

# TENDÊNCIA TEMPORAL DO ÍNDICE DE SECA PARA MILHO E SOJA NO SUL DO BRASIL

## CORN AND SOYBEANS DROUGHT INDEX TIME TREND IN SOUTH BRAZIL

Fernando Silveira da Mota<sup>1</sup>, Marisa Oliveira de Oliveira Agendes<sup>2</sup> e João Baptista da Silva<sup>3</sup>

### RESUMO

A tendência temporal do índice de seca para milho e soja no sul do Brasil foi analisada para o período 1942-92, em relação à média do período 1946-60. Este índice apresentou tendência temporal decrescente no período analisado, com decréscimo anual de 0,2074. Entretanto, a partir de 1979/80 a tendência do índice de seca foi de manter-se acima da média. Devem ser esperados, no futuro, períodos de vários anos de duração com alta frequência de índices de seca acima da média e, também, períodos de alta frequência de índices de seca abaixo da média, pois esta foi a regra durante o período analisado.

**Palavras-chave:** tendência temporal das secas, milho, soja, sul do Brasil.

### SUMMARY

The time trend of the drought index for corn and soybeans in the south of Brazil was analysed for the period 1942-92, in relation to the average for the period 1946-60. The drought index shows a decreasing time trend in this period of record, with an average decrease of 0.2074/year. Nevertheless, since 1979/80 the drought index was above the average. Future periods of high drought frequency, alternated with periods with low drought frequency should be expected as, in the period analysed, this was the rule.

**Key words:** drought time trend, corn, soybeans, south of Brazil.

---

<sup>1</sup>Engº Agrº, Dr. C., Prof. Titular (aposentado), Pesquisador do CNPq, Estação Agroclimatológica (Convênio UFPel/EMBRAPA), Caixa Postal 49, CEP 96001-970, Pelotas, RS.

<sup>2</sup>Engº Agrº, Bolsista do CNPq, Estação Agroclimatológica (Convênio UFPel/EMBRAPA), Pelotas, RS.

<sup>3</sup>Engº Agrº, Dr. C., Prof. Titular (aposentado), Pesquisador do CNPq, Departamento de Matemática Estatística e Computação (UFPel), Caixa Postal 354, CEP 96001-970, Pelotas, RS.

## INTRODUÇÃO

A modelagem climática ainda não avançou ao ponto de realizar previsões regionais, mesmo para grandes áreas (IDSO & BALLING, 1992). Assim, a análise da tendência temporal da intensidade das secas regionais por métodos estatísticos pode ser útil para o planejamento agrícola.

O aumento da concentração atmosférica do SO<sub>2</sub> industrial foi verificado nas medidas realizadas no gelo ártico (MAYEWSKI et al, 1990). O aumento da nebulosidade observado por alguns autores (ALBRECHT, 1989; WIGLEY, 1989) tem sido atribuído ao aumento do SO<sub>2</sub> atmosférico que age como núcleo de condensação do vapor d'água, trazendo como consequência temperaturas diurnas do solo mais baixas, redução da evapotranspiração, aumento da precipitação e conseqüente diminuição da intensidade das secas. A escolha de um índice de seca que represente o balanço hídrico diário (MOTA, 1983) torna-o apropriado para estudar a tendência temporal das secas. Além disso, este tipo de índice está altamente correlacionado com a produtividade média regional das duas culturas - milho e soja - que cobrem grandes áreas do sul do Brasil (MOTA, 1983).

O objetivo do presente trabalho é verificar se a intensidade das secas no verão, no sul do Brasil, isto é, na região compreendida pelos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul está apresentando tendência de diminuir ou aumentar. A caracterização do sinal da tendência (negativa ou positiva) é importante para a previsão global da variável no próximo conjunto de anos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados meteorológicos diários, do período de 1942-92, das localidades de São Luiz Gonzaga, no Rio Grande do Sul e Santa Cruz do Rio Pardo, em São Paulo, fornecidos pelo Departamento Nacional de Meteorologia para determinar o índice de seca (MOTA, 1983) para as culturas de milho e soja na região compreendida pelos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Segundo MOTA (1983) a média do índice de seca destas duas localidades é significativamente correlacionado com o rendimento das culturas de milho e soja na região indicada. Estas duas localidades foram testadas com bons resultados, como "localidades monitoras" para o estudo das secas estivais que afetam o rendimento médio do milho e da soja na região indicada. Este índice de seca é calculado a partir do balanço hídrico diário descrito anteriormente (MOTA, 1983) e representa a soma dos valores diários  $1 - ETr/ETm$  no período de primeiro de dezembro a 28 (ou 29) de fevereiro, durante o ciclo das culturas, onde  $ETr$  é a evapotranspiração real e  $ETm$  é a evapotranspiração máxima (MOTA, 1983). A

homogeneidade da série 1942-92, do índice de seca das séries das duas localidades e do índice médio das duas localidades foi testado pelo método "run test" (THOM, 1966) e este teste indicou serem as mesmas homogêneas.

Os desvios da média do índice de seca das duas localidades em relação à média do período 1946-1960, foram filtrados para variações de curto prazo suavizando-as pelo método das médias móveis ( $m=2$ ) (ANDERSON, 1971). Foi escolhido o valor 2 para  $m$  para não diminuir muito o número de anos úteis da série.

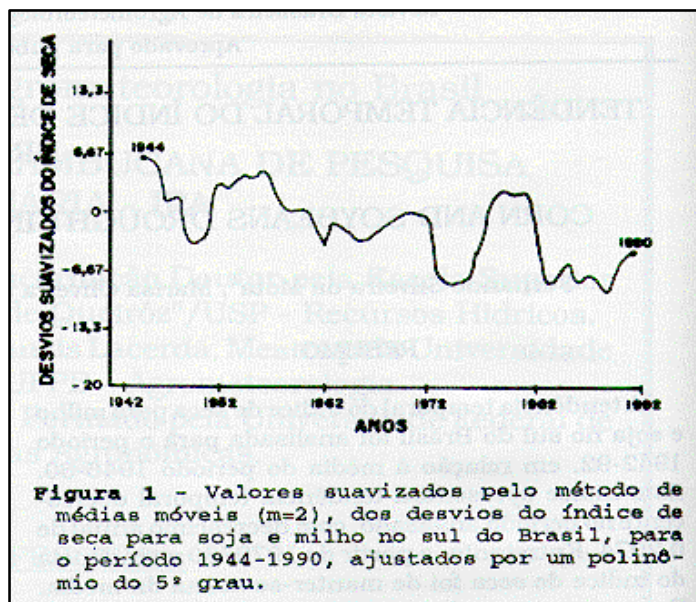
O período de 1946-60 foi escolhido por ter sido usado em trabalhos anteriores sobre a tendência temporal de outros elementos climáticos (MOTA et al, 1993).

Foi estudada a tendência dos valores suavizados dos desvios da média do índice de seca ajustando-se um polinômio de 5º grau em relação ao tempo, dando-se o valor 1 ao ano de 1942 e feito o teste F para verificar a significância desta tendência.

Verificou-se, também, a tendência linear da própria média do índice de seca no período de estudo: considerou-se dois períodos, o de 1942 a 1954, quando não se constatou fortes emissões de  $SO_2$  e, o de 1955 a 1991, quando expressivas emissões de  $SO_2$  foram registradas (IDSO & BALLING, 1992). O aumento de  $SO_2$  da atmosfera global poderia afetar o clima de várias regiões do planeta, inclusive no sul do Brasil.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, apresentam-se os valores suavizados dos desvios da média do índice de seca das duas localidades pelo método de médias móveis ( $m=2$ ), para o período 1944-1990. Sendo  $m=2$ , foram eliminados 2 anos no início e dois anos no fim do período 1942-1992. A equação abaixo foi resultante do ajuste de um polinômio de 5º grau aos desvios suavizados do índice de seca em relação aos anos:



$$\hat{Y}_i = 6,85724 - 1,303366 X_i + 0,118343 X_i^2 - 0,005644531 X_i^3 + 0,0001225321 X_i^4 - 0,0000009820249 X_i^5 \quad (1)$$

Onde:

$Y_i$  = estimativa do desvio suavizado do índice de seca

$X_i$  = número de ordem do ano ( $X_i = 3, 4, 5, \dots, 49$ )

A análise da variação indicou pelo teste F, uma significância do modelo polinomial ao nível de probabilidade de 1%. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,45, representando um ajuste razoável se considermos a natural variabilidade climática de ano para ano. O modelo polinomial permitiu ainda verificar a existência de períodos de índices de seca superiores à média alternados com períodos de índices de seca inferiores à média.

A regressão determinada indica um decréscimo médio de 0,3 por ano ou de aproximadamente 14,1 no total do período estudado de 47 anos, ou seja, de 1944 a 1990.

Na Figura 2 está expressa a tendência linear da média do índice de seca das duas localidades nos anos do período 1942-1992 bem como os valores desta média em cada ano.

O estudo da tendência linear dos períodos 1942-54 e 1955-1992 mostrou regressões lineares não significativas a 5% que foram as seguintes:

$$\hat{Y}_{1i} = 44,231 + 0,0989 X_i \quad \text{primeiro período,}$$

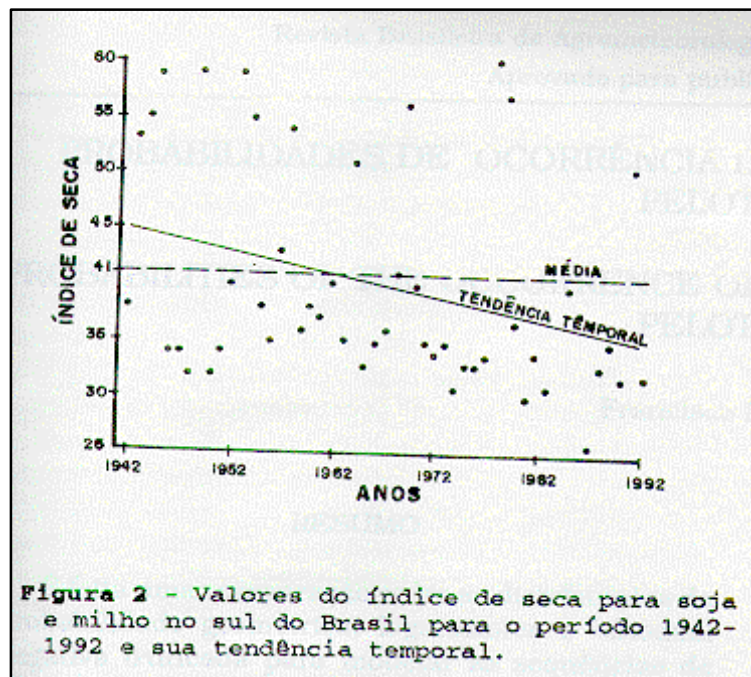
$$\hat{Y}_{2i} = 42,597 - 0,01317 X_i \quad \text{segundo período,}$$

para  $X_i = 1, 2, 3, \dots, 51$ .

Os coeficientes de regressão linear estimados foram comparados pelo teste **t** e concluiu-se pela homogeneidade das retas de regressão; isto indica que se pode ter uma reta de regressão única para os dois períodos. Assim sendo, determinou-se:

$$\hat{Y}_i = 45,214 - 0,2005 X_i \quad X_i = 1, 2, \dots, 51$$

como expressão da tendência linear do índice de seca para o período 1942 a 1992 (significativa a 5%), (Figura 2).



A tendência do índice de seca é decrescente, cerca de 0,2 por ano. A manter-se as mesmas condições nos próximos 10 anos, por exemplo, ter-se-ia uma redução média de 2,0 no índice de seca do período. Esta é uma informação útil para a agricultura.

Como pode-se ver na Figura 2 todas as secas intensas ocorridas de 1955 em diante, com exceção de 1978, foram de menor intensidade do que aquelas do período de 1942-1954.

Por outro lado, nesta mesma figura, nota-se uma periodicidade do índice de seca de aproximadamente 4 anos no primeiro período (1944-1954) e, no segundo período (1955-1990) há uma falta de nitidez de qualquer periodicidade. Aparecem aí máximas relativas inferiores ao índice de seca médio.

Estudos devem ser conduzidos para caracterizar estas periodicidade ocultas que poderiam levar a estimar um modelo de previsão para o índice de seca com um adequado grau de precisão.

Se a tendência do índice de seca persistir nos próximos anos, os modelos clima-rendimentos obtidos por MOTA (1983) indicam um aumento nos rendimentos do milho de 40 kg/ha e da soja de 80 kg/ha por ano, com a atual tecnologia, somente pela redução das secas.

## CONCLUSÕES

1 - O índice de seca para milho e soja no sul do Brasil apresenta uma tendência para diminuir no período de 1942 a 1992. Esta diminuição é de 0,2074/ano.

2 - No período de 1942-92 o índice de seca para milho e soja no Brasil, apresentou oscilação em torno da tendência temporal indicando a possibilidade de que no futuro ocorram períodos de vários anos com seca alternados com períodos de vários anos sem secas ou com secas fracas.

3 - Devemos esperar um aumento nos rendimentos do milho de 40 kg/ha e soja de 80 kg/ha por ano, com a atual tecnologia, somente pela redução das secas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBRECHT, B.A. Aerosols, cloud microphysics and functional cloudiness. Science, Washington, n. 245, p. 1227-1230, 1989.
- ANDERSON, T.W. The statistical analysis of time series. John Wiley & Sons, Inc, New York, 560 p. 1971.
- IDSO, S.B., BALLING Jr., R.C. United States drought trends of the past century. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, n. 60, p. 279-284, 1992.
- MAYEWSKI, P.A., LYONS, W.B., SPENCER, M.J. et al. An ice-core record of atmospheric response to anthropogenic sulfate and nitrate. Nature, New York, n.346, p.554-556, 1990.
- MOTA, F.S. da. Weather-technology models for corn and soybeans in the south of Brazil. Agricultural Meteorology, Amsterdam, n. 28, p. 49-64, 1983.
- MOTA, F.S. da, SIGNORINI, E., ALVES, E.G.P. et al. Tendência temporal da temperatura no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 101-103, 1993.
- THOM, H.C.S. Some methods of climatological analysis. World Meteorological Organization, Technical Note, 81, Geneva, 1966.
- WIGLEY, T.M.L. Possible climate change due to SO<sub>2</sub> - derived cloud condensation nuclei. Nature, New York, n. 338, p. 365-367, 1989.