

INFUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS SOBRE A PRODUTIVIDADE DA SOJA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

DANIELLE BARROS FERREIRA¹, VADLAMUDI BRAHMANANDA RAO²

¹ Msc. Meteorologia, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) – Coordenação de Desenvolvimento e Pesquisa (CDP), Eixo Monumental Sul – Via S1 – Setor Sudoeste. CEP: 70680-900 – Brasília (DF) – Brasil, Fone: (0xx61) 33422945, danielle.ferreira@inmet.gov.br.

² Phd. Meteorologia, Pesquisador, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); Av. Astronautas, 1758 – Jd. Granja – CEP: 12227-010 – São José dos Campos (SP) – Brasil; Fone: (0xx12) 39456649; vbrao@cptec.inpe.br.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi quantificar a influência das variações climáticas regionais sobre a produtividade da cultura de soja, através da avaliação de elementos meteorológicos como precipitação, temperatura e evapotranspiração, no estado do Rio Grande do Sul. Para isso, foram realizadas correlações entre a produtividade média anual do estado e os dados mensais das variáveis meteorológicas pertencentes a seis municípios do estado produtores de soja, durante o período de 1976 a 2005. Os resultados mostraram que dentre as variáveis estudadas, o fator hídrico é o que com maior frequência e intensidade afeta a produção da cultura no estado.

PALAVRAS-CHAVE: precipitação, temperatura, evapotranspiração.

THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL VARIABLES IN THE SOYBEAN YIELD IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL.

ABSTRACT: The objective of this study was to quantify the influence of regional climatic variations in the soybean yield, through the evaluation of meteorological elements, such as rainfall, temperature and evapotranspiration, in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. Correlation analysis between the soybean yield records the state and the monthly meteorological variables from six locations within the most productive region were made for the period of 1976 to 2005. The results presented that among the variables studied, the water factor is the most influent in frequency and intensity on the yield of the culture in the state.

KEYWORDS: rainfall, temperature, evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

O estudo das relações entre o clima e a produtividade agrícola é um dos principais campos da climatologia e tem por finalidade explicar as influências dos efeitos climáticos sobre o meio ambiente, ou seja, em variáveis como balanço de água, temperatura e umidade do ar, que em conjunto atuam como fatores preponderantes para o sucesso da produtividade agrícola. Neste contexto, a imprevisibilidade das variações climáticas confere à ocorrência de adversidades climáticas como um fator principal de risco e de insucesso na exploração da cultura da soja.

O resultado da interação clima e produtividade agrícola é definido pela adaptação da cultura agrícola a um determinado ecossistema e a manifestação de suas diversas fases fenológicas, que por fim pode afetar sua produtividade total. Mesmo em ambientes onde a cultura tem plena adaptação, a variabilidade do crescimento e desenvolvimento de cada ciclo está relacionada, principalmente, com oscilações de variáveis meteorológicas. Portanto, estas oscilações podem afetar qualquer região e mesmo nas mais preparadas, com maior disponibilidade de mecanismos tecnológicos é capaz de produzir enormes danos econômicos, principalmente no setor agrícola. Assim, o objetivo deste trabalho é estudar possíveis impactos das variações climáticas regionais sobre a produtividade da cultura de soja, através da avaliação de elementos meteorológicos como precipitação, temperatura e evapotranspiração.

MATERIAL E MÉTODOS

O Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor de soja do Brasil, responsável por cerca de 20% da produção nacional (Melo et al., 2004). No ano de 2005, o estado cultivou uma área média de 4,2 milhões de hectares, representando 52% da área plantada no País e obteve uma produção média anual de 2,4 milhões de toneladas de grãos.

Os dados de produtividade média anual de soja (kg ha^{-1}) para o estado, durante o período de 1976 a 2005, foram obtidos de estatísticas oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e os dados mensais de precipitação e temperatura deste mesmo período foram obtidos de estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Visando identificar as principais localidades representativas da produtividade média da soja no estado, foram calculados coeficientes de correlação entre a produtividade média anual do estado e a produtividade média anual dos municípios, nos últimos 16 anos (1990 a 2005). Para a determinação da significância das correlações obtidas aplicou-se o teste estatístico de *t-student* (Bendat e Pearson, 1986).

Para o cálculo do consumo hídrico regional da cultura de soja, foi utilizado o método de Thornthwaite (1948), extensamente utilizado para estimar a evapotranspiração potencial (ETp) e é baseado somente na temperatura média mensal do ar como variável de entrada. Já a evapotranspiração real (ETr) foi obtida por meio do balanço hídrico seqüencial, proposto por Thornthwaite e Mather (1955) utilizando dados mensais de ETp e precipitação. O cálculo deste balanço foi realizado, utilizando uma capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) de 100 mm, pois segundo diversas literaturas a CAD pode variar entre 75 a 100 mm, para culturas anuais, como é o caso da soja. Posteriormente, foi calculado a razão entre a ETp e ETr , correspondendo ao consumo relativo de água no solo (evapotranspiração relativa).

Para verificar a influência das principais variáveis meteorológicas sobre a produtividade da soja, durante o período de 1976 a 2005, foi realizada uma análise de correlação entre as variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura e evapotranspiração relativa) e a produtividade, no período de outubro a março, correspondente aos meses de plantio a colheita da cultura de soja. A significância também foi verificada através do teste citado anteriormente para uma série de 30 anos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 mostra os coeficientes de correlação calculados entre a produtividade média anual do estado e a produtividade média anual de seis municípios, no período de 1990 a

2005. De acordo com o resultado do teste de *t-student*, os valores de correlações acima de 0,57 foram significativos ao nível de 99%. Observa-se que todos os municípios respondem pela produtividade média do estado, exceto o município de Bagé localizado ao sul do estado. Isto deve-se ao fato da região preferencial para o cultivo da soja ocorrer na parte centro-norte do estado, localização correspondente ao restante dos municípios analisados.

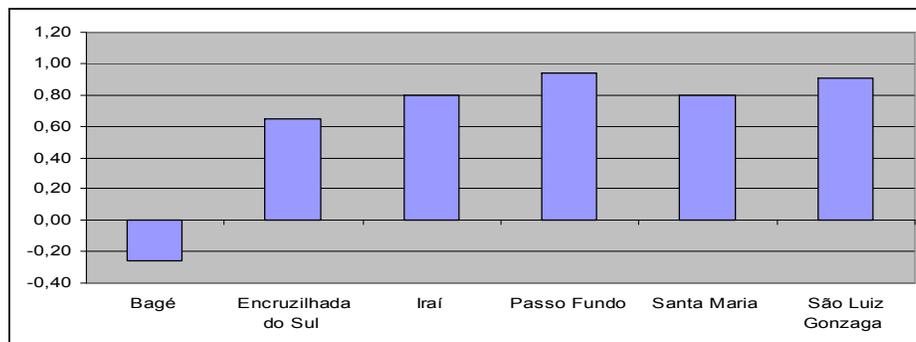


Figura 1 - Coeficientes de correlação entre a produtividade média dos municípios e a produtividade média do Rio Grande do Sul

As correlações entre precipitação e produtividade podem ser observadas na Tabela 1. O teste de significância foi aplicado e os valores de correlações acima de 0,3 foram significantes ao nível de 95%. Pode-se observar que a precipitação e a produtividade da soja na região em estudo, possuem uma relação direta em todos os meses (correlação positiva), porém as maiores correlações foram verificadas nos meses de janeiro a fevereiro, período correspondente ao florescimento e enchimento de grãos. Este período é considerado crítico para a cultura, em relação a água (Berlato et al., 1992). Portanto, a precipitação responde por parte da variabilidade interanual da produtividade da soja no Rio Grande do Sul.

Tabela 1 - Coeficientes de correlação entre a precipitação mensal e a produtividade anual da soja nos municípios do Rio Grande do Sul (1976 - 2006)

Municípios	O	N	D	J	F	M
Santa Maria	-0,02	0,14	0,07	0,40	0,28	0,26
Passo Fundo	0,07	0,13	0,21	0,39	0,31	0,25
Iraí	0,26	-0,03	0,25	0,26	0,40	0,26
Encruzilhada do Sul	0,07	0,15	0,39	0,40	0,17	0,24
Bagé	-0,04	0,13	0,27	0,28	0,30	0,18
São Luiz Gonzaga	0,11	0,03	0,34	0,31	0,38	0,26

* (cinza – maiores correlações, vermelho – correlações significativas)

As correlações entre a temperatura média do ar e a produtividade no período de 1976 a 2006, nos meses de outubro a março são mostradas na Tabela 2. O teste de significância foi aplicado e os valores de correlações acima de 0,30 foram significantes ao nível de 95% e os valores de correlações acima de 0,42 foram significantes ao nível de 99%. Observa-se que houveram correlações positivas e negativas, destacando-se o município de Bagé, em que a maior parte das correlações foram negativas. Este fato pode ser explicado por sua localização geográfica, bem como a tolerância da cultura ao calor, comprometendo seu desenvolvimento e consequentemente diminuindo sua produtividade. Além disso, pode-se contar com o fato de que esse município não representa grande parte da produtividade média do estado. Já no

restante dos municípios a temperatura tende a influenciar diretamente a produtividade da soja (correlação positiva), principalmente no mês de outubro que houve maior coeficiente de correlação. Este período corresponde ao início do ciclo da soja após o plantio, ou seja, fase fenológica de emergência da cultura. Nesta fase inicial, a ocorrência de baixas temperaturas pode ser prejudicial para o crescimento da planta, reduzindo sua capacidade fotossintética e seu ciclo e, conseqüentemente, diminuindo a produtividade final da cultura. Porém, temperaturas elevadas durante o crescimento da cultura de soja reduzem o tempo para o florescimento (Major et al, 1975b).

Tabela 2 - Coeficientes de correlação entre a temperatura média mensal e a produtividade anual da soja nos municípios do Rio Grande do Sul (1976 - 2006)

Municípios	O	N	D	J	F	M
Santa Maria	0,42	0,10	0,05	0,23	0,00	-0,01
Passo Fundo	0,25	0,06	0,05	0,02	-0,21	-0,20
Iraí	0,32	0,28	0,21	0,13	0,01	-0,03
Encruzilhada do Sul	0,46	0,24	0,14	0,30	0,18	0,12
Bagé	0,24	-0,11	-0,38	-0,25	-0,27	-0,22
São Luiz Gonzaga	0,50	0,26	0,21	0,11	0,09	0,00

• (cinza – maiores correlações, vermelho – correlações significativas)

A evapotranspiração relativa corresponde ao consumo relativo de água no solo (fator hídrico), o qual foi correlacionado com a produtividade da soja (Tabela 3). O teste de significância foi aplicado e os valores de correlações acima de 0,42 foram significantes ao nível de 99% e os valores de correlações acima de 0,46 foram significantes ao nível de 99,5%. Nota-se que houve um aumento dos valores dos coeficientes em relação aos correlacionados anteriormente com a temperatura e precipitação. Isto mostra que este fator hídrico funciona como uma combinação dos elementos meteorológicos estudados, já que para o cálculo de *ETp* utiliza-se a variável temperatura e para o cálculo de *ETr* utiliza-se como entrada do balanço hídrico a precipitação e a *ETp*. Os meses de maior correlação variaram de novembro a janeiro, exceto no município de Bagé, onde não houve significativa correlação. Os meses encontrados correspondem a fase de maior consumo de água pela cultura de soja, que concentra-se desde a floração até o enchimento de grãos. É importante salientar que falta de água em momentos críticos do desenvolvimento da cultura pode influenciar direta e negativamente a produção de grãos (Cunha e Bergamaschi, 1992). Portanto, nos municípios analisados as correlações foram positivas, indicando que um aumento do fator hídrico favorece a produtividade da soja, porém uma deficiência hídrica pode reduzir substancialmente a produtividade da cultura.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação entre o fator hídrico e a produtividade anual da soja nos municípios do Rio Grande do Sul (1976 - 2006)

Municípios	O	N	D	J	F	M
Santa Maria	0,35	0,36	0,48	0,22	0,18	0,15
Passo Fundo	0,50	0,67	0,53	0,26	0,26	0,11
Iraí	0,31	0,44	0,50	0,03	0,07	0,29
Encruzilhada do Sul	0,31	0,20	0,31	0,46	0,35	0,31
Bagé	-0,18	-0,13	-0,11	0,06	0,15	0,22
São Luiz Gonzaga	0,35	0,36	0,48	0,22	0,18	0,15

* (cinza – maiores correlações, vermelho – correlações significativas)

CONCLUSÕES

Portanto, conclui-se que os elementos meteorológicos são os principais responsáveis pelas oscilações e frustrações das safras agrícolas da cultura de soja nos municípios do Rio Grande do Sul. As significativas correlações entre a produtividade da soja e as condições meteorológicas encontradas ao longo dos anos mostram que dentre as variáveis estudadas, o fator hídrico é o que com maior frequência e intensidade afeta a produção da cultura no estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENDAT, J.S.; PEARSON, A.G. Radom data – **Analysis and measurement procedures**. 2^a ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, pp. 525, 1986.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, H. M. Relação entre o rendimento de grãos de soja e variáveis meteorológicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 27 (5), p. 695-702, 1992.

CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. (coord.) *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, p. 85-97, 1992.

MAJOR, D. J.; JOHNSON, D. R.; TANNER, J. W.; ANDERSON, I. C. Effects of daylength and temperature on soybean development. *Crop Science*, v. 15, pp. 174-179, 1975.

MELO, R. W., FONTANA, D. C., BERLATO, M. A. Indicadores de produção de soja no Rio Grande do Sul comparados ao zoneamento agrícola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n.12, p. 1167-1175, 2004.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, n. 38, pp. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W., MATHER, R.J. *The water Balance*. New Jersey: Laboratory of Climatology, v. 8, 104 p, 1955.