

Avaliação das secas por meio de comparação dos índices de seca com a produtividade agrícola

Rosidalva Lopes Feitosa Paz¹, Diego Simões Fernandes², Alexandre Bryan Heinemann², André de Oliveira Amorim³

¹Universidade Federal de Goiás – Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente – Praça universitária s/nº - Goiânia – GO – Brasil, email: dalvapaz@yahoo.com.br

²Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – Arroz e Feijão – EMBRAPA – Rodovia GO 462, km 12, Zona Rural – Santo Antônio de Goiás – GO – Brasil, email: diegosifer@cnpaf.embrapa.br, alexbh@cnpaf.embrapa.br

³Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás – SIMEHGO – Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia – SECTEC – Rua 82 s/nº – Palácio Pedro L. Teixeira, 2º Andar – Setor Sul – Goiânia – GO – Brasil, email: amorim_go@yahoo.com.br

ABSTRACT: Drought is a normal feature of climate and affects nearly all climatic zones. Drought occurs due to a deficit between precipitation and potential evapotranspiration. Then, it is important to quantifying drought conditions using tools as drought index, which possibility the drought monitoring. The objective of this study is to evaluate the performance of four drought indices, two agricultural, PDSI and Z-index, and two meteorological, SPI and RAI, in order to get the drought intensity severity for Goiânia, GO, micron region. Also, drought index values were compared with upland rice historical yield from the studied region. Based on the criterions used in this study, the number of drought events, normal distribution and the precision of drought index values related to upland rice historical yield, the Z-index showed the best performance for drought monitoring in the studied region.

Palavras-chave: PDSI, RAI, Z-index, SPI

1 – INTRODUÇÃO

A seca é uma característica normal e periódica do clima e que causa prejuízos entre os diferentes setores da atividade humana, sendo difícil de detectar o seu início e a monitoração correta (Quiring, 2009a). Ocorre em qualquer região climática e suas características consistem em situações de escassez de água por um período de longa duração, porém temporária, ocorrendo principalmente devido a um déficit entre a precipitação pluvial e evapotranspiração potencial. O aumento da gravidade das secas ocorre devido à redução da quantidade de precipitação pluvial associados aos fatores climáticos como temperatura do ar elevada, ventos fortes e baixa umidade do ar, além de condições locais de solo, como a capacidade reduzida para retenção de água e erosão (Salas et al., 2005).

Segundo Redmond (2002) não existe uma definição universal para definir a seca, fazendo com que definições sejam dependentes da temática de abordagem. Heim (2002) classificou a seca em quatro diferentes categorias em função dos seus efeitos: meteorológica, agrícola, hidrológica e a socioeconômica. A seca agrícola, objeto deste estudo, refere-se a situações com redução na quantidade de água disponível nas diferentes camadas do solo afetando o rendimento das culturas. Este tipo de seca apresenta um tempo maior de resposta às mudanças na precipitação pluvial e o seu impacto depende da sua duração em relação a fase em que a cultura se encontra.

Segundo dados do IBGE (2010), o Estado de Goiás, o qual se destaca por sua vocação agrícola, foi responsável por 62%, 6,87% e 1,52% da produção brasileira de soja,

milho primeira safra e arroz e, as ocorrências de secas agrícolas podem afetar consideravelmente essa produção. Assim, é importante a quantificação da seca agrícola nessa região por meio de ferramentas como os índices de seca, os quais possibilitam o monitoramento da seca de uma forma operacional, minimizando os impactos na agricultura.

O objetivo deste estudo é avaliar o desempenho do Índice de Seca de Severidade de Palmer (PDSI, Palmer, 1965), Índice Z de Anomalia de Umidade de Palmer (Z-index, Palmer, 1965), Índice de Anomalia de Precipitação (RAI, Rooy, 1965) e Índice Padronizado de Precipitação (SPI, McKee et al., 1993), para caracterizar a intensidade da severidade das secas e comparar com a série histórica da produtividade do arroz de terras altas para a micro região de Goiânia, GO.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

Para esse trabalho foi utilizada a série histórica de dados diários de 1983 a 2008, considerando as variáveis climáticas precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima do ar, coletados na estação meteorológica (Lat. 16,48 S; Lon. 49,3 W; Altitude 823m) localizada em Santo Antônio de Goiás, GO. A análise de consistência, como também os métodos de preenchimento referentes às falhas nos dados climáticos dessa série histórica estão descritos em Heinemann et al. (2007).

Nesse estudo são apresentadas somente as equações principais para o cálculo dos índices. Maiores detalhes sobre as equações e procedimentos dos cálculos estão descritos em Fernandes et al. (2009).

O PDSI foi obtido pela equação 1, desenvolvida por Palmer (1965).

$$PDSI_i = 0,897 * PDSI_{i-1} + \left(\frac{Z_i}{3} \right) \quad (1)$$

O Z-index (Z_i) é denominado o índice de anomalia de umidade de Palmer (Dunkel, 2009) e os procedimentos para o cálculo são os mesmos que o do PDSI. Os seus valores foram obtidos pela equação 2.

$$Z_i = (P_i - \bar{P}_i) * K_i \quad (2)$$

A equação 3 descreve como foi obtido os valores do SPI.

$$SPI = \pm \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (3)$$

O cálculo do RAI é descrito pela equação 4.

$$RAI = \pm 3 \frac{(P_i - P_m)}{(\bar{P}_{10} - P_m)} \quad (4)$$

Os dados históricos de produtividade da cultura de arroz de terras altas (1983/1984 a 2005/2006) utilizados nesse estudo pertencem à microrregião de Goiânia, na qual se encontra o município de Santo Antônio de Goiás. Esses dados são provenientes da base de dados AGROTEC (Garagorry et al., 1997), desenvolvida pela EMBRAPA com o intuito de obter os dados de produtividade do IBGE de forma fácil e conveniente para os pesquisadores. Há a necessidade de se retirar dessa série histórica de produtividade os efeitos da tendência

tecnológica e ajustar os dados de produtividade para o ano de referência 2006. Esse procedimento foi realizado utilizando-se a metodologia aplicada por Hollinger et al. (2001).

Nesse estudo, o desempenho dos índices de seca foram analisados por meio de correlação de Pearson e número de eventos de seca em função da classificação apresentada por Fernandes et al. (2009) e comparação com os dados de produtividade ajustados do arroz de terras altas.

Para comparar os valores de índices de seca com os valores de produtividade ajustada do arroz de terras altas obteve-se o valor acumulado dos índices referentes aos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, que representam os principais meses no crescimento e desenvolvimento da cultura para a região centro-oeste, para cada safra. Assim, os valores acumulados dos índices de seca foram denominados índices agregados.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução da série temporal de cada índice, ilustrada na Figura 1 (a, b, c e d), permite observar os vários períodos secos que ocorreram durante o período de 1983 a 2008 para o município de Santo Antônio de Goiás, GO. Analisando a série temporal do PDSI (Figura 1a), observou-se que no período de estudo o PDSI não classificou nenhum mês como extremamente seco, mas sim 2 anos que tiveram 4 meses considerados como muito seco e 5 anos com 21 meses considerados como seca moderada. Também, os valores calculados por esse índice (Figura 1a) apresentaram uma defasagem em relação aos outros índices utilizados nesse estudo (Figura 1b, c e d). Isso é devido ao fato que no cálculo do PDSI considera-se o valor desse índice relativo ao mês anterior em função da seca ou umidade. Essa defasagem à resposta a seca atmosférica pode resultar no fato desse índice não ser sensível suficiente para considerar um mês que teve uma precipitação pluvial abaixo, porém próxima, da média mensal histórica, caso o mês anterior tenha um bom excedente nos valores da precipitação pluvial. Assim, a resposta da umidade do solo a escassez de precipitação pluvial nem sempre é imediata. Essa defasagem também foi observada por McKee et al. (1993) devido a exagerada memória que o índice carrega. Esse índice indicou uma tendência de aumento no número de secas conforme ilustra a Figura 1a. A maior correlação de Pearson apresentada por esse índice foi com o Z-index, 0,44, considerando-se todo o período de estudo (Tabela 1). Ambos os índices integram o balanço hídrico nos seus respectivos cálculos.

Tabela 1. Coeficientes de correlação Pearson dos Índices de seca analisados no estudo.

	PDSI	Z-index	SPI	RAI
PDSI	1	0.44	0.33	0.32
Z-index		1	0.91	0.87
SPI			1	0.81
RAI				1

O Z-index (Figura 1b) apresentou uma maior sensibilidade à seca que o PDSI, e classificou 3 meses em 3 anos como extremamente secos e 8 meses em 5 anos como moderadamente secos. Este índice também apresentou a maior correlação com os índices SPI (0,91) e RAI (0,87), conforme mostra a Tabela 1. Já o SPI (Figura 1c) se mostrou mais sensível à seca quando comparados com os índices PDSI e Z-index. Esse índice classificou como secas extremas 5 meses em 5 anos e para a seca moderada, 29 meses em 6 anos. O SPI apresentou a menor correlação com o PDSI (0,33, Tabela 1), o mesmo foi observado por Hughes & Saunders (2002) quando compararam diferentes escalas temporais do SPI (3, 6, 9, 12, 18 e 24 meses) com o PDSI. Os autores encontraram as menores correlações para as escalas temporais de 3 e 24 meses. O RAI, ilustrado na Figura 1d, teve um desempenho muito similar ao SPI. Entretanto, esse índice classificou um ano a mais como extremamente seco,

considerando 12 meses em 6 anos. Já para os valores de seca moderada, esse índice também registrou um ano a mais que o SPI, classificando 71 meses em 7 anos de seca moderada. Assim, dos quatro índices analisados, o RAI pode ser classificado como o mais sensível a períodos de seca. Esse índice apresentou uma maior correlação com o Z-index (0,91), conforme ilustra a Tabela 1. Ao contrário do PDSI, os índices Z-index, SPI e RAI não apresentaram tendências para o aumento de eventos de seca ao longo do período estudado.

A Figura 2 (a, b, c e d) ilustra as séries temporais dos índices agregados com a produtividade ajustada do arroz de terras altas. De acordo com a classificação realizada na produtividade ajustada (diminuição/aumento) observou-se que 13 anos da série histórica apresentaram uma diminuição na produtividade maior que 2%. O PDSI agregado (Figura 2a) não capturou de forma adequada os anos em que houve diminuição na produtividade. Isso provavelmente ocorreu devido ao índice não estar ajustado às condições climáticas da região de estudo. Conforme discutido anteriormente, esse índice, em seu formato original apresenta uma demora em responder a mudança de regime de precipitação pluvial devido à exagerada memória que ele carrega. Blain et al. (2007), por meio de mudanças no código original desse índice, relacionaram o início e fim de um evento de seca em função da razão entre evapotranspiração real e potencial. Assim, o mesmo obteve bons resultados na quantificação de secas para o Estado de São Paulo. Provavelmente, essa seja uma solução para que o PDSI possa apresentar um melhor desempenho para a região de estudo (Quiring, 2009b). O Z-index agregado (Figura 2b) apresentou um desempenho melhor que o PDSI na comparação com a produtividade ajustada. Dos 13 anos em que houve diminuição na produtividade ajustada, esse índice captou 8 anos de seca. Apesar do Z-index ser calculado com os mesmos parâmetros do PDSI, ele não leva em consideração o histórico (memória) das condições de umidade, tornando-o mais sensível a respostas a seca. Já o SPI e o RAI agregado (Figura 2c e d) capturaram 7 dos 13 anos em que foram observadas diminuição na produtividade ajustada

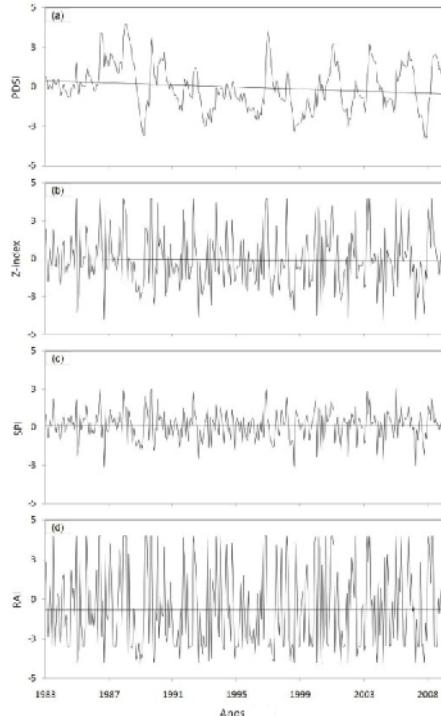


Figura 1. Série temporal dos índices de seca para o município de Santo Antônio de Goiás, GO. (a) PDSI, (b) Z-index, (c) SPI, (d) RAI.

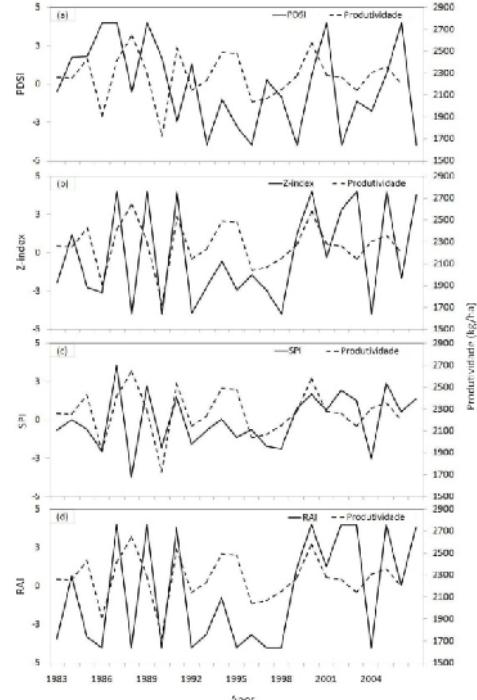


Figura 2. Comparação dos valores obtidos no cálculo dos índices de seca agregados com os dados de produtividade ajustada do arroz para a microrregião de Goiânia. (a) PDSI; (b) Z-index; (c) SPI; (d) RAI.

4 – CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos nesse estudo pode-se concluir que o índice que obteve o melhor desempenho para a microrregião de Goiânia, baseado nos critérios; a) número de eventos de seca e b) número de acerto dos índices de seca em relação à produtividade ajustada do arroz de terras altas, foi o Z-index.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLAIN , G.C. Análise comparativa dos índices de seca de Palmer, Palmer adaptado e índice padronizado de precipitação no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, p.105-111, 2007.
- DUNKEL, Z. Brief surveying and discussing of drought indices used in agricultural meteorology. **Quarterly Journal Hungarian Meteorological Service**, v.113, p.23-37, 2009.
- FERNANDES, D.S.; HEINEMANN, A.B.; PAZ, R.L.F.; AMORIM, A.O.; CARDOSO, A.S. **Índices para a quantificação da seca**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 45p. (Documentos, 244).
- GARAGORRY, F. L.; REGO, A.M. AGROTEC: base relacional de dados estatísticos: estrutura de dados: versão 1.0, Brasília: Embrapa. 1997. 20p.
- HEIM, R.R. A review of twentieth century drought indices used in the United States. **Bulletin of the American Meteorology Society**, v.83, p.1149-1163, 2002.
- HEINEMANN, A.B.; SILVA, S.C.da; LOPES JUNIOR, S.; AMORIM, A.O.; ANDRADE, C.L.T.; BASTOS, E. A.; PAZ, R.L.F.da. **Características climáticas dos municípios de Santo Antônio de Goiás (GO), Porangatu (GO), Janaúba (MG), Sete Lagoas (MG), Parnaíba (PI) e Teresina (PI)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2007. 36p. (Documentos, 214).
- HOLLINGER, S.E.; EHLER, E.J.; CARLSON, R.E. Midwestern United States corn and soybean yield response to changing El Niño-Southern Oscillation conditions during the growing season. In: HATFIELD, J.L; VOLENEC, J.J.; DICK, W.A.; KRAL, D.M. (Ed.). In: **Impacts of El Niño and climate variability on agriculture**. Madison: American society of agronomy, 2001. (ASA Special Publication, 63).
- HUGHES, B.L. E SAUNDERS, M.A. A drought climatology for Europe. **International Journal of Climatology**, v.22, p.1571-1592, 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola: 2009. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/. Acesso em: 22 jan. 2010.
- MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to the time scales. CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8, 1993, Anaheim. **Anais**. Boston: Preprints, 1993. p.179-184.
- PALMER, W.C. **Meteorological drought**. Washington: U.S. Weather Bureau, 1965 (Research Paper, 45).
- QUIRING, S.M. Developing Objective Operational Definitions for Monitoring Drought. **Journal Applied Meteorology and Climatology**, v.48, p.1217–1229, 2009a.
- QUIRING, S.M. Monitoring drought: an evaluation of meteorological drought indices. **Geography Compass**, v.3, p.64-88, 2009b.
- REDMOND, K. T. The depiction of drought: a commentary. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.83, p.1143–1147, 2002.
- ROOY, V.M.P. A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos**, v.14, p1-43, 1965.
- SALAS, J.D.; FU, C.; CANCELLIERE, A.; DUSTIN, D.; BODE, D.; PINEDA, A.; VINCENT, E. Characterizing the severity and risk of drought in the Poudre River, Colorado, **Journal of Water Resources Planning and Management**, v.131, p.383–393, 2005.