

# VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO ESTADO DE SÃO PAULO

FABIO R. MARIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas – SP, fone: 19 3789-5789, marin@cnptia.embrapa.br

Escrito para apresentação no

XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola

31 de Julho a 04 de Agosto de 2006 – João Pessoa - PB

**RESUMO:** O conceito de eficiência, quando aplicado à análise da produção vegetal de um ecossistema, pode ser entendido como a razão entre a energia química armazenada na biomassa e a irradiância solar incidente sobre a cultura. Esse conceito têm sido empregado em estudos ecofisiológicos, mas o setor agropecuário pouco tem utilizado essa ferramenta de forma mais aplicada. Atualmente, com a possibilidade de integração com SIG's, as análises envolvendo a eficiência da produção agrícola podem ser feitas em escala geográfica, favorecendo comparações entre regiões diferentes sob o ponto de vista climático, pedológico e até mesmo social. O objetivo deste trabalho foi associar técnicas de modelagem em sistemas de informação geográfica para a obtenção de mapas de produtividade máxima e real para as culturas de cana, soja, milho e feijão no Estado de São Paulo. Os mapas produzidos permitiram analisar a variação espaço-temporal da eficiência da produção agrícola das culturas estudadas e inferir sobre alguns fatores agrometeorológicos e sócio-econômico que podem ter determinados tal desempenho.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelagem, SIG

## TIME AND SPACE VARIATION OF CROP PRODUCTION EFFICIENCY OF THE STATE OF SÃO PAULO

**ABSTRACT:** The concept of crop production efficiency when applied to the analysis of the plant yield in an ecosystem is well understood and represents the ratio between the chemical energy stored in the biomass and the incident solar irradiance on the crop along the time. This concept has been used in ecophysiology studies, but the farming sector little has used this tool of applied. The possibility of integration with geographic systems of information, the analyses involving the efficiency of the agricultural production can be made in geographic scale, allowing comparisons between different regions under the climatic, soil and even though social point of view. The objective of this paper was to associate techniques of modeling in GIS to obtain maps of maximum and real yields of sugar cane, soybean, maize and common beans in the State of São Paulo. The maps had allowed to analyze the crop production efficiency variation in time and space and to infer on some agrometeorology and economic factors that could be relate with these variations.

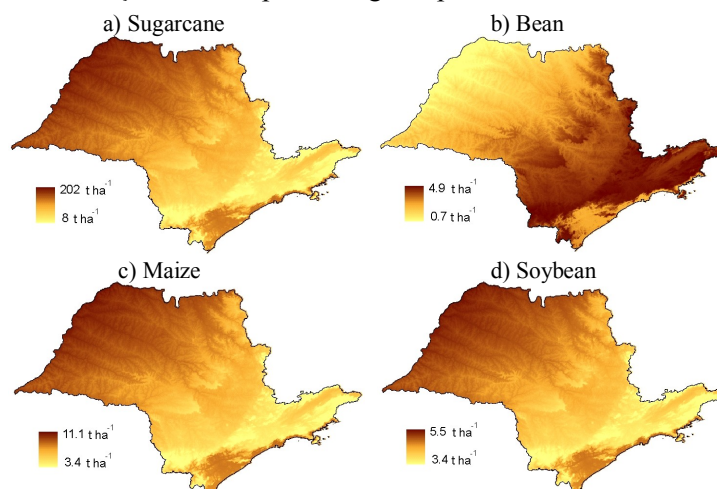
**KEYWORDS:** modeling, GIS.

**INTRODUÇÃO:** Sob o ponto de vista da termodinâmica, ecossistemas são máquinas que utilizam a energia solar para manter-se organizados. A razão entre a energia útil e o total de energia envolvida em um processo termodinâmico denomina-se eficiência, conceito que tem sido muito utilizado em

análises envolvendo o fluxo de energia em ecossistemas (Holiday, 1966; Monteith, 1977; Kiniry et al., 1989; Awal & Ikeda, 2003; Albrizio & Steduto, 2005; Steduto & Albrizio, 2005). Normalmente, essas análises envolvem a relação entre o total de energia química armazenada na biomassa vegetal com a irradiância solar incidente sobre uma cultura, permitindo comparar o aproveitamento da energia radiante disponível em diferentes climas e condições de manejo das culturas. Monteith (1972, 1977) sugere que esse tipo de análise pode ser também empregada no entendimento dos fatores biológicos e físicos que interferem na produtividade de um ecossistema e, na agricultura, a análise da variação espacial da eficiência pode ser uma ferramenta para avaliações comparativas entre regiões produtoras. A integração de modelos de simulação de crescimento e produção vegetal com sistemas de informação geográficas (SIG) permite a avaliação em escala geográfica da produção das culturas agrícolas e o diagnóstico dos fatores que exercem restrição nos casos de baixa eficiência em determinadas regiões ou aqueles que determinam altos índices de eficiência em outras áreas (Marin, 2005). O objetivo deste trabalho foi associar técnicas de modelagem em sistemas de informação geográfica para a obtenção de mapas de produtividade máxima e real para as culturas de cana, soja, milho e feijão no Estado de São Paulo e, a partir deles, gerar mapas de eficiência da produção agrícola dessas culturas em três datas diferentes, analisando alguns fatores agrometeorológicos e sócio-econômicos associados à sua variação espaço-temporal.

**MATERIAL E MÉTODOS:** As estimativas de produtividade potencial basearam-se no Método das Zonas Agroecológicas (Doorenbos & Kassam, 1979), que pressupõe que as exigências hídricas, nutricionais e fitossanitárias da cultura sejam atendidas e que a produtividade seja condicionada apenas pelas características da cultura e pelas condições ambientais, representadas pela radiação solar, fotoperíodo e temperatura do ar. Utilizou-se dados médios mensais, medidos entre 1961 e 1990, de temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ); insolação (horas) e precipitação (mm) dos postos meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (BRASIL, 1992) e do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Para a geração dos mapas de Produtividade Potencial (Pp) correlacionaram-se os dados de Pp com os valores da temperatura média anual de cada localidade analisada, obtendo-se uma equação de regressão significativa a 1% de probabilidade e coeficiente de determinação elevado. Em seguida, estimou-se a produtividade potencial das localidades selecionadas a partir da temperatura média anual e das coordenadas geográficas, utilizando-se um modelo numérico de elevação do Estado de São Paulo para a geração de mapas de temperatura para o Estado de São Paulo, conforme Valladares et al. (2004). Os dados de produção agrícola municipal (PAM) do Estado de São Paulo foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores de produtividade potencial das culturas analisadas são condizentes com os valores observados em condições experimentais, superando os valores normalmente observados em condições de campo nas regiões produtoras de São Paulo (Figura 1).



A Figura 2 apresenta os mapas de eficiência da produção agrícola para cada cultura estudadas em três diferentes datas. Em termos gerais, pode-se observar um contraste entre o aumento da produtividade

nas regiões Oeste e Noroeste (Figura 1), e a tendência de queda na eficiência na produção apresentada nos mapas da Figura 2. Os maiores valores de eficiência, ao contrário, são observados na região centro-sul do Estado. Outro fator que explica o nível relativamente menor de eficiência nas regiões Oeste e noroeste é a elevada deficiência hídrica normalmente observada nos meses de inverno e não considerada nas estimativas de produtividade potencial (Figura 1). Além do fator tecnológico, tem-se, portanto, um importante fator ambiental na restrição da produção agropecuária nessas regiões.

Na Figura 2, também é possível observar o deslocamento da cana-de-açúcar para as regiões oeste e noroeste do Estado ao longo do período analisado, processo que aliou busca por terras mais baratas em regiões com maior potencial produtivo para a cultura, substituindo principalmente áreas de pastagens degradadas e de baixa produtividade. Esse processo continuou entre 2003 e 2006, movido pela grande demanda pelo álcool no mercado interno e provocando aumento de preços nas terras das regiões Oeste e Noroeste de São Paulo (FNP,2005). Além do aumento de produtividade, a área cultivada com cana-de-açúcar no Estado cresceu 55% ao longo do período devido à elevação na demanda de álcool e do aumento dos preços do açúcar no mercado internacional. As lavouras de soja também tiveram grande impulso no período analisado, com aumento de 15% na área cultivada, acompanhado de elevação da produtividade, motivado principalmente pela alteração da política cambial brasileira no final dos anos 90 (Figueiredo & Santos, 2005), tornando mais competitiva a soja brasileira no mercado internacional e explicando o avanço da soja em praticamente todo o Estado (Figura 2). O ganho em vantagem comparativa do cultivo de soja e cana ao longo do período explicam, em parte, a queda na área plantada nas culturas de milho e feijão e na eficiência da produção, voltadas quase que totalmente para o mercado interno e pouco afetadas pela cotação do dólar e pelo mercado internacional. A queda na área de feijão parece ser decorrência da mudança de hábitos alimentares no Brasil, especialmente em São Paulo associado ou causado pela queda de preços em torno de 30% entre 90 e 99 (Ferreira & Barros, 2002).

**CONCLUSÃO:** A determinação da eficiência da produção agrícola associada a sistemas de informação geográfica pode ser utilizada com ferramenta para a análise conjuntural, ambiental, agrícola e sócio-econômica de regiões ou Estados, sendo indicativo da aptidão agrícola de cada região. É também, um meio para análise das condições climáticas como insumo de produção e qual a fração utilizada para a produção agrícola.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRIZIO, R.; STEDUTO, P. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea I. radiation use efficiency. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.130, p.254-268, 2005.
- AWAL, M. A.; IKEDA, T. Effect of elevated soil temperature on radiation-use efficiency in peanut stands. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 118, n.1-2, p.63-74, 2003.
- AXELSSON, B.O. Ultimate growth potential of fast growing plantations. In: GREY, D.C.; SCHÖNAU, A.P.G.; SCHULTZE, C.J., eds. Symposium on site and productivity of fast growing plantations, Pretoria: IUFRO, 1984. p.523-539.
- BAKER, C. H.; HORROCKS, R. D. A computer simulation of corn grain production. **Transactions of the American Society Agricultural Engineering**, v16, p. 1027-1031, 1973
- BLUM, A. Effect of planting date on water-use and its efficiency in dryland grain sorghum. **Agronomy Journal**. v.64, p.775-778, 1972
- CHANG, J.H.; CAMPBELL, R.B.; ROBINSON, F.E. On the relationship between water and sugar cane yield in Hawaii. **Agronomy Journal**, v.55, p.450-453, 1963.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. 193p.** (Irrigation and Drainage, Paper 33).
- DUBETZ, S.; MAHALLE, P.S. Effect of soil water stress on bush beans (*Phaseolus vulgaris* L.) at three stages of growth. **Journal American Society Horticultural Science**, v.94, p.479-481, 1969.
- FERREIRA, C. M. ; BARROS, G.S.C. Plano Real: impactos sobre produção, comercialização e consumo de feijão. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 40, p. 5380, 2002.
- FNP, ANÁLISE DO MERCADO DE TERRAS, RELATÓRIO BIMESTRAL, nov/dez. 2006.56p.
- GIBBON, D; HOLLIDAY, R.; MATTEI, F.; LUPPI, G. Crop production potential and energy conversion efficiency in different environments. **Experimental Agriculture**, v.6, p.197-204, 1970.

- HOLLIDAY, R. Solar energy consumption in relation to crop yield. **Agricultural Progress** , v.41, p. 24-34, 1966.
- HUMBERT, R.P. **The growing of sugarcane**. Amsterdam: Elsevier, 1968, 779p.
- KINIRY, J.R.; JONES, C.A. O'TOOLE, J.C.; BLANCHET, R. CABELGUENNE, M. SAPNEL, D.A. Radiation-use efficiency in biomass accumulation prior to grain-filling for five grain-crop species. **Field Crop Research**, v.20, p.51-64, 1989.
- Loomis, R.S.; Williams, W.A. Maximum crop productivity: an estimate. *Crop Science*, v.3, p.67-72, 1963.
- MONTEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transaction of the Royal Society of London**, v.B281, p.277-294, 1977.
- MONTEITH, J.L. Climatic variation and the growth of crops. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.107, n.454, p.749-774. 1981.
- MONTEITH, J.L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, v.9, p.747-766, 1972.
- POLLOCK, C.J. The response of plants to temperature change. *J Agric Sci*, v.115, p.1-5, 1990.
- STEDUTO, P.; ABRIZIO, R. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea II. Water use efficiency and comparison with radiation use efficiency. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.130, p. 269-281, 2005.
- VALLADARES, G. S. ET AL. Uso de Imagens de Radar na Estimativa da Temperatura do Ar. Anais. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE: Goiânia, p. 309-311. 2005.

Figura 2. Variação espacial da eficiência da produção agrícola das culturas de cana-de-açúcar, milho, soja e feijão no Estado de São Paulo em três diferentes safras.