

Impacto da Variabilidade da Temperatura e Precipitação Sobre Um Modelo Simplificado de Estimativa de Produtividade de Soja nas Principais Regiões Brasileiras.

Lima, Rosemary Ap. Odorizi; Kubota, Paulo Yoshio

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. E-mail: rosemary.odorizi@cptec.com.br e paulo.kubota@cptec.inpe.br

Abstract

This paper presents a mathematical study of the relationship between climatic variables of temperature and precipitation to agricultural productivity of soybean in the regions in Brazil by a simplified mathematical model. The analysis of the estimated productivity provided a good estimate when compared with observed values, despite using a very simplified model. Through the principal component analysis get the important information of the relations between variables, that helped in the preparation and evaluation of the mathematical model. The regressions for the north and northeast regions still have a low correlation, this may be a sign that it is necessary to include other variables in the mathematical model. In general, it can obtain qualitative information on the impact of variability in temperature and precipitation through this model proposed in this paper.

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo das relações matemáticas entre as variáveis climáticas de temperatura e precipitação com a produtividade agrícola da soja nas principais regiões brasileiras através de um modelo matemático simplificado. A análise da estimativa de produtividade forneceu uma boa estimativa quando comparados aos valores observados, apesar de se utilizar de um modelo bem simplificado. Através das análises de componentes principais obteve-se informações importantes das relações entre as variáveis, para a elaboração e avaliação do modelo matemático. As regressões para as regiões norte e nordeste ainda possuem uma correlação baixa, isto pode ser um sinal de que é necessário incluir outras variáveis no modelo matemático. Em geral, pode-se obter informações qualitativas do impacto da variabilidade de temperatura e precipitação através deste modelo proposto neste trabalho.

Palavras-Chaves: Modelo, Soja, Variabilidade

1. INTRODUÇÃO

Devido a mudanças climáticas observadas nos últimos anos, ainda não se sabe claramente qual o impacto (positivo ou negativo) na produção agrícola. Atualmente observa-se a expansão das áreas de cultivo de soja e recordes de produtividade (tonelada/hectares), mas surge a questão se, esta expansão nas áreas e na produtividade, também se deve as alterações nas médias mensais de precipitação e temperatura nestas áreas ou somente está relacionada ao avanço tecnológico. Portanto, aumentar o conhecimento da influência de variáveis climáticas de temperatura e precipitação na produtividade de soja no território nacional é importante na elaboração do planejamento destas áreas com potencial de produtividade.

Vários estudos mostram a relação entre temperatura, precipitação com produtividade da soja, dados de pesquisa da Embrapa, 2009 estimam que a temperatura ideal para o plantio até a colheita é em torno de 30°C e a Precipitação ideal é em torno de 7 a 8 mm/dia (EMBRAPA Paraná). Isso mostra que existe relação ideal entre as variáveis climáticas de precipitação e temperatura com a produtividade de soja.

Este trabalho tem como objetivo ajustar uma equação matemática empírica de estimativa que relacionem as variáveis climáticas de temperatura e precipitação com a produtividade de soja em diferentes regiões do Brasil e explicar a variabilidade da produtividade de soja em função da temperatura e precipitação utilizando a técnica estatística de componentes principais.

2. METODOLOGIA

Visando estimar a produtividade de soja, adotou-se neste trabalho a técnica de elaborar um modelo matemático estatístico para avaliar o impacto das variáveis climáticas de temperatura e precipitação na previsão de safra de soja.

Foi feito algumas análises independente do comportamento da precipitação e da temperatura em função da produtividade de soja. Para analisar as relações entre as variáveis climáticas e a produtividade nas principais regiões do Brasil, foi utilizada a série temporal de 1976 a 2009 de produtividade de soja (CONAB, 2009) e a temperatura e precipitação foram obtidas de campos climatológicos interpolados de estações de superfície do (INMET) disponíveis no CPTEC/INPE. Através destas análises verificou-se que a temperatura tem um comportamento de uma função gaussiana quando graficada em função da produtividade de soja e a precipitação têm o comportamento de uma função exponencial, similar a uma função acumulativa. Baseado nestas informações foi elaborado um modelo matemático estatístico para estimar a produtividade de soja, mostrada na equação-1.

$$Prod = A + B * Var_1 + C * Var_2 + Res \tag{1}$$

Onde os principais os termos são decompostos nas seguintes equações:

$$Var_1 = Prec * \left(\frac{1}{c_1 * \sqrt{2 * \pi}} \right) * \sum_{k=1}^n \left(\frac{Prec - b_1}{2 * c_1 c_1} \right)^2 \tag{2}$$

$$Var_2 = Temp * \left(\frac{1}{c_1 * \sqrt{2 * \pi}} \right) * \left(\frac{Temp - b_2}{2 * c_1 c_1} \right)^2 \tag{3}$$

Onde: Var_1 é uma variável em função da precipitação, Var_2 é uma variável em função temperatura, b_1 é a média da série temporal de precipitação, b_2 é a média da série temporal de temperatura, c_1 é o Desvio Padrão da Série Temporal de Precipitação, c_2 é o Desvio Padrão da Série Temporal de Temperatura, $Temp$ é a temperatura, $Prec$ é a precipitação. Os coeficientes A , B , C e Res são obtidos através da técnica de regressão linear múltipla.

Para saber qual relação existente entre a variáveis foi utilizado a técnica de análise de componentes principais, baseada na estrutura da matriz variância-covariância de um conjunto de p de variáveis, através de k, ($k < p$) combinações destas variáveis. Onde o conjunto de variáveis originais é transformado em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas chamadas componentes principais Y_n . Essas novas variáveis são combinações lineares das variáveis originais e são derivadas em ordem decrescente de importância. Assim sendo, a primeira componente principal é a combinação linear normalizada com variância máxima. Seu objetivo é em geral: (1) reduzir o número de variáveis e (2) analisar quais conjuntos de variáveis explicam a maior parte da variabilidade total, revelando que tipo de relacionamento existe entre elas (Dalmolin, 2003, Silva e Padovani, 2006). Estatisticamente a primeira componente principal Y_1 fornece a minimiza a distancia entre as variaveis e Y_1 e também maximiza máxima separação possível entre as variáveis e esta separação é encontrada na direção fornecida pela orientação da componente Y_1 , ou seja, a máxima variância λ_1 (Autovalor) se encontra nesta direção (MORAES, 2001), como mostrada na figura 1.

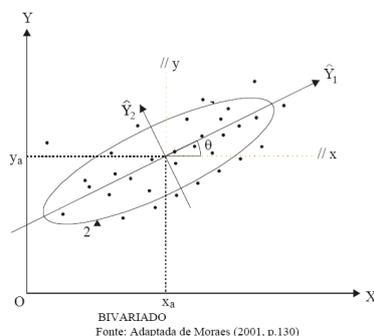


Figura-1 Ilustração gráfica das componentes principais

3. RESULTADOS

Na tabela-1 observa-se que os valores dos autovalores λ_1 correspondentes a primeira componente principal variam entre 1.5 a 2.5 correspondendo as variações entre 50 a 76 por cento da explicação da variância total e quanto maior o valor maior será a separação entre as variáveis que compõem este componente principal. As regiões sul e nordeste apresentam os menores valores de autovalores λ_1 indicando que as variáveis que compõem a primeira componente principal possuem uma menor correlação linear entre elas. Esta baixa correlação também afeta o modelo matemático, onde se observa que a produtividade modelada tem uma menor correlação linear quando comparadas as outras regiões. Sobre a região Centro Oeste, observa-se que os autovalores λ_2 e λ_3 trocam de importância na explicação da variância total, ou seja, a variância relacionada com a temperatura tem um maior impacto na variância total

Pode-se através das componentes principais, verificar o impacto na variabilidade de cada variável que a compõem. Por exemplo, a primeira componente principal Y_1 , nas regiões sul e nordeste, onde os respectivos autovalores são mais baixos a variabilidade na produtividade de soja explicada por Y_1 inferior ao das outras regiões. Isto é uma informação importante, pois, como há uma correlação linear inferior ao das outras regiões pode haver um impacto maior de outras variáveis não consideradas, tendo impacto no modelo de produtividade proposto neste trabalho.

Tabela-1 Autovalores λ , Explicação da Variância Total $\sum_{i=1}^3 \lambda_i$ em ordem decrescente dos autovalores e

Variabilidade explicada pelas componentes principais Y_i sobre as variáveis

Componentes principais C.P.	Autovalor (raízes das C.P.)	Explicação %	Explicação Acumulada %	C. P.	Variabilidade <i>Pr od</i> %	Variabilidade <i>Pr ec</i> %	Variabilidade <i>Temp</i> %
Sul							
λ_1	1.5144	50.3803	50.3803	Y_1	20.00	73.97	57.17
λ_2	0.9794	32.6455	83.0257	Y_2	74.61	00.06	23.26
λ_3	0.5092	16.9743	100.000	Y_3	05.39	25.97	19.56
Sudeste							
λ_1	2.2863	76.2108	76.2108	Y_1	70.93	75.51	82.20
λ_2	0.4410	14.7011	90.9119	Y_2	26.89	16.32	00.89
λ_3	0.2726	9.0881	100.0000	Y_3	02.18	08.17	16.91
Centro-Oeste							
λ_1	1.7229	57.4308	57.4308	Y_1	77.14	73.82	21.33
λ_3	0.9007	30.0250	87.4558	Y_3	03.56	08.03	78.49
λ_2	0.3763	12.5442	100.0000	Y_2	19.29	18.16	00.18
Norte							
λ_1	2.2995	76.6511	76.6511	Y_1	71.21	25.79	03.00
λ_2	0.4532	15.1064	91.7575	Y_2	74.55	19.24	06.21
λ_3	0.2473	8.2425	100.0000	Y_3	84.19 0	00.29	15.51
Nordeste							
λ_1	1.6636	55.4521	55.4521	Y_1	24.64	75.85	65.87
λ_2	0.9068	30.2274	85.6795	Y_2	73.65	01.48	15.55
λ_3	0.4296	14.3205	100.0000	Y_3	01.70	22.67	18.59

Os parâmetros estatísticos e da regressão múltipla do modelo matemático, obtido através do tratamento das series temporais, estão apresentados na tabela-2 e tabela-3. Estes parâmetros mostram como as regiões do Brasil sofrem impacto da variação da temperatura e precipitação na produtividade de soja

Tabela-2 Parâmetros Estatísticos obtidos das Series Temporais

Parâmetros estatísticos	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Norte	Nordeste
b_1	146.4545	152.6724	152.9994	225.9721	101.0346
b_2	26.71758	29.17909	31.33469	31.85458	32.24423
c_1	27.86453	18.33694	21.70127	35.04274	20.05748
c_2	0.4241317	0.7030530	0.7754541	0.3761357	0.5890207

Tabela-3 Parâmetros das Regressões Lineares Múltiplas

Par. da regressão múltipla	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Norte	Nordeste
A	1.488663	1.855721	1.763996	1.801941	1.614988
B	0.020	0.017	0.027	0.033	0.039
C	0.016	-0.0070	0.052	-0.0036	-0.0047
Re.s	0.5233045	0.3414441	0.5775266	0.4740826	0.4553892

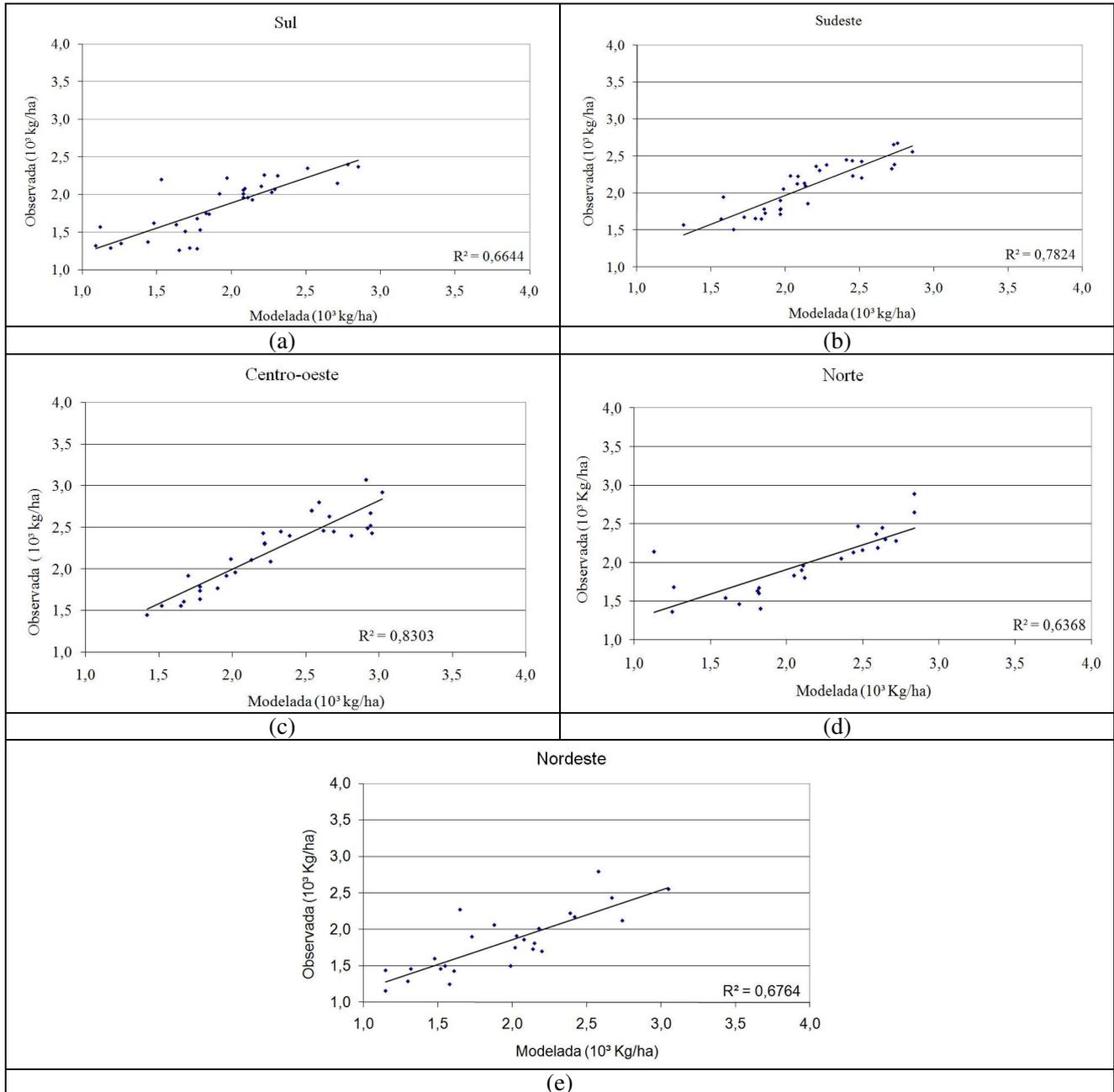


Figura 1: Correlação entre as produtividades de soja observada e modelada para as diferentes regiões do território brasileiro (a) região Sul, (b) região sudeste (c) região Centro-Oeste, (b) região Norte, (b) região Nordeste

A Figura 1 mostra o valor do R^2 da produtividade estimada pelo modelo matemático correlacionada com o valor observado, este valor quadrático do coeficiente de correlação, e tem uma interpretação muito interessante, mostrando a representação da proporção da variabilidade na variável resposta (produtividade modelada) explicada pela variável preditora (temperatura e precipitação), dando a idéia de quão bem podemos prever a produtividade a partir das variáveis preditoras de temperatura e precipitação. Os gráficos para as regiões brasileiras produtora de soja mostram que existe uma boa correlação entre a produtividade observada e modelada, porém observa-se que os valores de R^2 poderiam ser maiores se incluísse outras variáveis no modelo matemático como umidade, tipo de solo, modo de adubação, tipo de semente e muitos outros parâmetros. Outro fator importante do modelo matemático é o fato de estimar a produtividade de soja de forma satisfatória sem a necessidade de inclusão de muitas variáveis (grau de liberdade), isso facilita na interpretação do impacto de sensibilidade das variáveis climáticas (temperatura e precipitação) na produtividade de soja.

4. CONCLUSÃO

A análise da estimativa de produtividade proposta neste trabalho forneceu uma boa estimativa quando comparados aos valores observados, apesar de se utilizar de um modelo bem simplificado. A análise através de componentes principais forneceu informações importantes para a elaboração e avaliação do modelo matemático. As regressões para as regiões sul, norte e nordeste ainda possuem uma correlação baixa, isto pode ser um sinal de que é necessário incluir outras variáveis no modelo matemático. Em geral, pode-se obter informações qualitativas do impacto da variabilidade de temperatura e precipitação através deste modelo proposto neste trabalho.

5. REFERÊNCIAS

JACKSON, J. E., **A user's guide to principal components**. Wiley & Sons, Inc., 569 pp. 1991

DALMOLIN, R. O. Q., **Critérios para a análise da geometria de redes geodésicas por componentes principais**, *Boletim Ciência*. Geodésica, secção. Artigos, Curitiba, v. 9, no 1, p.25-37, 2003.

MORAES, C. V. **Aprimoramento da concepção do modelo geodésico para a caracterização de extremas no espaço geométrico**. Curitiba. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná 2001.

SILVA, N. R. , PADOVANI, C. R., **Utilização de Componentes principais em Experimentação Agrônômica**, *Energ.Agri.*, Botucatu, vol. 21, nº 4, p.93-113, 2006

Dados de produtividade de soja. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/SojaSerieHist.xls>>. Acesso em: 2 nov. 2009.

Relatório Técnico da Embrapa Disponível em:<<http://www.cnpso.embrapa.br/download/Tecnol2009.pdf>> Acesso em 2 nov. 2009