
	****ISR (%)	6	18	53	26
	Frequência de Estresses (%)	46	38	16	
	GY <sub>pot</sub> (kg/ha)	3927	4027	4270	4075
400 mm	dp (kg/ha)	677	668	590	
	GY <sub>att</sub> (kg/ha)	3516	2742	1634	2631
	dp (kg/ha)	728	869	944	
	ISR (%)	10	32	62	35
	Frequência de Estresses (%)	23	48	29	



**Figura 1.** Padrões de estresses obtidos na análise de “cluster” para os cenários de 800 mm e 400 mm. B – mínimo estresse, R – estresse no período reprodutivo e T – estresse terminal.



**Figura 2.** Frequência dos padrões de estresses em função das datas de plantio para os cenários 400 e 800 mm.