

## T17 - AJUSTE DE MODELOS PARA ESTIMATIVA DA PENALIZAÇÃO DOS RENDIMENTOS DE GRÃOS DE SOJA PELO SUPRIMENTO HÍDRICO<sup>2</sup>.

J. R. B. Farias<sup>\*2</sup>; A. L. Nepomuceno<sup>2</sup>; F. R. Marin<sup>3</sup>; N. Neumaier<sup>2</sup>; I. R. De Almeida<sup>2</sup>. -  
<sup>2</sup>Embrapa Soja, Caixa Postal 231, 86.001-970, Londrina, PR; [jrenato@cnpso.embrapa.br](mailto:jrenato@cnpso.embrapa.br).  
<sup>3</sup>Embrapa Informática Agropecuária.

### INTRODUÇÃO

Apesar do vasto conhecimento para o cultivo da soja, resultando em elevado grau de tecnificação da maioria das lavouras, a disponibilidade hídrica constitui-se ainda na maior causa de variabilidade dos rendimentos de grãos observados de um ano para outro nas diversas regiões produtoras brasileiras. Também é o principal fator limitante à obtenção de rendimentos mais próximos ao potencial produtivo da espécie (Farias, 2004). O aumento da eficiência no uso de recursos e de insumos, a melhora qualitativa dos produtos agrícolas e a preservação dos recursos naturais são desafios da moderna agricultura. Ferramentas que venham auxiliar a tomada de decisão são fundamentais para superar esses desafios e obter produtos competitivos e ambientalmente sustentáveis (Farias et al., 2001).

O enfoque sistêmico viabilizado pelo uso de modelos de simulação do desenvolvimento permite integrar os efeitos de diferentes condições edafoclimáticas sobre o comportamento da cultura, criando ferramentas eficazes para suporte à tomada de decisões operacionais e estratégicas, do nível governamental até do produtor rural, contribuindo para o setor agrícola brasileiro tornar-se mais eficiente e competitivo. Técnicas de modelagem e simulação de sistemas agrícolas podem ser usadas para estimar os efeitos da disponibilidade hídrica sobre o comportamento da cultura, rendimento de grãos e seus componentes, podendo ser usados, posteriormente, em trabalhos de planejamento e zoneamento agrícolas, agricultura de precisão e monitoramento e previsão de safras. Com o presente trabalho, procurou-se ajustar e comparar modelos para estimativa das perdas no rendimento de grãos provocadas pelo não atendimento das necessidades hídricas da cultura da soja.

### MATERIAL E MÉTODOS

Modelos foram ajustados a partir de dados obtidos em experimentos conduzidos a campo na Embrapa Soja, situada em Londrina-PR-Brasil, durante as safras de 1991/1992 a 2004/2005, envolvendo diversas cultivares de soja, submetidas a diferentes níveis de disponibilidade hídrica (sem irrigação – N Irrigado; irrigado durante todo o ciclo – Irrigado; com déficit hídrico durante fase vegetativa – DH Veg; e déficit hídrico durante fase reprodutiva – DH Rep), monitorados por estações agrometeorológicas (automáticas e convencional), tensiômetros de mercúrio, sonda de nêutrons e termogravimetria.

O modelo de simulação do balanço hídrico das culturas - SARRA (Systeme d'analyse regionale des risques agroclimatiques) (CIRAD, 1995), foi empregado para estimar os valores do índice de satisfação das necessidades hídricas da cultura (ISNA), que consiste na relação entre evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) e máxima (ET<sub>m</sub>). A duração dos ciclos e das fases fenológicas, os coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) e a evapotranspiração potencial foram padrões e iguais para todas as cultivares e safras, empregando-se os mesmos valores daqueles utilizados nos trabalhos de zoneamento agroclimático da cultura da soja (Farias et al., 2001).

Foram avaliados vários índices, considerando não somente as relações hídricas durante a fase mais crítica à cultura, mas, também, o balanço de água ao longo de todo o ciclo e em diferentes fases do desenvolvimento da planta. Como fase crítica à falta de água, considerou-se o período compreendido entre os estádios de desenvolvimento R1 (início da floração) e R6 (grão verde ou vagem cheia). Para avaliação do SARRA, o rendimento relativo de grãos foi obtido dividindo o valor observado pelo máximo rendimento verificado em todo o conjunto de dados experimentais. Feito o ajuste, utilizou-se os melhores modelos obtidos para estimar as perdas de soja na região de Londrina, em diferentes

---

<sup>2</sup> Trabalho apresentado no IV Congresso Brasileiro de Soja, realizado em Londrina-PR-Brasil, de 5 a 8 de junho de 2006.

épocas de semeadura, de 1991 até 2004.

Os dados gerados foram comparados com estimativas feitas pelo modelo CROPGRO, dentro do sistema DSSAT v3.5 (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) (Tsuji et al., 1994), obtidas para o mesmo período, mesmas condições climáticas e tipo de solo, e com os coeficientes genéticos ajustados para as cultivares em estudo. Com o DSSAT, o rendimento relativo foi obtido dividindo-se o rendimento potencial pelo rendimento real, estimados para determinada condição de solo e clima.

## RESULTADOS E CONCLUSÃO

Na Figura 1-A é apresentada a relação entre rendimento relativo de grãos de soja e a condição hídrica da cultura, expressa pelos valores de ISNA ( $E_{Tr}/E_{Tm}$ ) na fase mais crítica à falta de água ( $R_1-R_6$ ). Observa-se maior rendimento relativo em função do incremento dos valores de ISNA. Porém, a resposta não é linear, havendo um momento a partir do qual incrementos no ISNA reduzem o rendimento. Já que esta é a fase de desenvolvimento da cultura mais crítica à falta de água, diferenças do suprimento hídrico nesta fase significarão respostas distintas da cultura com relação à produtividade. Pela inflexão da curva ajustada, observa-se quebra acentuada do rendimento de grãos para valores de ISNA em  $R_1-R_6$  abaixo de 0,65 e acima de 0,80, o que pode indicar, respectivamente, condições de restrição e excesso hídrico à cultura.

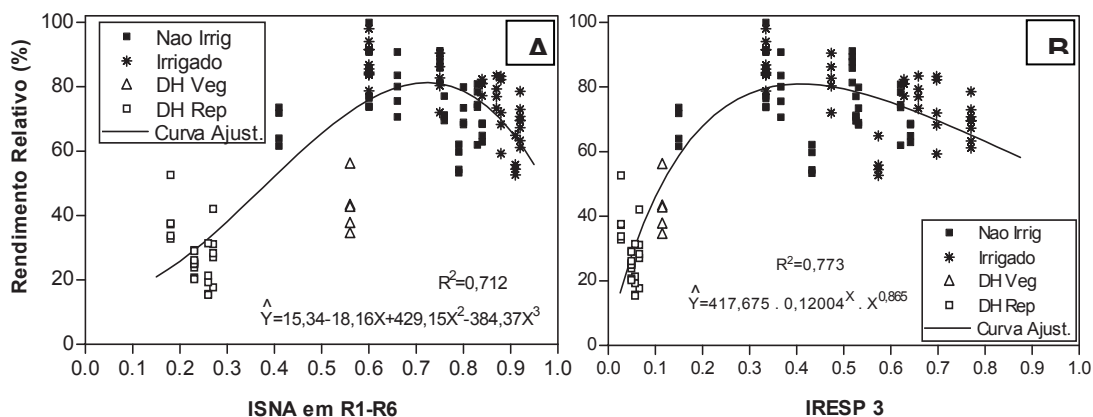
A condição hídrica durante outras fases do desenvolvimento da planta pode, em menor intensidade, também afetar o rendimento de grãos. Para contemplar tais efeitos, foram testadas várias combinações de ISNA, encontrados para diferentes fases e para todo o ciclo. Dos índices testados, o que mais se ajustou ao conjunto de dados foi o IRESP3, que corresponde ao somatório dos valores de ISNA obtidos na fase de estabelecimento da cultura, na fase vegetativa e duas vezes o valor de ISNA em  $R_1-R_6$ , onde IRESP é o indicador do rendimento esperado. Na Figura 1-B, são apresentadas a dispersão de pontos e a curva ajustada para o índice IRESP3. Além deste, o índice IRESP1, apresentado por Forest e Clopes (1994), também apresentou elevada correlação ( $r=0,844$ ), sendo definido pelo produto entre o  $ISNA_c$  (valor de ISNA em  $R_1-R_6$ ) e o valor médio de ISNA obtido para todo o ciclo.

São apresentadas na Figura 2 as quebras de rendimento de grãos de soja estimadas pelo DSSAT e pelas equações ajustadas utilizando os índices  $ISNA_c$ , IRESP1 e IRESP3, gerados a partir das saídas do modelo de balanço hídrico SARRA, para a região de Londrina-PR-Brasil, cultivares com ciclo médio de 120 dias e semeadura durante as épocas predominantes na região, em diferentes safras. Verifica-se um comportamento bastante semelhante entre as estimativas, com todos os modelos estimando as menores perdas, bem como as mais acentuadas, praticamente nos mesmos anos. Porém, verifica-se uma tendência do modelo DSSAT estimar maiores valores de perdas. Isto pode ser explicado pelo fato de todas as estimativas de perda do sistema DSSAT serem feitas em função de um valor potencial dificilmente obtido em condições reais de campo. Já as estimativas utilizando-se os índices gerados pelo SARRA penalizaram o rendimento em função do valor máximo obtido nos experimentos. Os dados obtidos nas últimas duas safras (2003/2004 e 2004/2005), em função da ocorrência de severos déficits hídricos naturais, mostraram que a sensibilidade dos modelos para condições de elevada restrição hídrica deve ser ainda ajustada, principalmente dentro do sistema DSSAT. Além disto, no modelo SARRA, trabalhou-se com um mesmo ciclo fixo de 120 dias, independente da data de semeadura. Já o DSSAT estima, também, a fenologia da cultura, podendo as estimativas de rendimento ser afetadas pela duração do ciclo e das fases fenológicas da cultura. Por esta razão, verificou-se ainda que, à medida que se afasta da época predominante de semeadura, quando o ciclo das cultivares é em torno de 120 dias, as diferenças entre as estimativas de perdas com base nos dois modelos aumentaram.

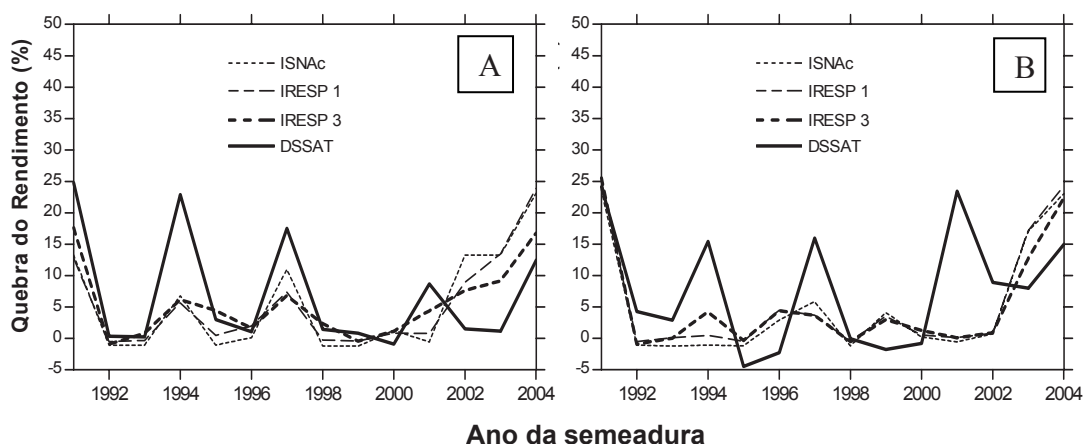
Estimativas mais precisas da quebra do rendimento de grãos de soja, a partir da condição hídrica da cultura expressa pelo ISNA, poderão ser obtidas com a melhor definição e diferenciação da duração das fases fenológicas da cultura da soja, bem como com a utilização da evapotranspiração potencial observada durante a estação de crescimento da cultura.

Pelas informações obtidas, verificou-se que os modelos de estimativa de rendimento de grãos em função dos índices de satisfação das necessidades hídricas (ISNA) gerados

pelos SARRA podem ser usados para estimar a quebra de rendimentos da soja. Observou-se também que os índices que expressam a condição hídrica em diferentes fases do desenvolvimento da cultura melhor estimam as perdas de rendimento de grãos da cultura.



**Figura 1.** Rendimento relativo de grãos de soja em função da evapotranspiração relativa (ISNA) durante a fase crítica à falta de água (R1-R6) (A) e do valor obtido do índice IRESP 3 (B), em diferentes níveis de disponibilidade hídrica à cultura.



**Figura 2.** Quebra do rendimento de grãos de soja estimada pelo DSSAT e pelas equações ajustadas utilizando os índices gerados pelo SARRA, para a região de Londrina-PR, cultivares com ciclo médio de 120 dias e semeadura no último decêndio de outubro (A) e primeiro decêndio de novembro (B), em diferentes safras.

## BIBLIOGRAFIA

- CIRAD. SARRA - Guide d'utilisation. CIRAD-CA, Unité de Recherche "Gestion de l'eau", Montpellier, France, 1995. 68p.
- FARIAS, J.R.B. Environmental limitations to maximum soybean yield. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7, 2004, Foz do Iguassu. Proceedings. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 1287-1295.
- FARIAS, J.R.B., ASSAD, E.D., ALMEIDA, I.R., EVANGELISTA, B.A., LAZZAROTTO, C., NEUMAIER, N., NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de risco climático nas regiões produtoras de soja no Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.9, n.2, 2001.
- FOREST, F.; CLOPES, A. Contribution à l'explication de la variabilité du rendement d'une culture de maïs plus ou moins intensifiée à l'aide d'un modèle de bilan hydrique amélioré. In: REYNIERS, F.N.; NETOYO, L. (Eds.). Bilan hydrique agricole et secheresse en Afrique Tropicale. Paris: John Libbey Eurotext, 1994. p.3-15.
- TSUJI, G.Y.; UEHARA, G.; BALAS, S. DSSAT v.3. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, 1994. v.1., 164p.