
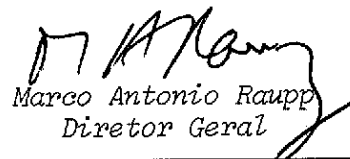
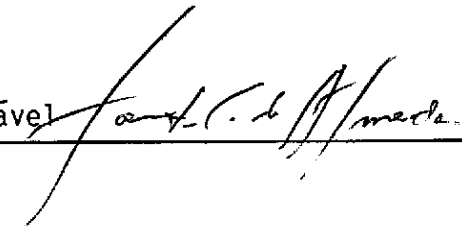


1. Publicação nº <i>INPE-3614-PRE/801</i>	2. Versão	3. Data <i>Agosto, 1985</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DME/DAM</i>	Programa <i>SAFRAS</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>PREVISÃO DE SAFRAS PRODUTIVIDADE MILHO</i>			
7. C.D.U.: <i>551.5:631.165</i>			
8. Título <i>INPE-3614-PRE/801</i>		10. Páginas: <i>16</i>	
A UTILIZAÇÃO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DERIVADAS NA ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA		11. Última página: <i>08</i>	
		12. Revisada por  <i>Jesus Marden dos Santos</i>	
9. Autoria <i>Fausto Carlos de Almeida Leonardo Deane de Abreu Sá</i>		13. Autorizada por  <i>Marco Antonio Raupp Diretor Geral</i>	
Assinatura responsável 			
14. Resumo/Notas  <i>No presente estudo é abordada a utilização de variáveis derivadas num modelo de previsão de safras, baseado no método dos períodos críticos elaborado por Celaschi e Almeida (1981), Celaschi (1983) e posteriormente modificado por Sá e Almeida (1984). O modelo usa dados diários de precipitação e de horas de brilho solar e é aplicado ao milho para três Divisões Regionais Agrícolas (DIRAs) no Estado de São Paulo, Brasil. São feitas comparações com os resultados de Celaschi (1983) baseados no uso de dados diários de precipitação e de temperatura e com os resultados oficiais publicados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) do Estado de São Paulo.</i>			
15. Observações <i>Trabalho submetido para apresentação na 37ª Reunião Anual da SBPC, 10 a 17 de julho de 1985, Belo Horizonte, MG.</i>			

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Economia Agrícola (IEA) que gentilmente colocou à disposição os dados de rendimento agrícola do Estado de São Paulo. Também são muito gratos ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) pelo fornecimento das séries de dados meteorológicos do Estado de São Paulo.

### ABSTRACT

*In the present study the use of derived variables in a crop yield model based on the critical periods method developed by Celaschi and Almeida (1981), Celaschi (1983) and later modified by Sá and Almeida (1984) is tried. The model uses daily precipitation and sunshine hours, and is run for corn for three Agricultural Regional Districts (DIRA) in the State of São Paulo, Brazil. Comparisons are made with the results of Celaschi (1983) based on the use of daily precipitation and temperature data, and with the official results published by the Agriculture Economy Institute (IEA) of the State of São Paulo.*



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE TABELAS .....	v
1. <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2. <u>METODOLOGIA</u> .....	1
3. <u>RESULTADOS</u> .....	4
4. <u>CONCLUSÕES</u> .....	7
5. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	7



## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1 - Rendimentos estimados para a DIRA de São José do Rio Preto.	5
2 - Rendimentos estimados para a DIRA de Bauru .....	5
3 - Rendimentos estimados para a DIRA de Ribeirão Preto .....	6
4 - Produção total das três DIRAs .....	6





## 1. INTRODUÇÃO

Sã e Almeida (1984) modificaram um modelo para estimar a produtividade do milho no Estado de São Paulo, modelo este que foi formulado por Celaschi e Almeida (1981) e Celaschi (1983). Eles propuseram a utilização de variáveis derivadas da precipitação e horas de brilho solar no modelo estatístico aplicado à previsão da produtividade agrícola da DIRA de Ribeirão Preto. Neste estudo procurar-se-á entender o uso do modelo à estimativa da produtividade de milho das DIRAs de Bauru e São José do Rio Preto, situadas no Estado de São Paulo. Avaliar-se-á igualmente a produção total de milho das DIRAs de Ribeirão Preto, Bauru e São José do Rio Preto e posteriormente comparar-se-ão os resultados com aqueles publicados pelo IEA.

## 2. METODOLOGIA

A idéia central do método formulado por Celaschi e Almeida (1981) e Celaschi (1983) foi determinar estatisticamente os períodos críticos do desenvolvimento agrícola de culturas específicas. Admitiu-se, para tanto, que as flutuações da produtividade agrícola em relação à tendência tecnológica eram determinadas essencialmente por fenômenos meteorológicos, os quais impunham eventuais estresses hídricos às plantas. Estas, dependendo do seu estágio de crescimento, responderiam de maneiras qualitativamente diferentes aos estímulos externos. Os períodos críticos corresponderiam a esses estágios de desenvolvimento da cultura que se caracterizam por uma alta correlação entre uma variável meteorológica e a produtividade agrícola. Para prever a evolução do desenvolvimento de uma cultura agrícola seria, portanto, crucial conhecer as condições meteorológicas nesses períodos críticos.

Em seu modelo, Celaschi e Almeida (1981) utilizaram dados diários de precipitação e temperatura como variáveis meteorológicas. Dentre as razões para tal escolha devem-se destacar: a) a facilidade em obter séries históricas razoavelmente longas dessas variáveis; b) a possibilidade de simular deficiência de água no solo em termos de precipitação (escassez) e temperatura (valores elevados). Sã e Almeida

(1984), ao modificar o modelo, ressaltaram que a utilização direta da precipitação e temperatura neste apresenta desvantagens, dado o caráter não-linear da relação entre rendimento agrícola e precipitação ou temperatura e o caráter necessariamente não-independente das variáveis. Eles procuraram variáveis derivadas da precipitação, do total de horas de brilho solar e da temperatura, as quais pudessem exprimir melhor os estímulos a uma maior ou menor produtividade agrícola. A investigação constou basicamente da construção de séries de variáveis derivadas do total de horas de brilho solar, da temperatura e da precipitação, as quais, depois de submetidas ao processo de médias móveis (médias com passo de dez dias), foram correlacionadas com a série de resíduos dos rendimentos anuais de milho (definição dos períodos críticos) da DIRA em estudo. Os correlogramas assim obtidos e os testes estatísticos correlatos (t de Student a 0,05) serviram para apontar aquelas variáveis que mais se adequavam à cultura em questão e indicaram os períodos críticos da planta. As variáveis que mais significativamente se correlacionaram com a produtividade agrícola foram: a) escassez de precipitação; b) total de horas de brilho solar acompanhado de escassez de precipitação. Estas variáveis são definidas pelas equações abaixo:

$$DP(n) = \begin{cases} 0 & \text{se } P(n) \geq \bar{P} \\ (\bar{P}-P(n)/\tau_p) & \text{se } P(n) < \bar{P} \end{cases}, \quad (1)$$

$$DI(n) = \begin{cases} \frac{I(n)}{1 + \sum_{j=0}^4 \frac{P(n-j)}{\bar{P}}} & \end{cases}, \quad (2)$$

onde:

$P(n)$  é a precipitação do dia de ordem  $n$ ;

$I(n)$  é o total de horas de brilho solar do dia de ordem  $n$ ;

$\bar{P}$  é a precipitação média diária para o mês (dada pela normal climatológica);

$\tau_p$  é o desvio padrão da precipitação mensal (apontado pela normal climatológica);

DP(n) é a variável derivada "escassez de precipitação" no dia n;

DI(n) é a variável derivada "brilho solar acompanhado de escassez de precipitação" no dia n.

Esta última variável, embora similar àquela proposta por Sã e Almeida (1984), apresenta precipitações normalizadas no denominador, o que garante a coerência dimensional da variável. Quanto às variáveis DP e DI, ambas procuram simular a deficiência de água no solo. A primeira delas é mais sensível em captar situações em que há deficiência moderada de água no solo; a segunda tenta apontar situações em que ocorrem estresses hídricos mais fortes. As variáveis críticas selecionadas foram:

a) para São José do Rio Preto:

VC1 - valor médio de DI entre 25 de janeiro e 13 de fevereiro,

VC2 - valor médio de DP entre 4 de março e 28 de março;

b) para Bauru:

VC1 - valor médio de DP entre 20 de setembro e 30 de setembro,

VC2 - valor médio de DI entre 26 de setembro e 14 de outubro,

VC3 - valor médio de DI entre 8 de outubro e 21 de outubro,

VC4 - valor médio de DP entre 29 de dezembro e 23 de janeiro,

VC5 - valor médio de DP entre 12 de março e 27 de março;

c) para Ribeirão Preto (indicadas por Sã e Almeida, 1984):

VC1 - valor médio de DI entre 30 de setembro e 18 de outubro,

VC2 - valor médio de DP entre 23 de outubro e 10 de novembro,

VC3 - valor médio de DI entre 4 de dezembro e 5 de janeiro.

Considera-se como ano agrícola o período entre 1º de setembro e 31 de março do ano seguinte. Todas as variáveis acima foram escolhidas pelo método de seleção "stepwise" (Drapper e Smith, 1966), o qual procura diminuir o número de variáveis selecionadas inicialmente. Este método utiliza um parâmetro para determinar a confiança estatística mínima do coeficiente de uma variável a ser incluída ("F include") e outro que determina, após toda inclusão, se uma variável deve ser excluída ("F delete"). Neste estudo foram usados  $F \text{ include} = 2,0$  e  $F \text{ delete} = 1,0$ . Da última escolha de variáveis resulta a equação final:

$$\text{REND} = a_0 + a_1 \times \text{ANOC} + (a_2 \times \text{VC}_j) + \dots + (a_k \times \text{VC}_1) + e, \quad (3)$$

onde:

REND = rendimento publicado;

$a_i$  = coeficiente de regressão,  $0 < i \leq k$ ;

ANOC = variável tecnológica (ano de colheita);

$\text{VC}_j, \dots, \text{VC}_1$  = variáveis meteorológicas críticas;

$e$  = resíduo não-explicado pela regressão.

### 3. RESULTADOS

No processo de seleção "stepwise" foram processados dados de rendimento agrícola de 1959 a 1982 e dados de total de horas de brilho solar e de precipitação de setembro de 1958 a dezembro de 1982. Os resultados obtidos na estimativa de rendimento de milho para as DIRAs de São José do Rio Preto, Bauru e Ribeirão Preto são apresentados respectivamente nas Tabelas 1, 2 e 3. Esta última contém resultados apresentados por Sã e Almeida (1984). São feitas igualmente comparações com os resultados publicados pelo IEA, e os respectivos erros

são apontados. Na Tabela 4 são comparados os totais estimados para a produção agrícola conjunta das DIRAs de São José do Rio Preto, Bauru e Ribeirão Preto, com os respectivos totais publicados pelo IEA e aqueles obtidos por Celaschi (1983) ao empregar variáveis primitivas.

TABELA 1

RENDIMENTOS ESTIMADOS PARA A DIRA DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

ANO	RENDIMENTO (kg/ha)		ERRO (%)
	MODELO ATUAL	MODELO PUBLICADO (IEA)	
1977/1978	2001,49	1676,77	19,36
1978/1979	2254,06	2342,14	-3,76
1979/1980	2341,87	2456,86	-4,68
1980/1981	2229,08	2252,80	-1,05
1981/1982	2760,20	2755,72	0,16

TABELA 2

RENDIMENTOS ESTIMADOS PARA A DIRA DE BAURU

ANO	RENDIMENTO (kg/ha)		ERRO (%)
	MODELO ATUAL	MODELO PUBLICADO (IEA)	
1978/1979	1960,92	2058,82	-4,76
1979/1980	2006,83	1964,50	2,15
1980/1981	2029,10	1822,55	11,33
1981/1982	2092,33	2425,37	-13,73

TABELA 3

RENDIMENTOS ESTIMADOS PARA A DIRA DE RIBEIRÃO PRETO

ANO	RENDIMENTO (kg/ha)		ERRO (%)
	MODELO ATUAL *	MODELO PUBLICADO (IEA)	
1977/1978	2239,40	2263,64	-1,1
1978/1979	2573,40	2802,23	-8,2
1979/1980	2901,80	2934,89	-0,8
1980/1981	2920,30	2944,70	-0,8
1981/1982	3092,50	2946,40	-5,0

\*FONTE: Sã e Almeida (1984)

TABELA 4

PRODUÇÃO TOTAL DAS TRÊS DIRAs

ANO	PRODUÇÃO/ERRO (10 <sup>8</sup> kg)		
	MODELO ATUAL	VARIÁVEIS PRIMITIVAS*	PUBLICADO (IEA)
1978/1979	10,22 (-6,48)	10,26 (-6,13)	10,93
1979/1980	9,81 (-2,03)	9,32 (-6,92)	10,01
1980/1981	10,60 (0,10)	10,78 (1,82)	10,59
1981/1982	15,70 (1,00)	—	15,55

\*FONTE: Celaschi (1983)

Deve-se ressaltar que nos anos agrícolas de 1976/1977 e 1975/1976, provavelmente devido à diminuição do tamanho das séries de dados disponíveis, o modelo só aceitou um número menor de variáveis críticas, o que ocorreu para as três DIRAs investigadas (em Bauru o mesmo sucedeu em 1977/1978). Isto possivelmente foi devido à redução do número de graus de liberdade para um valor abaixo do qual, sob as condi

ções impostas para a inclusão, foi impossível ao modelo "stepwise" a aceitação de novas variáveis. Nestas condições o desempenho do modelo sofre acentuada perda de eficácia. Entretanto, nas situações em que se dispôs de um número de dados de rendimento agrícola superior a 18, os coeficientes  $a_j$  e ANOC apresentaram considerável estabilidade em valor absoluto e mantiveram sempre os mesmos sinais.

#### 4. CONCLUSÕES

Nas estimativas de rendimento efetuadas separadamente observa-se um desempenho satisfatório do modelo em todas as situações em que não ocorreu uma grande variação no rendimento agrícola. Nestas, o erro aumenta consideravelmente e chega a superar o valor de 10% em alguns casos. Dado o próprio caráter linear do modelo de regressão "stepwise" utilizado, não se poderia esperar que ele respondesse adequadamente às variações abruptas do rendimento. Por outro lado, nas estimativas de produção total das três DIRAs, verifica-se um erro médio inferior a 3% nos resultados contra um erro médio superior a 5% pelo método de variáveis primitivas de Celaschi (1983). Assim, as estimativas de produtividade atingidas neste estudo justificam a busca de variáveis derivadas que expressem as características físicas com relação às quais as plantas reagem.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CELASCHI, W.; ALMEIDA, F.C. *Um modelo para estimar a produtividade do milho no Estado de São Paulo*. II Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Pelotas, 1981.
- CELASCHI, W. *Um modelo para estimação do rendimento do milho aplicado ao Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado. (INPE-2658-TDL/118). 1983.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. *Applied regression analysis*. New York, NY, Wiley, 1966.

SÃ, L.D.A.; ALMEIDA, F.C. *Variáveis derivadas na estimativa da produtividade agrícola.* III Congresso Brasileiro de Meteorologia - CETEC, Belo Horizonte, 1984.