

Índice de Precipitação Padronizada para a condição climática do município de Chapada Gaúcha, MG

Evaldo de Paiva Lima⁽¹⁾; Givanildo de Gois⁽²⁾; Fabrizio do Nascimento Garritano⁽³⁾

⁽¹⁾ Pesquisador; Embrapa Solos; Rio de Janeiro, RJ; evaldo.lima@embrapa.br;

⁽²⁾ Estudante de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro;

⁽³⁾ Estudante de Geografia; Universidade Federal do Rio de Janeiro.

RESUMO: As secas podem ser diagnosticadas, com base em uma série histórica de dados meteorológicos, por meio de índices quantificadores de secas e análises estatísticas. Esses índices diagnosticam, a partir de equações empíricas, os períodos de seca ou umidade em uma área pontual ou regional. A utilização de índices para quantificar a seca se faz necessária para determinar a intensidade, a duração e a frequência em que essa anomalia ocorre. Dessa forma, esse trabalho teve o objetivo de determinar o Índice de Precipitação Padronizada (SPI) para o município de Chapada Gaúcha, MG. Foram utilizados dados de precipitação, de uma série de 26 anos, coletados numa propriedade rural presente nesse município. Observou-se que a frequência dos eventos ocorridos nas escalas de tempo de três, seis, nove e doze meses foi maior na classe próxima ao normal. Pode-se afirmar que, o índice SPI foi capaz de identificar os períodos secos, normais e úmidos para a condição climática do município de Chapada Gaúcha, MG.

Termos para indexação: Cerrado, índice de seca, SPI.

INTRODUÇÃO

O déficit de precipitação possui diferentes impactos na água subterrânea, no armazenamento de um reservatório, na umidade do solo e nos escoamentos dos rios. Isso fez com que McKee et al. (1993) desenvolvessem o Índice de Precipitação Padronizado (*Standardized Precipitation Index*). Esse índice quantifica o déficit de precipitação para múltiplas escalas de tempo que refletem o impacto da seca na disponibilidade de fontes de água. As condições de umidade de solo respondem às anomalias de precipitação em uma escala de tempo relativamente curta. O armazenamento de água subterrânea, dos fluxos de rios e do reservatório refletem as anomalias de precipitação em longo prazo. Por essa razão, McKee et al. (1993) originalmente calcularam o índice em escalas de tempo de três, seis, doze, vinte e quatro e quarenta e oito meses.

O cálculo do índice SPI para qualquer local é baseado no registro de precipitação de longo prazo ajustado a uma distribuição de probabilidade. Essa distribuição é então transformada em uma

distribuição normal, de modo que o SPI médio para uma dada localidade e período desejados seja zero (EDWARDS; MCKEE, 1997). Os valores positivos de SPI indicam a precipitação maior do que a mediana ou média e, da mesma forma, os valores negativos indicam precipitações menores do que a média. Devido ao fato do SPI ser normalizado, climas mais secos ou úmidos podem ser representados do mesmo modo, podendo ser monitorados utilizando o SPI. Dessa forma, esse trabalho teve o objetivo de determinar o Índice de Precipitação Padronizada, para a condição climática do município de Chapada Gaúcha, MG, contribuindo com o desenvolvimento de pesquisas que visem quantificar a seca no bioma Cerrados.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados e área de estudo

O município de Chapada Gaúcha, MG, está situado na mesorregião Norte de Minas e microrregião Januária, distando aproximadamente 772 km da capital mineira, Belo Horizonte, e 342 km da capital federal, Brasília. Com área de 3.255,19 km² e população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o ano de 2015, de 12.495 habitantes, o seu território tem como municípios limítrofes, Formoso, Arinos, Urucuaia, Pintópolis, São Francisco, Januária, em Minas Gerais; e Cocos, na Bahia (IBGE, 2014).

No estudo foi realizado o cálculo do Índice de Precipitação Padronizada (SPI), conforme metodologia proposta por McKee et al. (1993, 1995). Foram utilizados dados de precipitação, de uma série de 26 anos (1990-2015), coletados numa propriedade rural localizada no município de Chapada Gaúcha, MG. As coordenadas geográficas de referência do pluviômetro utilizado na coleta de dados do estudo são: 15°11'10" S e 45°34'48" O.

O Índice de Precipitação Padronizada foi determinado nas escalas de tempo de três (SPI-3), seis (SPI-6), nove (SPI-9) e doze (SPI-12) meses. O SPI-3 representou os trimestres de janeiro a março, abril a junho, julho a setembro e, outubro a dezembro. O SPI-6 representou os semestres de janeiro a junho e, julho a dezembro. No caso do SPI-9 os meses relacionados foram de janeiro a

setembro, e do SPI-12 foram relacionados os meses de janeiro a dezembro.

Índice de Precipitação Padronizada (SPI)

De acordo com McKee et al. (1993, 1995), a série histórica é ajustada a uma distribuição de probabilidade gama, no qual é transformada em uma distribuição normal, onde o índice SPI para uma dada localidade e período desejado tem o valor zero para sua média e variância unitária. A distribuição gama é definida pela função de densidade de probabilidade, conforme Equação 1:

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (1)$$

em que,

$\alpha > 0$ = parâmetro de forma (adimensional),

$\beta > 0$ = parâmetro de escala (mm),

$x > 0$ = total de precipitação (mm),

$\Gamma(\cdot)$ = função gama, que é definida pela Equação 2:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (2)$$

Os parâmetros e a função de densidade de probabilidade gama foram ajustados para distribuição de frequência dos totais de precipitações pluviiais. Foram calculados os parâmetros de forma e escala, respectivamente, α e β , da função de densidade de probabilidade gama estimados na escala de tempo anual.

Segundo Assis et al. (1996) e Thom (1966), o método da máxima verossimilhança é o mais indicado para as estimativas dos parâmetros de α (Eq. 3) e β (Eq. 4):

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\alpha} \quad (4)$$

em que, A é definido pela Equação 5:

$$A = \text{Ln}(\bar{X}) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \text{Ln}(X_i) \quad (5)$$

em que,

\bar{X} = média aritmética da precipitação pluvial (mm),

Ln = logaritmo neperiano,

N = número de observações de precipitação.

Os parâmetros de forma e escala foram calculados para encontrar a probabilidade cumulativa (Eq. 6) de um evento de precipitação observado para a escala de tempo anual.

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (6)$$

Substituindo $t = x/\beta$, a Eq. 6 transforma-se na função gama incompleta (Equação 7):

$$F(\beta t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^{\beta t} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (7)$$

Desde que a função gama é indeterminada para $x = 0$ e uma distribuição de precipitação pode conter zeros, a probabilidade cumulativa toma o seguinte aspecto (Eq. 8):

$$F(x) = P_0 + (1 - P_0)G(x) \quad (8)$$

em que,

P_0 = probabilidade de ocorrência de valores nulos (zeros),

$G(x)$ = distribuição cumulativa teórica, onde os parâmetros são estimados em dias chuvosos.

A distribuição de probabilidade cumulativa $F(x)$ é transformada em uma distribuição normal para a variável Z aleatória, com média zero e variância um, onde a variável Z é correspondente ao valor do SPI. As probabilidades cumulativas empíricas foram bem desenvolvidas por Panofsky e Brier (1958), onde os dados de precipitação estão ordenados em ordem crescente de magnitude de forma que os valores são baixos, o tamanho da amostra é dado pela Equação 9:

$$P_0 = \frac{m}{n+1} \quad (9)$$

em que,

m = número de ordem dos valores de zero em uma série climatológica,

n = tamanho da amostra.

Uma vez que seria desnecessário reproduzir vários gráficos para cada localidade e cada ano para todas as estações nas escalas de tempo e durante cada mês, o valor de SPI ou Z é obtido facilmente pela aproximação matemática desenvolvida por Abramowitz e Stegun (1965), a qual converte a probabilidade cumulativa em uma distribuição normal a variável Z . Em que Z é definido pelas Equações 10 e 11:

$$Z = \text{SPI} = \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \text{ para } 0 < F(x) < 0,5 \quad (10)$$

$$Z = \text{SPI} = \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \text{ para } 0,5 < F(x) < 1 \quad (11)$$

Sendo t definido pelas Equações 12 e 13:

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(F(x))^c} \right]}, \text{ para } 0 < F(x) < 0,5 \quad (12)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{1 - (F(x))^c} \right]}, \text{ para } 0,5 < F(x) < 1 \quad (13)$$

Sendo os coeficientes $C_0 = 2,515517$; $C_1 = 0,802853$; $C_2 = 0,010328$; $d_1 = 1,432788$; $d_2 = 0,189269$; e $d_3 = 0,001308$. A partir dos cálculos dos valores do SPI na escala de tempo anual para Chapada Gaúcha, MG, foram classificados conforme a Tabela 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a frequência dos episódios de seca segundo as escalas temporais de 3, 6, 9 e 12 meses do SPI, baseado em McKee et al. (1993, 1995), para o município de Chapada Gaúcha, MG. Entretanto, a Tabela 3 apresenta os percentuais das frequências dos eventos nas escalas citadas anteriormente. As maiores frequências de seca encontram-se nas categorias Próximo ao normal, (130 eventos) e Moderadamente úmido (26 eventos), correspondente aos percentuais 14,62%, 13,85% e 11,54% (Próximo ao normal), e 15,38%, 7,69% e 23,08% (Moderadamente úmido) para os SPI-3, SPI-6, SPI-9 e SPI-12 meses. Frequências de episódios Moderadamente seco (20 episódios), Muito seco (6 episódios) e Extremamente seco (16 episódios) foram registrados, na região, com os respectivos percentuais de 10,00%, 20,00% e 15,00% (Moderadamente seco), 16,67% e 0,00% (Muito seco), seguidos de 6,25% e 62,50% de secas extremas (Tabela 3).

Verifica-se, na Tabela 2, a maior frequência de episódios de seca extrema (10 episódios) registradas pelo SPI-3 (Jul-Set), que corresponde ao percentual de 62,50% das ocorrências na região, seguidos de 4 episódios de seca moderada identificadas pelos SPI-3 (Jan-Mar) e SPI-6 (Jan-Jun), com os respectivos, percentuais de 20,00% para cada período (Tabela 3).

De um modo geral, ocorreu alta variabilidade do SPI nas diversas escalas de tempo para as percentagens de seca de qualquer intensidade na região. Esses resultados coincidem com os observados na região do Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, conforme Moura et al. (2011).

CONCLUSÕES

Os índices SPI obtidos no estudo mostraram episódios de seca de várias intensidades, com destaque para SPI-3 (Jul-Set) correspondente ao período seco na Região Sudeste. As maiores frequências encontram-se nas categorias moderada, muito seco e próximo da normal para o SPI-3, SPI-6, SPI-9 e SPI-12 meses,

respectivamente. Os resultados obtidos neste estudo fornecem subsídios para o monitoramento e diagnóstico de severidade da seca para na região. Sendo de grande utilidade nas ações dos gestores e tomadores de decisões quanto à ocorrência de seca no Estado de Minas Gerais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao sr. Evandro Gobbi que gentilmente cedeu os dados de precipitação registrados em sua propriedade.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOWITZ, M.; STEGUN, I. A. (Ed.). **Handbook of mathematical functions with formulas, graphs, and mathematical tables**. New York: Dover, 1965. 1046 p.
- ASSIS, F. N. de; ARRUDA, H. V. de; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 1996. 161 p.
- EDWARDS, D. C.; MCKEE, T. B. **Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales**. Fort Collins: Colorado State University, 1997. (Climatology report, n. 97-2).
- IBGE. **Cidades@**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. Drought monitoring with multiple time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 9., 1995, Dallas. **Proceedings** Boston: American Meteorological Society, 1995. p. 233-236.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to the time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8., 1993, Anhaeim. **Proceedings** Boston: American Meteorological Society, 1993. p. 179-184.
- MOURA, N. da S. H. de; GOIS, G.; COSTA, L. C.; OLIVEIRA JUNIOR, J. F. de; BRITO, T. T. Severidade da seca para mesorregião do vale do Jequitinhonha no Estado de Minas Gerais baseado nos índices SPI e PDSI. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 4., 2011, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2011.
- PANOFSKY, H. A.; BRIER, G. W. **Some applications of statistics to meteorology**. University Park: Pennsylvania State University, 1958. 224 p.
- THOM, H. C. S. **Some methods of climatological analysis**. Geneva: World Meteorological Organization, 1966. 53 p. (WMO. Technical note, 81).

Tabela 1. Classificação dos períodos secos e úmidos do Índice de Precipitação Padronizada (SPI), segundo McKee et al. (1993, 1995).

Escala do SPI	Categoria
- 2	Extremamente úmido
1,50 a 1,99	Muito úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
0,99 a -0,99	Próximo ao normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muito seco
m-2,00	Extremamente seco

Tabela 2. Frequência dos eventos ocorridos em cada uma das classes e nas escalas de tempo de três, seis, nove e doze meses.

Escala do SPI	SPI-3	SPI-3	SPI-3	SPI-3	SPI-6	SPI-6	SPI-9	SPI-12	Total
	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez	Jan-Jun	Jul-Dez	Jan-Set	Jan-Dez	
- 2	0	1	1	0	0	0	0	0	2
1,50 a 1,99	2	1	0	1	1	1	1	1	8
1,00 a 1,49	4	1	4	2	5	2	6	2	26
0,99 a -0,99	15	19	11	18	15	19	15	18	130
-1,00 a -1,49	4	2	0	3	4	2	3	2	20
-1,50 a -1,99	1	1	0	1	1	1	0	1	6
m-2,00	0	1	10	1	0	1	1	2	16
Total	26	26	26	26	26	26	26	26	

Tabela 3. Percentuais das frequências dos eventos ocorridos em cada uma das classes e nas escalas de tempo de três, seis, nove e doze meses.

Escala do SPI	SPI-3 (%)	SPI-3 (%)	SPI-3 (%)	SPI-3 (%)	SPI-6 (%)	SPI-6 (%)	SPI-9 (%)	SPI-12 (%)
	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez	Jan-Jun	Jul-Dez	Jan-Set	Jan-Dez
- 2	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,50 a 1,99	25,00	12,50	0,00	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
1,00 a 1,49	15,38	3,85	15,38	7,69	19,23	7,69	23,08	7,69
0,99 a -0,99	11,54	14,62	8,46	13,85	11,54	14,62	11,54	13,85
-1,00 a -1,49	20,00	10,00	0,00	15,00	20,00	10,00	15,00	10,00
-1,50 a 1,99	16,67	16,67	0,00	16,67	16,67	16,67	0,00	16,67
m-2,00	0,00	6,25	62,50	6,25	0,00	6,25	6,25	12,50