

# MODELO AGROMETEOROLÓGICO DE ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DA SOJA UTILIZANDO DADOS CLIMATOLÓGICOS DO SATÉLITE TRMM E ESTAÇÕES DE SUPERFÍCIE: ESTUDO DE CASO PARA OS MUNICÍPIOS DE FLORÍNEA, IBIRAREMA E OURINHOS - SP

D.F. SILVA<sup>1</sup>; M. B. P. CAMARGO<sup>2,4</sup>, A. PRELA-PANTANO<sup>3</sup>

<sup>1 e 4</sup> Curso Pos-Graduação, Instituto Agrônomo (IAC/APTA/SAA), Bolsista FAPESP, Campinas-SP, Brasil, Email: silva.danielaf@gmail.com, <sup>2 e 3</sup> Pesquisador Científico, IAC/APTA/SAA, Centro de Ecofisiologia e Biofísica, Campinas-SP, Brasil; <sup>4</sup> Bolsista CNPq.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**RESUMO:** A precipitação é a variável que apresenta maior variabilidade espacial e as estações meteorológicas convencionais fornecem registros válidos apenas para o seu entorno. Com a baixa densidade desses postos meteorológicos em determinados locais tem sido uma ferramenta extremamente útil a utilização de dados estimados por satélite para calibração dos modelos agrometeorológicos. O objetivo desse estudo foi testar um modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade da soja para os municípios de Florínea, Ibirarema e Ourinhos – SP utilizando dados de estações meteorológicas convencionais e dados estimados pelo satélite TRMM. A utilização de dados meteorológicos estimados pelo satélite TRMM mostrou melhor desempenho no modelo quando testados com dados de produtividade regional em relação aos dados meteorológicos de superfície.

**PALAVRAS –CHAVE:** estimativa de safra, produtividade regional, modelos agrometeorológicos

**ABSTRACT:** Precipitation is the variable that has a higher spatial variability and conventional meteorological stations provide valid records only to his surroundings and the low density of meteorological stations in certain locations has been an extremely useful tool to use estimated data for satellite calibration models agrometeorológicos. O objective this study was to test an agrometeorological model to estimate soybean yield for the cities of Florina, Ibirarema and Ourinhos – SP, using data from conventional weather stations and data estimated by the TRMM satellite. The use of meteorological data estimated by the TRMM satellite showed better performance in the model when tested with data from regional productivity in relation to surface data.

**KEYWORDS:** harvest estimate, regional productivity, crop weather models

**INTRODUÇÃO:** Os modelos agrometeorológicos consideram que cada elemento climático exerce certo controle na produtividade da cultura, interferindo como um fator de eficiência, e que a produção final é função da produtividade potencial da região e da sua interação com os elementos meteorológicos (MORAES et al., 1998). Uma boa estimativa implica na elaboração de modelos que considerem os efeitos ambientais sobre processos fisiológicos determinantes da produção, constituindo-se em ferramenta importante, visando à implantação de políticas públicas adequadas. Para melhor entendimento dessas interações, modelos agrometeorológicos têm sido utilizados visando caracterizar os efeitos das variações climáticas sobre a produtividade de grãos. São exemplos de modelos desenvolvidos por PEDRO JUNIOR et al. (1984), CAMARGO et al. (1986), MEYER (1990), CAMARGO & CAMARGO (1993), FONTANA et al. (1998) e RIZZI & RUDORFF (2005). A precipitação é

a variável que apresenta maior variabilidade espacial e as estações meteorológicas convencionais fornecem registros válidos apenas para o seu entorno. Com a baixa densidade desses postos meteorológicos, tem sido uma ferramenta extremamente útil a utilização de dados estimados por satélites, como por exemplo o satélite TRMM. Deste modo, a estimativa da precipitação pluviométrica por esse meio é muito útil, quando utilizada como dado de entrada do modelo agrometeorológico. Assim, o objetivo do trabalho foi testar um modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade da soja utilizando dados climatológicos estimados pelo satélite TRMM e dados coletados por estações de superfície, para os municípios de Florínea, Ibirarema e Ourinhos – SP.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A região de estudo está localizada no Vale do Médio Paranapanema, entre as coordenadas geográficas de 22°00' a 23°00' S (latitude) e 51°00' a 50°00' O (longitude). Para as análises foram obtidos dados decenais climatológicos a partir das estações meteorológicas convencionais de superfície, monitoradas pelo CIIAGRO-IAC (Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – Instituto Agrônomo de Campinas) quanto pelos dados estimados pelo satélite TRMM. Os dados foram analisados levando em consideração as coordenadas geográficas para cada localidade (Tabela 1) e correlacionadas com os pontos mais próximos das estações meteorológicas de superfície, para o período compreendido entre janeiro de 1998 a dezembro de 2008. Os dados referentes a produtividade agrícola foram obtidos junto ao Instituto de Economia Agrícola (IEA) da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio (APTA) referente ao mesmo período.

**Tabela 1.** Localização dos Municípios e suas coordenadas geográficas, referente às duas fontes de dados utilizadas.

Fonte	Município	Latitude (graus e décimos)	Longitude (graus e décimos)	Altitude (m)
CIIAGRO/IAC	Florínea	22,91 S	50,75 W	420
TRMM	Florínea	23°00 S	50°70 W	420
CIIAGRO/IAC	Ibirarema	22,83 S	50,06 W	471
TRMM	Ibirarema	23°00 S	50°20 W	471
CIIAGRO/IAC	Ourinhos	23,00 S	50,90 W	566
TRMM	Ourinhos	23°50 S	50°20 W	566

Devido ao fato da região apresentar reduzido número de postos meteorológicos e com o objetivo de melhorar a análise, foi necessário ampliar o número de “estações meteorológicas” por meio de pontos obtidos pelo satélite TRMM, pelo sensor PR (radar de precipitação). Desta forma, foi obtida uma maior cobertura no que diz respeito aos valores de precipitação.

O satélite possui órbita polar baixa (inicialmente 350 km e a partir de 2001 cerca de 403km), de forma que o período de translação é bastante curto (91 minutos). Estas duas características permitem uma alta resolução temporal e espacial do rastreamento da imagem. Deste modo os valores de precipitação tanto do satélite como das estações convencionais foram utilizados na elaboração do balanço hídrico decenal para o mesmo período compreendido.

Foi utilizado o modelo multiplicativo baseado em DOORENBOS & KASSAM (1979). Os coeficientes de penalização da produtividade por déficit hídrico (ky), para cada estágio fenológico, de acordo com DOORENBOS & KASSAM (1979) e CAMARGO et al. (1986), foram: desenvolvimento vegetativo (0,2); florescimento (0,8); enchimento de grãos (1,0); e maturação (0,2), de forma que:

$$\frac{Y_a}{Y_p} = \prod_{i=1}^4 \left[ 1 - k_{y_i} \left( 1 - \frac{ET_r}{ET_p} \right)_i \right]$$

onde  $\prod$  significa produtório,  $Y_a$  é a produtividade estimada ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ );  $Y_p$ , a produtividade potencial ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ );  $ET_r$ , a evapotranspiração real (mm);  $ET_p$ , a evapotranspiração potencial (mm); e o  $k_{y_i}$  é, o coeficiente de penalização da produtividade por deficiência hídrica para cada estágio fenológico.

Para a avaliação dos resultados, foram utilizadas as análises de regressão linear relacionando dados estimados com os observados e encontrados os valores de  $R^2$ , “d”, EMA (erro médio absoluto), Es (erro médio sistemático), Ea (erro médio aleatório (não sistemático)) e “c” (índice de confiança), sendo que: o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) indica o quanto da variável dependente foi explicado pela variável independente, o índice de concordância “d” proposto por WILLMOTT et al. (1985), que avalia o ajuste do modelo em relação aos dados observados, ou seja, considera EMA como a medida da magnitude média das diferenças dos valores estimados com os observados, o “Es”, “Ea”, e “c” indicam o desempenho do modelo, reunindo os índices de precisão e exatidão.

**RESULTADO E DISCUSSÃO:** A validação do modelo agrometeorológico foi realizada inicialmente com resultados dos balanços hídricos considerando dados de precipitação pluvial das estações meteorológicas. Após esta fase, foram realizados testes do modelo considerando os dados estimados pelo satélite TRMM. O desempenho foi avaliado por meio de análises estatísticas apresentadas a seguir.

Nas tabelas 2 e 3, estão os coeficientes de determinação ( $R^2$ ), índices ‘d’ e ‘c’, erro absoluto médio (EMA), erros sistemáticos (Es) e aleatório (Ea).

**Tabela 2** - Resultados da análise do desempenho do modelo referente aos dados de Produtividade Agrícola da soja (IEA) e dados climatológicos das estações convencionais CIIAGRO/IAC, para o período de 1998/99 a 2007/08.

Municípios	d	$R^2$	C	EMA		
				EMA	Ea	Es
Florínea	0,64	0,41	0,41	488,1	442,3	426,6
Ibirarema	0,65	0,30	0,36	531,4	521,1	366,8
Ourinhos	0,85	0,70	0,71	394,6	337,6	319,5

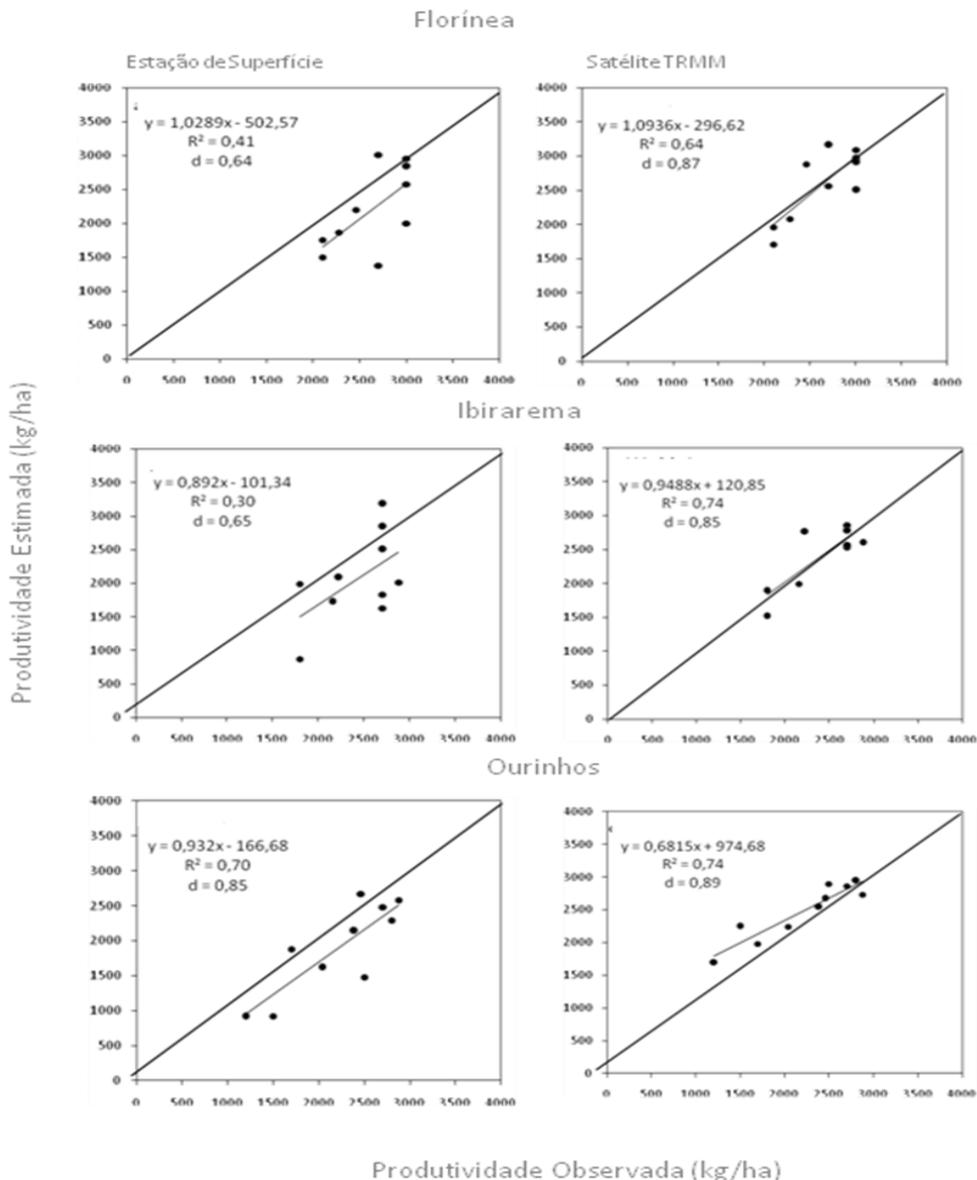
**Tabela 3** - Resultados da análise do desempenho do modelo 1, referente às estimativas de produtividade da soja e considerando dados de precipitação pluvial do satélite TRMM para o período de 1998/99 a 2007/08.

Municípios	d	$R^2$	C	EMA		
				EMA	Ea	Es
Florínea	0,87	0,64	0,70	244,6	290,9	60,09
Ibirarema	0,85	0,74	0,73	250,7	237,1	247,2
Ourinhos	0,89	0,74	0,77	248,9	204,1	178,3

Quando foram utilizados dados de precipitação pluvial das estações meteorológicas na elaboração dos balanços hídricos decendiais (BHclim), foram encontrados valores menores de  $R^2$  e de índice “d” para o modelo. Isto pode ser atribuído ao fato de que esses baixos valores apresentados se referem à relação entre dados pontuais (estações meteorológicas) com os dados regionais de produtividade agrícola da soja.

Quando foram utilizados os dados estimados de precipitação pluvial do satélite TRMM, houve considerável aumento nos valores de  $R^2$  e do índice “d” no desempenho dos modelos. Esta melhora se deu devido ao fato de que os pontos do satélite TRMM apresentam uma maior cobertura espacial (25 km por 25 km), em relação às estações meteorológicas convencionais, que são pontuais e que representam cobertura média de 5 km por 5 km. Em relação aos valores dos erros (EMA, Es e Ea.) houve uma acentuada diminuição dos resultados quando os modelos foram aplicados utilizando dados do satélite TRMM em relação aos das estações meteorológicas (Figura 1, tabelas 2 e 3).

Estes resultados podem ser considerados satisfatórios devido a uma maior cobertura espacial do TRMM quando correlacionados com dados regionais de produtividade, o que pode ser observado nas tabelas 2 e 3.



**Figura 1** - Produtividade (kg/ha) observadas e estimadas pelo modelo com dados da estação meteorológica convencional e dados do satélite TRMM.

**CONCLUSÃO:** O modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade regional da cultura da soja apresentaram desempenho superior quando utilizados com os dados de

precipitação pluvial estimados pelo satélite TRMM em relação aos dados meteorológicos de superfície, para os municípios de Florínea, Ibirarema e Ourinhos,.

**AGRADECIMENTOS:** Agradecemos a FAPAESP e CNPq pelo apoio na realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O. & MIRANDA, M. A. C. Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 45, n. 2, p. 279-292, 1986.

CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955). *Bragantia*, Campinas, v. 52, n. 2, p. 169-172, 1993.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome, FAO, 1979. 197p.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Modelo agrometeorológico-espectral para a estimativa do rendimento de soja no Rio Grande do Sul: um estudo preliminar. In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1998, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, 1998. 1 CD ROM.

MEYER, S. J. The development of a crop specific drought index for corn. Lincoln/USA, 1990. 165f. Doctoral Dissertation - University of Nebraska, 1990.

MORAES, A.V.C.; CAMARGO, M.B.P.; MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; PEREIRA, J.C.V.N.A. Teste e análise de modelos agrometeorológicos de estimativa de produtividade para a cultura da soja na região de Ribeirão Preto. *Bragantia*, Campinas, v. 57, n. 2, p. 393-406. 1998.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A. & MIRANDA, M.A.C. Teste de um modelo para estimativa de produção da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., Campinas, 1983. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p.11-17.1984.

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Estimativa da área de soja no rio grande do sul por meio de imagens Landsat. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 57, v. 3, p. 226-234, 2005.

TRMM. Tropical Rainfall Measuring Mission. Disponível em: [http://trmm.gsfc.nasa.gov/data\\_dir/data.html](http://trmm.gsfc.nasa.gov/data_dir/data.html). Acessado em 05 de setembro de 2010.

WILLMOTT, C.J., ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geography Research*. v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.