

## Uso de geoprocessamento para simular e avaliar a produtividade regional de soja no Paraná

Rogério Teixeira de Faria <sup>1</sup>  
Paulo Henrique Caramori<sup>1</sup>  
Marcos Adami <sup>2</sup>  
Flávio Deppe <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR  
Rodovia Celso Garcia Cid, km 375 - Três Marcos - Caixa Postal 481  
CEP 86.047-902 – Londrina - Pr, Brasil  
rtfaria@iapar.br

<sup>2</sup>Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná,  
Av. Minas Gerais, 1351,  
CEP 86.300-000 - Cornélio Procópio - PR, Brasil  
adami@seab.pr.gov.br

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico SIMEPAR  
Centro Politécnico da UFPR - Jardim das Américas  
Caixa Postal 19.100 - CEP 81.531-990 – Curitiba - PR, Brasil  
deppe@simepar.br

**Abstract.** Yield forecast in Brazil needs quantitative methods using low input of data. The aim of this study was to estimate regional yield decrease of soybean crop in Paraná state, Brazil, during 2003/2004 season. A soil moisture model, couple with a crop production function was used. The simulations predicted yield decrease ranging from 0 to 40%, according to rainfall supply during crop development in the region. These results agreed well with field survey, indicating a great potential of the method for applications in yield forecast in Brazil.

**Palavras-chave:** yield forecast, soil moisture model, crop production function, Geographic Information Systems, previsão de safras, modelo de umidade do solo, função de produção, Sistemas de Informações Geográficas

### 1. Introdução

Novos métodos que levem em conta fatores quantitativos e que demandem quantidade reduzida de dados para sua implementação necessitam serem disponibilizados aos órgãos que realizam previsão de safras no Brasil. Destacam-se os modelos computacionais, para estimativa da produtividade de culturas, e de tecnologias de Sensoriamento Remoto, associadas com levantamentos de campo, para a estimativa da área cultivada.

Modelos simples, denominados de funções de produção, são alternativas para simular adequadamente a resposta da produção em função da chuva, evapotranspiração e retenção de água do solo, pois podem ser facilmente calibrados com dados locais de fácil obtenção.

Neste estudo, utilizou-se um modelo de balanço hídrico, acoplado a uma função de produção, para quantificar decréscimos regionais de produtividade de soja no estado do Paraná, na safra 2003/2004. Esses resultados foram interpolados e comparados com estimativas de campo para demonstrar a adequação do método de simulação para trabalhos de previsão de safras.

## 2. Material e Método

Utilizou-se o modelo SIMBA (Faria & Madramootoo, 1996), que estima componentes do balanço hídrico de uma cultura em solo estratificado, utilizando dados diários de precipitação e evapotranspiração potencial, além de parâmetros de crescimento de culturas e características de retenção de água no solo.

A função de produção acoplada ao modelo de balanço hídrico para se calcular a produtividade de soja é representada pela equação abaixo (Faria & Madramootoo, 1997).

$$PR = (1 - 0.0575 SDI) \dots\dots\dots(1)$$

O termo SDI representa um índice de estresse hídrico (Hiler & Clark, 1971), acumulado diariamente durante o ciclo de cultivo, somando-se o resultado do produto entre um coeficiente de sensibilidade da cultura ao estresse hídrico (CS) e o valor calculado do grau de intensidade do estresse hídrico (SD). O coeficiente CS é obtido de experimentos e SD é dada pela relação  $1 - T/TP$ , onde T e TP são, respectivamente, transpiração real e potencial, calculada diariamente pelo modelo SIMBA.

As simulações da produtividade relativa foram realizadas assumindo-se 5 datas de semeaduras, iniciando em 15 de outubro e data término do plantio em 15 de dezembro. Isto em função de que estas datas representam as épocas que predominaram a semeadura de soja na safra 2003/2004. Foram utilizados dados diários de 38 estações meteorológicas automáticas do SIMEPAR em operação no estado do Paraná. Os dados de solos requeridos no modelo foram obtidos de perfis amostrados em cada estação meteorológica. Os resultados dessas simulações foram interpolados, por meio de métodos de espacialização de dados, neste caso krigeagem, para se obter a estimativa de decréscimo da produtividade em todo o estado.

Destaca-se que Sistemas de Informações Geográficas (SIG) definidos como: (i) Conjunto de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georeferenciados (Aronoff 1989), (ii) Sistema de suporte à tomada de decisão que integra dados referenciados espacialmente em um ambiente de respostas a problemas (Cowen 1988), (iii) Banco de dados indexados espacialmente sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais (Smith et al. 1987), são adequados para a solução de problemas complexos que envolvam dados espaciais e a espacialização dos mesmos, ainda que apresentem dinamicidade. Dentre as diversas operações de um SIG, as principais são: (i) Entrada e armazenamento de dados; (ii) Conversão, manipulação e integração de dados; (iii) Processamento de imagens; (iv) Espacialização de dados; (v) Consulta, combinação e análise espacial de dados; (vi) Recuperação de dados (organizados sob forma de banco de dados espacial e relacional); (vii) Visualização e saída de dados (tabulares e espacial).

Desta forma, obteve-se a redução de produtividade por data de plantio. No entanto, há a necessidade de se estimar a redução total da cultura no estado. Para tanto, foram utilizados dados dos levantamentos realizados em 20 núcleos regionais do estado Paraná pelo DERAL/SEAB (Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do estado do Paraná), que informam a data de plantio, o percentual plantado e a produtividade esperada, dentre outras informações. Dada a necessidade de comparação com os dados de produtividade estimados pela SEAB/DERAL, realizou-se o cálculo da média zonal, em cada região do estado.

## 3. Resultados e discussão

Na **Figura 1** apresentam-se os mapas da produtividade relativa simulada para o estado do Paraná, considerando as 5 diferentes datas de plantio. Como pode ser observado nesta figura, quanto mais tardia a data de plantio, maior foi o estresse sofrido pela cultura. Os resultados das simulações apresentados na **Figura 1** refletem a disponibilidade hídrica durante o ciclo de

cultivo da soja, de outubro de 2003 a março de 2004, que se caracterizou por baixas precipitações e altas temperaturas durante os meses de janeiro e fevereiro na região oeste e melhor distribuição nas demais áreas.

A integração das estimativas de produtividade em função da data de plantio pode ser observada na **Figura 2**. Quando se compara o resultado desta figura com os resultados apresentados na **Figura 1**, pode-se afirmar que os agricultores da região oeste, a região mais afetada pela falta de umidade no solo, realizaram o plantio nas datas entre 15/10 e 15/11, garantindo assim um menor decréscimo na produtividade final. Mesmo assim, a região oeste é a mais afetada pela indisponibilidade hídrica.

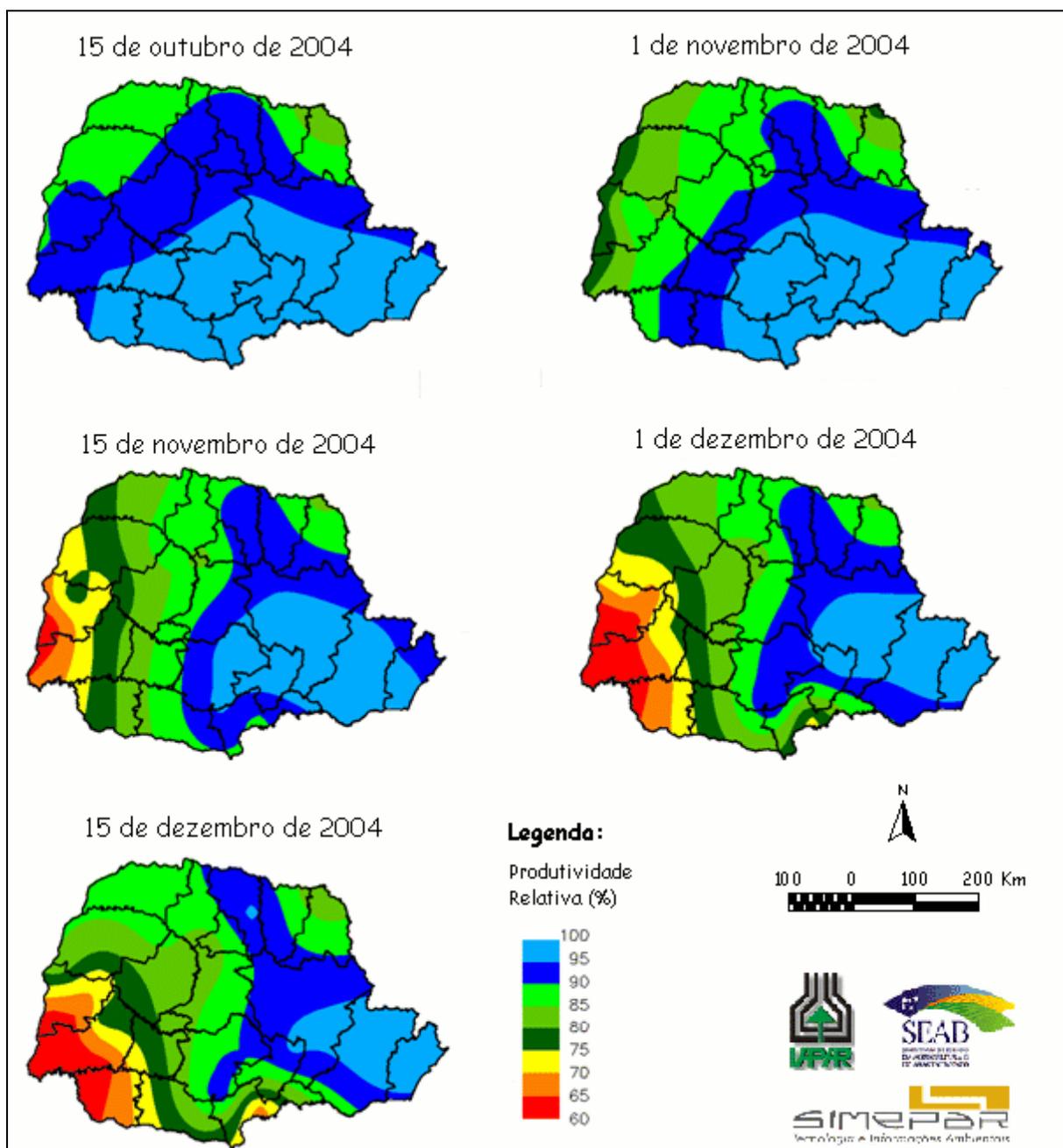


Figura 1 – Simulação da produtividade relativa para 5 datas (15/10/04, 01/11/04, 15/11/04, 01/12/04, 15/12/04)

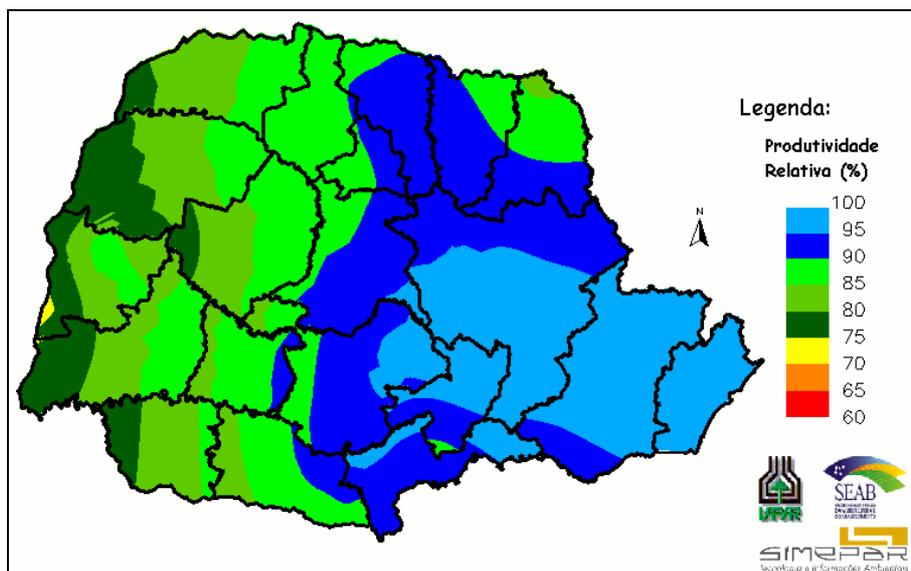
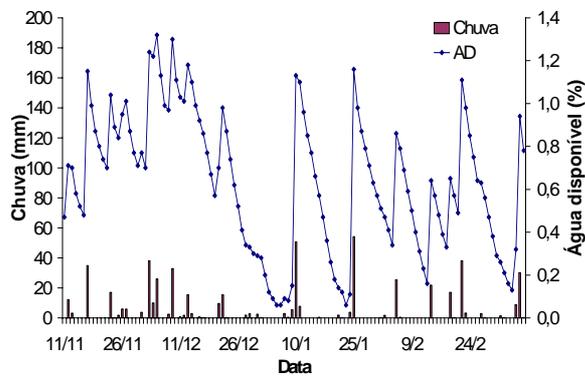


Figura 2 – Integração da simulação da produtividade relativa para 5 datas (15/10/04, 01/11/04, 15/11/04, 01/12/04, 15/12/04)

Na **Figura 3** são ilustradas as condições hídricas e os valores correspondentes de produtividade relativa para duas regiões típicas do estado: a região oeste, representada por Santa Helena, e a região norte, representada por Londrina. Durante o ciclo da soja, choveu 476 mm em Londrina e 404 mm em Santa Helena, enquanto que a evapotranspiração de referência (Penman-Monteith) somou 481 mm e 592 mm, respectivamente. Durante o período crítico de desenvolvimento da cultura, correspondente aos estádios de florescimento e enchimento de grãos, que ocorrem nos meses de janeiro e fevereiro, os totais precipitados foram de 127 mm e 110 mm em Londrina e somente 33 mm e 64 mm em Santa Helena. Devido à alta demanda evaporativa da atmosfera (cerca de 130 mm/mês), a água disponível no solo em Londrina baixou a níveis críticos por várias vezes durante janeiro e fevereiro, mas a boa distribuição da precipitação, ainda que deficitária, evitou a ocorrência de estresse hídrico pronunciado. Conseqüentemente, a perda de produtividade simulada foi de apenas 5%. Para Santa Helena, a baixa precipitação foi insuficiente para suprir a elevada demanda atmosférica (cerca de 180 mm/mês), baixando o armazenamento de água disponível a níveis críticos, com ocorrência de estresse hídrico acentuado a partir de meados de janeiro. Conseqüentemente, a perda de produtividade foi de 38%.

a) Londrina



b) Santa Helena

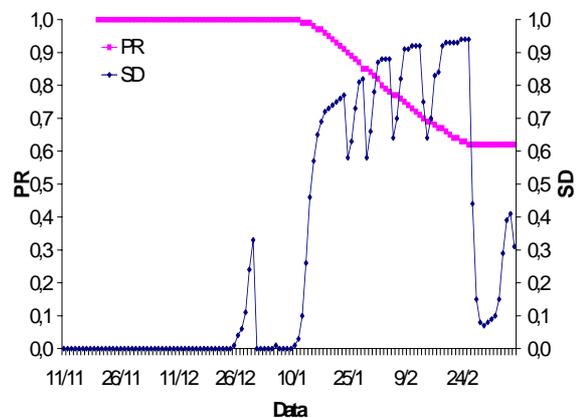
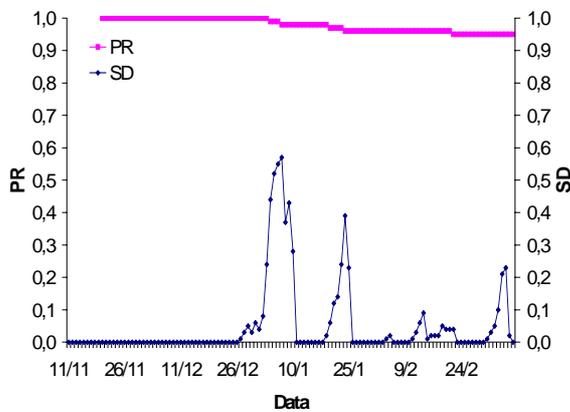
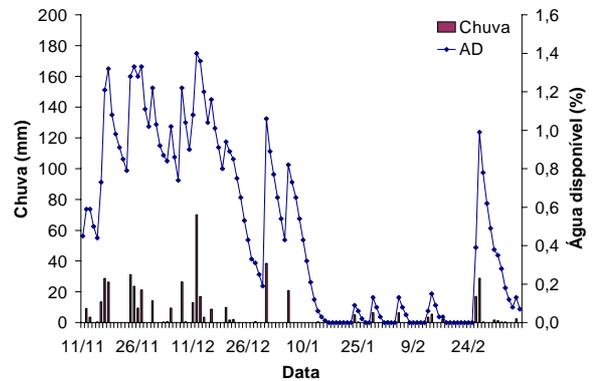


Figura 3 - Chuva e valores simulados de água disponível no solo (AD), estresse hídrico diário (SD) e produtividade relativa (PR) para a cultura de soja em Londrina e Santa Helena, na safra 2003/2004

A comparação entre as médias produtividades relativas simuladas e os valores correspondentes obtidos em campo pelo DERAL/SEAB (**Figura 4**), apresentou boa concordância para todos os núcleos regionais. O teste t para duas amostras pareadas indicou que não há diferença significativa a 5% de probabilidade para as estimativas realizadas pelo modelo de simulação e pelo método do DERAL/SEAB.

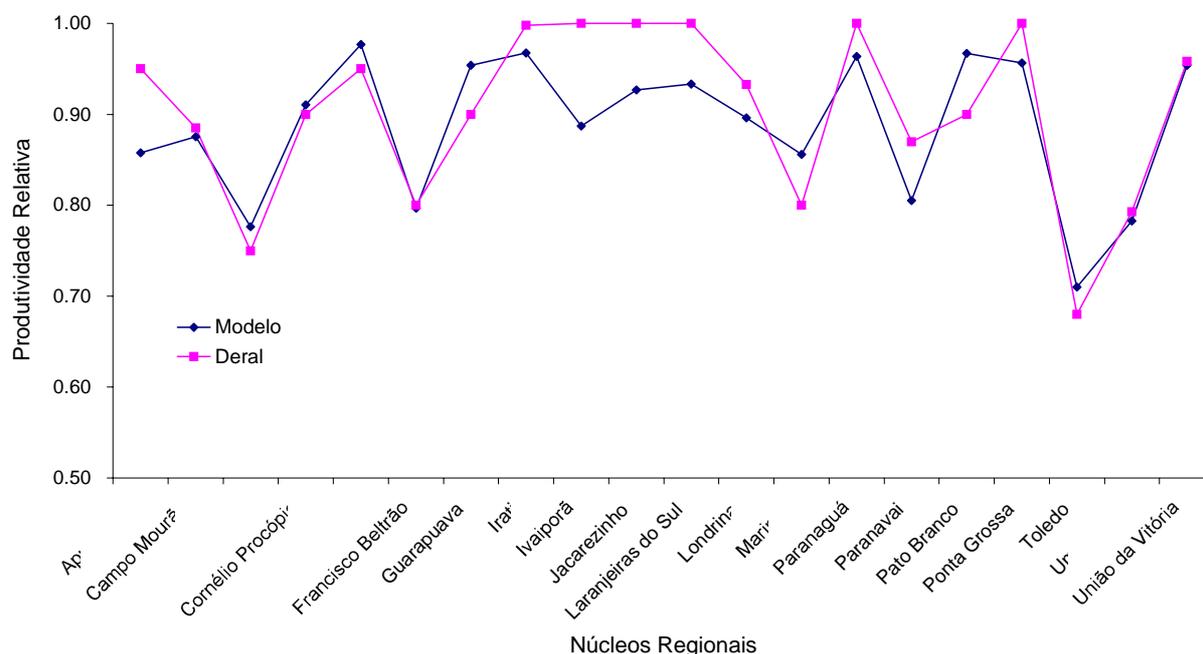


Figura 4 - Produtividade relativa simulada pelo modelo de simulação e estimada no levantamento de campo pelo DERAL/SEAB em diferentes núcleos regionais do Paraná, safra 2003/04

#### 4. Conclusões

O modelo de simulação da produtividade regional, em função da disponibilidade hídrica, estimou satisfatoriamente os decréscimos de produtividade soja em diferentes núcleos regionais do estado do Paraná, durante a safra 2003/2004. Os resultados do modelo espacializados através de ferramentas de análise espacial em plataforma de Sistemas de Informações Geográficas, neste caso, interpolação através de krigeagem da produtividade relativa, representa uma alternativa que deverá ser avaliada e possibilitou a visualização da distribuição espacial das simulações de produtividade relativa. Embora haja necessidade de testes adicionais, o modelo de simulação utilizado apresenta potencial para utilização no aperfeiçoamento de sistemas de previsão de safras no Brasil.

#### 5. Agradecimentos

Ao projeto PNUD/CONAB BRA 03/034, pelo apoio e recursos financeiros, às instituições IAPAR, SIMEPAR e DERAL/SEAB pelo apoio e dados fornecidos, bem como ao economista da SEAB/DERAL Norberto Ortigara, pelas orientações e fornecimento de dados de levantamento de campo.

#### 6. Referências

Aronoff, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: WDI Publications, 1989.

Cowen, D.J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, p. 1551-1554, 1988.

Faria, R.T. de; Madramootoo, C.A. Simulation of soil moisture profiles for wheat in Brazil. *Agric. Water Management*, v. 31, p. 35-49, 1996.

Faria, R. T. de; MAadramootoo, C.A. Evaluation of crop-water production functions for wheat (*Triticum aestivum*) in Brazil. *Tropical Agriculture*, v. 74, n. 1, p. 18-24, 1997.

Smith, T.R.; Peuquet, D.J.; Menon, S.; Agarwal, P. KBGIS-II: a knowledge-based geographic information system. *International Journal of Geographic Information Systems*, v. 1, n. 2, p. 149-172, 1987.