

# DETERMINAÇÃO DE PADRÕES DE ESTRESSE HÍDRICO PARA A CULTURA DO MILHO NA SAFRA E SAFRINHA NO ESTADO DE GOIÁS

Alexandre Bryan Heinemann<sup>1</sup>, Camilo de L. T. Andrade<sup>2</sup>, Reinaldo L. Gomide<sup>3</sup> Paulo Emílio Pereira de Albuquerque<sup>2</sup> e Silvando C. da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Embrapa Arroz e Feijão, Sto Antônio de Goiás – GO, Fone: (0 xx 62) 3533-2153, alexbh@cpaf.embrapa.br, <sup>2</sup> Eng. Agrícola, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, <sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

**RESUMO:** Para os programas de melhoramento de plantas que visam a resistência a seca, é de suma importância caracterizar a região na qual a cultura se desenvolverá. Assim, definir os padrões de estresse hídrico e suas características, como intensidade, duração e período de ocorrência durante o ciclo da cultura, é o primeiro passo para planejar efetivamente um programa de melhoramento voltado para a tolerância a seca. Esse trabalho teve como objetivo determinar as variações geográficas e inter-anuais dos padrões de estresse hídrico para a cultura de milho na época da safra e safrinha, no estado de Goiás. O modelo de simulação de culturas CEREALS06, pertencente a plataforma de suporte a decisão ECOTROP, foi parametrizado em função do cultivar de ciclo médio BRS 3003. A média semanal da saída diária do modelo, cstr (transpiração real/transpiração potencial), em função dos diferentes locais do estado de Goiás, das épocas de semeadura e dos diferentes anos, foi utilizada, através de análise de cluster, para determinar os padrões de estresse hídrico para o milho na época da safra e safrinha. Para ambas as épocas foram encontrados 3 diferentes padrões de estresse hídrico. Para o milho safra, o fator água não é limitante, caso não haja impedimento para o desenvolvimento radicular.

**PALAVRAS CHAVES:** Simulação; Modelagem; Zea mays L.; déficit hídrico.

## DETERMINATION OF DROUGHT STRESS PATTERNS FOR MAIZE DURING THE CROP SEASON AND AT THE END OF CROP SEASON IN GOIÁS STATE

**ABSTRACT:** It is important to drought breeding programs to characterize the crop target environment. Information on the stress types such as intensity and timing with respect to crop phenology is the first step to planning a drought breeding program. The objective of this study was to determine the inter and intra annual probability of drought occurrence to the maize crop during the crop season (“safra”) and at the end of crop season (“safrinha”), in Goiás State. The crop model CEREALS06, from the decision support system ECOTROP, was parameterized based on the maize cultivar BRS3003. To develop a typology of drought stress pattern for “safra” and “safrinha”, a four dimensional matrix consisting of location, sowing date, year and growth phase (100 degree day - DD) was established for the mean cstr simulated for the 100 DD periods. For both periods (“safra” and “safrinha”) it was found three different stress patterns type. For maize “safra”, water is not the main constraint for crop growth and development, whether there is not root impediment.

**KEYWORDS:** MODELLING; ZEA MAYS L.; STRESS PATTERN

**INTRODUÇÃO:** O Cerrado é considerado um bioma extensivo e complexo, possuindo uma cobertura vegetal que se transforma rapidamente. Nessa região, a precipitação pluvial média é de 1400 mm por ano, sendo aproximadamente 1000 mm de novembro a fevereiro (época das

águas). A cultura do milho é importante para a região por participar da cadeia produtiva de suínos e aves instalada no estado. No ano de 2005, o estado de Goiás produziu cerca de 2,2 milhões de toneladas de milho, sendo 78% na safra principal e 22% em uma segunda safra ou safrinha (IBGE, 2006). O desenvolvimento dessa cultura pode ser afetado por restrições ao crescimento do sistema radicular, devido ao caráter ácido dos subsolos, aumentando, assim os efeitos maléficos dos veranicos. Nesse cenário, a reserva de água no solo é limitada, podendo a cultura ser susceptível a seca. Assim, nos programas de melhoramento de culturas para a região do cerrado, o critério tolerância a seca passa a ser importante, juntamente com o rendimento potencial. Para realizar um programa de melhoramento voltado a resistência a seca é necessário conhecer as probabilidades de ocorrência de veranico, como também suas características, duração, intensidade, que são afetadas pela profundidade do solo, bem como o tempo em relação a fase fenológica da cultura. Baseado nessas informações pode-se caracterizar o ambiente de populações alvos (APA), que representa um componente significativo das interações genótipo x ambiente (GxA) no rendimento de grãos, podendo-se otimizar os processos de seleção vegetal (Chapman et al., 2000). Assim, o objetivo desse trabalho foi determinar as variações geográficas e inter-anuais dos padrões de estresse hídrico para a cultura do milho na época da safra e da safrinha.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Selecionaram-se as cidades de Aragarças, Ceres, Santo Antônio de Goiás, Goiânia, Ipora, Itaberaí, Itumbiara, Planaltina, Porangatu, Quirinópolis, Vianópolis e Vicentinópolis para compor a base de dados climáticos. Empregaram-se as variáveis precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima do ar, velocidade do vento, umidade relativa máxima e mínima do ar e radiação global. Como solo característico da região utilizou-se o Latossolo Vermelho, que representa 46% da área do cerrado (EMBRAPA, 1999). Esse solo apresenta propriedades físicas adequadas ao cultivo agrícola, porém baixa capacidade de troca catiônica. O reservatório de água disponível nesse solo é de 100 mm m<sup>-1</sup> (Balbino et al., 2001). A profundidade efetiva do sistema radicular das plantas cultivadas pode ser limitada pelas características ácidas e de elevada toxidez de alumínio dos sub-solos. Assim, dois cenários foram estabelecidos nesse estudo: Cenário 1 - profundidade radicular máxima de 1,0 m, representando situações de manejo ótimo da cultura, ou seja, solo corrigido ao longo dos anos; Cenário 2 - profundidade radicular máxima de 0,5 m, representando situações em que o solo ainda não foi totalmente corrigido em profundidade. O genótipo de milho BRS 3003 foi parametrizado utilizando o modelo CEREAL06, derivado do modelo genérico SARRAH e implantado na plataforma ECOTROP (Sultan *et al.*, 2005), desenvolvida pelo Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). O nível do estresse hídrico é derivado da fração de água transpirável do solo (FTSW) de acordo com Sinclair e Ludlow (1986). FTSW é definido como a fração da umidade volumétrica do solo entre os limites superior e inferior de água disponível normalizados na escala de 0 a 1. Essa variável atua como um fator de redução da transpiração da planta e de assimilação de carbono, levando em consideração o fator de depleção p que é dependente do genótipo (Allen et al., 1998). Entre as várias saídas do modelo, foram utilizados o rendimento atual (limitações de água e radiação), potencial (limitação de radiação) e o cstr (razão entre transpiração real e potencial), sendo este último um indicador do nível fisiológico de estresse hídrico. O impacto relativo do estresse hídrico no rendimento (IRER) foi calculado expressando o rendimento atual como uma fração do rendimento potencial.

$$\text{IRER} = 100 - (\text{Rat} / \text{Rpot}) * 100 \quad (\text{eq. 1})$$

sendo:

IRER – impacto relativo do estresse hídrico no rendimento, %;

Rat – rendimento atual simulado, kg/ha;

Rpot – rendimento potencial simulado, kg/ha.

Simulações foram implementadas considerando os diferentes locais, datas de semeadura e anos. Para a época das águas (Safrinha), o intervalo entre datas de semeadura foi de 15 dias, sendo a data inicial 15 de outubro e a final 31 de dezembro. Para a safrinha, o intervalo entre datas de semeadura foi de 10 dias, sendo a data inicial 20 de janeiro e a final 01 de março. Como as datas de semeadura foram fixadas, durante as simulações a germinação somente ocorreu quando a água disponível na camada superficial do solo foi igual ou superior a 80% da capacidade de campo. Para desenvolver a tipologia dos padrões de estresse hídrico para o cultivar de milho, uma matriz de quatro dimensões constituída pelo local, data de semeadura, ano e fase de crescimento da cultura (período de 100 Graus Dias - GD) foi estabelecida em função da média dos valores diários do cstr para períodos de 100 GD. Aplicou-se o método de cluster aglomerativo hierárquico (Williams, 1976) com a distância Euclidiana quadrada como medida de dissimilaridade e o incremento das soma dos quadrados como critério de fusão. Para os dois cenários, época da safra e safrinha, os padrões de estresse foram classificados baseados nas similaridades dos padrões de seqüência fenológicos do cstr. A descrição detalhada do procedimento empregado pode ser encontrada em Chapman *et al.* (2000).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Milho Safra - Os três padrões de estresse determinados pela análise de cluster (Figura 1a) foram: um ambiente praticamente sem estresse (L), um estresse moderado, atuando no período reprodutivo e início de enchimento dos grãos (M) e um estresse severo ocorrendo no fim do período reprodutivo (SR). Os padrões de estresse foram similares para os dois cenários, profundidades radiculares de 1,0 e 0,5 m. O padrão mais freqüente foi o M (71% dos casos), para o cenário de solo com 0,5 m de profundidade, ocasionando uma redução no rendimento de 29%. O segundo padrão de estresse mais freqüente foi o L para o solo com 1,0 m de profundidade radicular (62% dos casos), ocasionando uma redução mínima no rendimento com IRRER de 1% (Tabela 1). A ocorrência do padrão de estresse SR foi rara (4% dos casos para o cenário 1 e 9% para o cenário 2), mas esse tipo de estresse ocasiona uma extrema redução no rendimento (IRER = 81%, para o cenário 1 e 89% para o cenário 2). Esse tipo de estresse mostrou-se mais freqüente para datas tardias de semeadura como 31 de dezembro (Figura 1b), particularmente quando associada a um impedimento no desenvolvimento do sistema radicular (cenário 2). Falhas na germinação da cultura foram freqüentes somente no início da época de semeadura (15 de outubro). Em geral, considerando todos os padrões de estresse para esse cultivar, a redução no rendimento foi de 12 e 29% para os cenários 1 e 2, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. – Rendimento atual, potencial, impacto no rendimento e freqüência de ocorrência em função dos diferentes tipos de estresses.

Cenários	Variáveis	Milho Safra				Milho Safrinha			
		Padrões de estresse				Padrões de estresse			
		L	M	SR	Média	L	T	RT	Média
0,5 m de Profundidade Radicular	Rpot (kg.ha <sup>-1</sup> )	7725	8117	8978	7908	8065	8342	8923	8317
	Rat (kg/ha)	7638	6161	1739	6900	7141	3639	786	3850
	IRER (%)	1	24	81	12	11	56	91	52
	Freqüência do Tipo de Estresse Hídrico (%)	62	34	4		25	52	22	
1,0 m de Profundidade Radicular	Rpot (kg.ha <sup>-1</sup> )	7430	7964	8480	7904	7983	8244	8781	8398
	Rat (kg/ha)	7271	5661	945	5559	5547	2630	463	2214
	IRER (%)	2	29	89	29	31	68	95	73
	Freqüência do Tipo de Estresse Hídrico (%)	20	71	9		11	55	34	

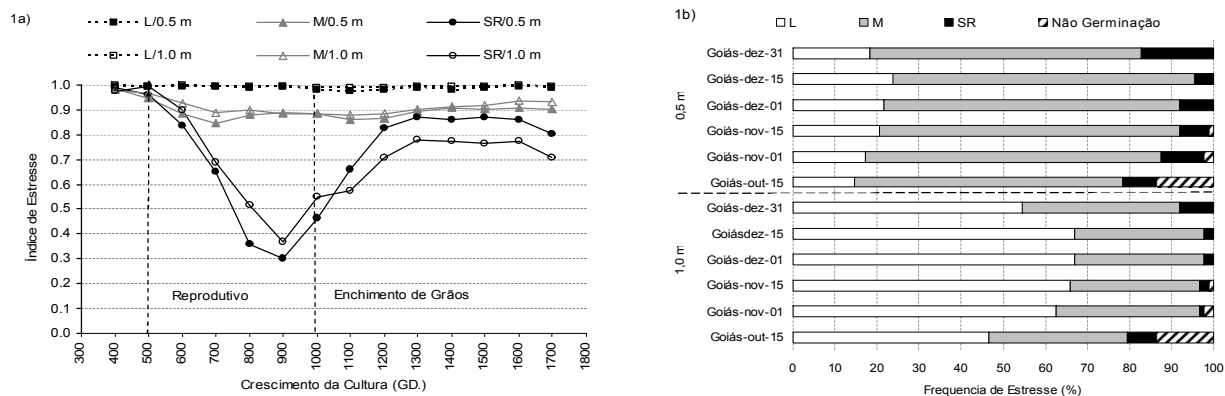


Figura 1. Padrões de estresses do milho safrin em função a) das fases do desenvolvimento da cultura e b) das datas de semeadura, para os cenários 1 e 2.

Milho Safrinha – Como era de se esperar, os padrões de estresse obtidos para a época de semeadura safrinha foram diferentes da época da safrin, devido a forte redução nas precipitações pluviárias ocorridas nesta época. Devido ao fato de haver um alto risco de estresse terminal, esse sistema é geralmente manejado utilizando-se um baixo nível tecnológico. Para a safrinha, o cenário 2 merece uma atenção especial, pois os efeitos dos veranicos são ampliados devido aos impedimentos para o desenvolvimento do sistema radicular. Os três tipos de estresse predominantes observados na safrinha foram: ambiente praticamente sem estresse (L); estresse terminal (T) e, estresse reprodutivo-terminal (RT) (Figura 2a). O padrão de estresse L causou uma redução no rendimento de menos de 15% (Tabela 1) e sua ocorrência foi infreqüente, 25% dos casos para o cenário 1 e 11% para o cenário 2. O padrão de estresse mais freqüente foi o terminal (T), com uma ocorrência de quase 50%, independente do cenário (Tabela 1). Esse padrão de estresse ocasionou uma redução no rendimento de 56 e 68%, para os cenários 1 e 2, respectivamente, podendo ser considerado severo. O último padrão de estresse, RT, ocorreu em 22% dos casos para o cenário 1 e 34% para o cenário 2, resultando numa perda quase total de rendimento, de acordo com o modelo utilizado. A ocorrência desse tipo de estresse está relacionada diretamente com a data de semeadura (Figura 2b), sendo o risco minimizado quando a semeadura é realizada até 20 de janeiro. Para o milho safrinha, a data de semeadura de 20 de janeiro não proporcionou nenhum risco de falha na germinação e no estabelecimento da cultura.

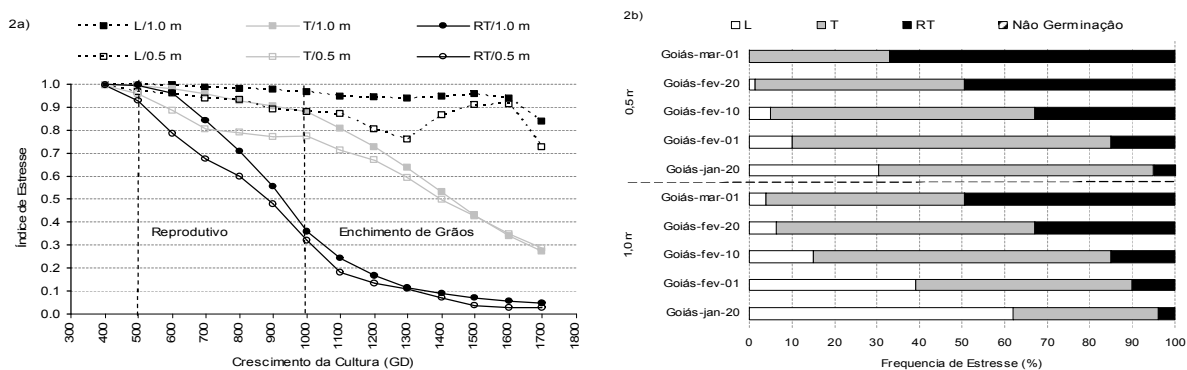


Figura 2. Padrões de estresses da cultura do milho safrinha em função a) das fases do desenvolvimento da cultura e b) das datas de semeadura, para os cenários 1 e 2.

**CONCLUSÕES:** Modelos de simulação do crescimento de culturas são ferramentas poderosas para a classificação ambiental em função dos padrões de estresse, pois permitem a incorporação da cultura e até de diferentes genótipos na caracterização do estresse hídrico. Três padrões de estresse hídrico foram observados para a cultura do milho safra e safrinha no estado de Goiás. Para a safra, quando não há impedimento para o desenvolvimento radicular, o estresse hídrico não é um fator limitante ao desenvolvimento da cultura. Para a safrinha, recomenda-se desenvolver genótipos com tolerância a seca no enchimento de grãos e, ou utilizar genótipos de ciclo superprecoce para escapar do estresse terminal.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

ALLEN, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. Crop evapotranspiration—guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy. 1998.

BALBINO, L.C., Bruand, A., Brossard, M., Guimarães, M. F.. Comportement de la phase argileuse lors de la dessiccation dans des Ferralsols microagrégés du Brésil : rôle de la microstructure et de la matière organique. C. R. Acad. Sci. Paris II A 332 11, pp. 673–680. 2001.

CHAPMAN, S., Cooper, M., Hammer, G. L., Butler, D. G.. 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. 2000.

EMBRAPA.. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa Produção de Informação, Embrapa Solos, Brasília. 1999.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. IBGE. 2006. (<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>)

SINCLAIR, T. R., Ludlow, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. Aust. J. Plant Physiol., 13, 329-341. 1986.

SULTAN, B., Baron, C., Dingkuhn, M., Janicot, S. (2005): Agricultural impacts of large-scale variability of the West African monsoon. Agric. For. Meteorol., 128, 93-110.

WILLIAMS, W.T. Pattern Analysis in Agricultural Science. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 1976.