ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Caracterização de Eventos Secos e Chuvosos na Microrregião de Imperatriz-MA

Francisco das Chagas Araújo do Nascimento¹; Célia Campos Braga²; Fabiane Regina da Cunha Dantas Araújo³; Ewerton Vólney da Silva Costa⁴

¹Mestre em Meteorologia, Físico, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Rio Grande do Norte, e-mail: francisconfisica@ufersa.edu.br (autor correspondente). ³Doutora, Professora Adjunta, Universidade Federal Rural do Semiárido, e-mail: fabiane@ufersa.edu.br. ²Doutora, Professora Adjunta, Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: celia@ufcg.dca.edu.br. ⁴Mestrando em Meteorologia da UFCG-PB. E-mail: ewertonvolney@hotmail.com.br.

Artigo recebido em 30/12/2014 e aceito em 26/02/2015

RESUMO

Este trabalho objetivou identificar, quantificar e caracterizar os eventos secos e chuvosos na microrregião de Imperatriz-MA, no período de 1985 a 2013. Para isso, utilizou-se dados de cinco postos pluviométricos distribuídos ao longo da microrregião, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Nacional de Águas (ANA). A estes dados foi aplicada a técnica desenvolvida por McKee et al. (1993), que propuseram o Standardized Precipitation Index (SPI), para quantificar o excesso e déficit de precipitação nas escalas sazonal, semestral e anual. Os resultados mostraram uma predominância de eventos extremos de seca em todas as escalas do SPI sendo bem evidentes na década de 1990 e nos anos de 2012/2013. Por outro lado, as maiores sequências chuvosas ocorreram no final da década de 1980 em todas as escalas estudadas. Os maiores períodos de eventos secos (chuvosos) corresponderam aos períodos de eventos fortes de El Niño (La Niña). Observou-se, ainda, que as chuvas na região são propiciadas, também, pela atuação de diversos outros sistemas meteorológicos, tais como Zona de Convergência do Atlântico Sul, Sistemas Frontais e efeitos de brisa local.

Palavras-chave: Standardized Precipitation Index (SPI), Eventos Extremos, Seca.

Characterization of Dry and Rainy Events in the Micro Region of Imperatriz-MA

ABSTRACT

This study aimed to identify, quantify and characterize the dry and rainy events in the micro region of Imperatriz-MA, from 1985 to 2013. For this, were used five data points rainfall distributed along the micro region, provided by the National Institute of Meteorology (INMET) and National Water Agency (ANA). To this data was used the technique developed by McKee et al. (1993), who proposed the Standardized Precipitation Index (SPI) to quantify the excess and deficit rainfall in the seasonal, annual and semi-annual scales. The results showed a predominance of dry extreme events on at all scales SPI is very evident in decade the 1990 and in the years 2012/2013. On the other hand, major sequences were rainy at the end the decade 1980 on all scales studied. The longer periods of dry (rainy) events corresponded to periods of strong El Niño (La Niña) events. It was also observed, the rains in the region are also afforded the role of several other weather systems, such as South Atlantic Convergence Zone, Frontal Systems and effects local breeze.

Keywords: Standardized Precipitation Index (SPI), Extreme Events, Drought.

Introdução

A microrregião de Imperatriz-MA possui um posicionamento estratégico muito útil para o estado Maranhão, pois encontra-se num ponto de cruzamento entre a soja proveniente do sul do estado, a extração de madeira vinda do Pará, a siderurgia em Açailândia-MA, a produção de

arroz além das futuras potencialidades como a produção de energia com a hidrelétrica de Estreito e a produção de celulose com a implantação de uma importante fábrica de papel.

A microrregião é banhada pelo Rio Tocantins, que é uma das fontes de pescados para a população, e, além disso, proporciona também oportunidades de lazer para o povo, quando a

partir de julho, ao baixar de suas águas, faz-se surgir praias fluviais. O rio também é a principal fonte de abastecimento de água da região. Em anos muito chuvosos, seu nível sobe provocando danos a população devido a enchentes.

Assim sendo, a variabilidade da precipitação, precisa ser bem compreendida por ser um dos elementos climáticos mais importantes na vida da população dessa região. Contudo, entender essas distribuições, requer uma boa gama de dados observacionais de longo prazo. Neste sentido, foi desenvolvido na Califórnia em 1993, o Standardized Precipitation Index (SPI) que traduzido significa “Índice de Precipitação Padronizado” para monitorar e analisar a seca em diferentes escalas de tempo, utilizando apenas dados mensais de precipitação no estado do Colorado nos Estados Unidos da América (EUA).

O índice apresenta algumas vantagens, dentre elas: consiste na simplicidade, pois é baseado unicamente na precipitação, evitando a dependência das condições de umidade do solo (Hayes et al., 1999); na independência da topografia da área de estudo; na capacidade de monitorar períodos secos e chuvosos em uma ampla escala de tempo de 1 a 72 meses (Turkes e Tatli, 2009); na sua padronização, que garante que a frequência de eventos em qualquer local e a qualquer escala de tempo sejam consistentes (Altamirano, 2010).

Quando proposto, o SPI visava à classificação de eventos secos, porém outros autores o utilizaram na detecção de eventos chuvosos. Lana et al. (2001) analisaram os comportamentos espaciais e temporais da escassez e excesso de chuvas para a região da Catalunha (Espanha NE). No mesmo ano, Wu et al. (2001) avaliaram o SPI, em escalas de tempo de 12 meses, usaram os totais de precipitação mensal para quatro locais na China entre janeiro de 1951 e dezembro de 1998, representando climas úmidos e áridos, e os casos de secas e enchentes.

Recentemente, alguns estudos que utilizam o SPI foram publicados em diversos periódicos, dentre os quais, se destaca o estudo de Spinoni et al. (2013), que apresentaram os mapas de frequência global de seca, duração e severidade para os períodos de 1951-1970, 1971-1990 e 1991-2010. Os resultados mostraram um aumento significativo da frequência, duração e gravidade de secas na África, Ásia Oriental, região do Mediterrâneo, e no sul da Austrália, enquanto as Américas e Rússia mostraram uma diminuição em cada componente da seca.

Kim et al. (2014) estimaram a distribuição espacial das áreas com potenciais de risco de seca na Coreia pela análise de frequência de condução com o SPI, os autores fizeram uma previsão das mudanças no potencial das secas nas áreas de risco que surgiram por causa das mudanças climáticas. Eles verificaram que as áreas com maiores potenciais de secas migrarão do Sul para o Leste e centro do país no futuro próximo.

Vicente-Serrano et al. (2014) investigaram a variabilidade e as tendências de secas na Amazônia boliviana entre 1955 e 2012 e verificaram que na região amazônica as frequências, duração e magnitude destas aumentaram.

No estado do Maranhão e em especial na microrregião de Imperatriz, poucos estudos abordam essa temática. Nascimento (2014), utilizando o SPI e técnicas de análise multivariada, caracterizou os eventos secos e chuvosos e quantificou as frequências dos mesmos no Estado. O autor mostrou a relação entre os eventos secos e chuvosos com os possíveis sistemas meteorológicos atuantes.

A importância dessa microrregião para o estado do Maranhão e a escassez de estudos que utilizam a técnica do SPI no monitoramento e análise das secas e chuvas na área de estudo, justificaram a necessidade deste trabalho, de modo que, o objetivo deste é identificar, quantificar e caracterizar os eventos secos e chuvosos na microrregião de Imperatriz-MA, no período de 1985 a 2013.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na microrregião de Imperatriz-MA, composta pelos municípios de Açailândia, Amarante do Maranhão, Buritirana, Cidelândia, Davinópolis, Governador Edson Lobão, Imperatriz, Itinga do Maranhão, João Lisboa, Lajeado Novo, Montes Altos, Ribamar Fiquene, São Francisco do Brejão, São Pedro da Água Branca, Senador La Roque e Vila Nova dos Martírios. Localizada no sudoeste do Maranhão, na divisa com os estados do Pará e Tocantins, a microrregião tem área aproximada de 29.483,768 km², e uma população de ~550.108 habitantes, segundo dados do IBGE (2014).

Figura 1. Localização geográfica da microrregião de Imperatriz-MA.

O clima na microrregião é tropical superúmido com médias anuais pluviométricas de aproximadamente 1500 mm. A temperatura média oscila na maior parte do ano entre 24 °C e 29 °C. A vegetação divide-se entre cerrado, florestas ou matas e os campos (Menezes, 2009). A região é banhada pelo rio Tocantins que é a principal fonte de abastecimento de água das cidades e pelos riachos Cacau, Bacuri, Santa Teresa, Capivara, Barra Grande, Cinzeiro, Angical, Grotão do Basílio e Saranzal.

Para a realização deste estudo, utilizou-se dados de cinco postos pluviométricos distribuídos ao longo da microrregião, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Nacional de Águas (ANA), compreendendo o período de 1985 a 2013. A estes dados foi aplicada a técnica desenvolvida por McKee et al (1993), que propuseram o Standardized Precipitation Index (SPI), para quantificar o excesso e déficit de precipitação em diversas escalas de tempo e separar as regiões com características climáticas distintas.

No presente estudo tomaram-se as escalas de tempo do SPI de 3, 6 e 12 meses, para as quais se constroem médias móveis das séries temporais de SPI trimestral (SPI-3), semestral (SPI-6) e anual (SPI-12). O SPI trimestral reflete as condições de curto prazo, é importante para monitoramento das precipitações sazonais. A escala de 6 meses do

SPI representa os eventos de média duração, ou seja, semestral, a qual é importante para monitoramento do período de transição entre estação seca e a chuvosa. O SPI anual reflete padrões de precipitação de escala interanual. É uma importante ferramenta para monitorar a variabilidade anual e interanual (Santos, 2013).

Foi utilizado o Módulo de Identificação Regional de Seca (REDIM) no cálculo do SPI. O pacote REDIM é um *software* que permite realizar análises de secas em diferentes séries históricas em uma ou mais regiões (Farias, 2014).

O cálculo do SPI consiste inicialmente em ajustar a função densidade de probabilidade Gama à distribuição de frequência da precipitação de uma estação/posto. A distribuição Gama envolve apenas dois parâmetros (forma e escala) sendo útil em estudos de climatologia da precipitação (Wilks, 2006). A função de densidade de probabilidade para a distribuição gama é dada por:

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

sendo: $\alpha > 0 \rightarrow$ parâmetro de forma; $\beta > 0 \rightarrow$ parâmetro de escala; $x > 0 \rightarrow$ quantidade de precipitação; e $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \rightarrow$ função gama.

Os parâmetros α e β da função densidade de probabilidade Gama são estimados para cada posto pelo método da Máxima Verossimilhança (Thom, 1966).

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (2)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (3)$$

com $\bar{x}$ sendo o total de precipitação no tempo de análise;

$$A = \ln(\hat{x}) - \frac{\sum_i^n x_i}{n} \quad (4)$$

com n representando o número de observações.

Os parâmetros de forma e escala foram calculados para encontrar a probabilidade cumulativa de um evento de precipitação observado para a escala de tempo mensal. Em que a probabilidade cumulativa é dada por:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (5)$$

Fazendo a substituição de $\frac{x}{\beta}$ por t , a equação 5 torna-se:

$$G(t) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^t t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (6)$$

A equação 6 representa a função gama incompleta e não admite valores nulos. Desse modo, no caso da precipitação que considera valores nulos a distribuição da probabilidade gama é determinada pela equação 7:

$$H(x) = q + (1 - q) G(x) \quad (7)$$

sendo q a probabilidade de ocorrência de precipitação zero.

Deste modo a distribuição cumulativa é então transformada em distribuição de probabilidade normal com média zero e desvio padrão de um, então os valores do SPI são realmente em desvio padrões, que é o valor do SPI (Edwards e McKee, 1997; Wilks, 2006). Para situações onde a precipitação pluviométrica de um determinado período se ajusta à distribuição normal, o SPI torna-se simplesmente a variável reduzida $Z_{i,j}$ de tal distribuição, em que i é igual a 3, 6 e 12 meses.

$$SPI = Z_{i,j} = \frac{P_{i,j} - \bar{P}_{i,j}}{\sigma_{i,j}} \quad (8)$$

em que $P_{i,j}$ é a precipitação acumulada no período, $\bar{P}_{i,j}$ é a precipitação média do período estudado e $\sigma_{i,j}$ é o desvio padrão da série histórica de precipitação na escala correspondente.

A precipitação total mensal para um período de tempo específico é identificada com um valor de SPI consistente com a probabilidade. Se o SPI apresentar valores positivos, isso significa ser superior à média da precipitação, enquanto valores negativos significam serem menores que a média da precipitação. Na Tabela 1 estão ilustradas as categorias de SPI usadas neste estudo.

Tabela 1. Classificação do SPI para períodos secos e chuvosos. Fonte: McKee et al. (1993) adaptado.

Valores do SPI	Categorias
$\geq 2,00$	Extremamente chuvoso
1,50 a 1,99	Severamente chuvoso
1,00 a 1,49	Moderadamente chuvoso
0,50 a 0,99	Fraca
0,49 a - 0,49	Normal
-0,50 a - 0,99	Fraca
-1,00 a - 1,49	Moderadamente seco
-1,50 a - 1,99	Severamente seco
$\leq -2,00$	Extremamente seco

Resultados e Discussão

Nos últimos anos, a população da microrregião de Imperatriz-MA sofreu com situações de secas, fato não comum para aquela região, suscitando o desejo de um melhor entendimento do comportamento dos eventos secos e chuvosos na cidade. A Figura 2 apresenta a série temporal do SPI médio nas escalas de 3, 6 e 12 meses para o período de 1985 a 2013, vê-se que nos anos finais da série houve uma predominância de eventos extremos de seca em todas as escalas do SPI. Os eventos severamente e extremamente chuvosos (valores maiores que 1,5) de acordo com a Tabela 1, foram mais vistos nos anos de 1985, 1989/1990, 2006, 2009/2010 e 2011. Porém, os eventos severos e extremos de seca (valores menores que -1,5), foram observados em 1991/1992, 1997 a 1999, 2007, 2010 e 2013, sendo o último ano o que mais castigou a cidade em todas as escalas do SPI.

Figura 2. Série temporal dos valores médios do SPI 3, 6 e 12 meses na microrregião de Imperatriz-MA para o período de 1985 a 2013.

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam as características (início, fim, duração, pico máximo e índice médio) dos principais eventos secos e chuvosos na microrregião de Imperatriz obtidos pelos SPI 3, 6 e 12 meses, respectivamente. Os valores foram obtidos calculando-se a média dos SPIs em cada um dos cinco postos pluviométricos.

Na Tabela 2 pode-se observar que nos anos estudados na análise sazonal do SPI ocorreram 19 eventos de seca e 20 chuvosos. A maior sequência de eventos secos aconteceu de fevereiro de 2002 a julho de 2003, no entanto, as sequências de eventos extremos de seca severa foram registradas em: maio de 1992 a julho de 1993, março de 1998 a março de 1999 e de outubro de 2012 a julho de 2013 com valores médios de -1,51, -1,53 e -1,57, respectivamente. A maior sequência chuvosa ocorreu entre março de 1985 a dezembro de 1986 com valor médio de 1,51 indicando situação de chuva severa.

Os valores médios do SPI-6 indicaram intensidades de secas normal e moderadas, com valores médios variando de -0,40 a -1,23 (Tabela 3). Vale destacar os picos máximos ocorridos nas décadas de 1990 e 2010 com valores de secas extremas iguais a -2,43 e -2,65, respectivamente. Nesses anos teve-se a ocorrência de El Niño forte, sugerindo que as anomalias no Oceano Pacífico influenciam nas chuvas na região. A maior sequência chuvosa ocorreu de janeiro de 1988 a dezembro de 1989 com valor médio de 1,57 indicando situação de chuva severa, guardando uma certa relação com a fase fria do ENOS (Tabela 4).

Observa-se na Tabela 5, que ocorreram pela escala anual do SPI, 10 sequências de eventos de seca e 10 de eventos chuvosos. A maior sequência de eventos secos aconteceu entre abril de 2002 e janeiro de 2006, no entanto, a única situação de evento severo de seca (-1,59) foi registrada nos anos finais da série, assim como nas demais escalas do SPI. A maior sequência chuvosa ocorreu nos anos iniciais da série com valor médio de evento de chuva severa. Vê-se que pelo SPI-12 as maiores sequências secas (chuvosas) ocorreram em anos de El Niño (La Niña).

De modo geral, em todas as escalas do SPI os maiores valores médios de eventos secos foram registrados na década de 1990 e nos anos de 2012/2013, porém as secas severas evidenciadas no SPI-3 provocaram impactos menores que as da escala semestral e anual, tendo em vista que na escala sazonal a análise leva em consideração um número menor de meses, ou seja, a duração dos eventos é menor. Por outro lado, as maiores

sequências chuvosas ocorreram no final da década de 1980 em todas as escalas estudadas.

Verificou-se que boa parte das chuvas na área de estudo se deve a condição das TSM nos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical que modula a posição da ZCIT. A Tabela 4 mostrou as anomalias mensais nos anos de 1985 a 2013 de modo que, identificou-se os com ocorrência de El Niño/La Niña no período estudado. Vê-se que os períodos mais castigados pelos eventos secos (chuvosos) apresentados nas escalas sazonal, semestral e anual do SPI, coincidem com a fase quente (fria) do ENOS.

Devido a sua localização a microrregião de Imperatriz sofre influências de outros diversos sistemas indutores de precipitação, dentre eles, destaca-se também a Zona de Convergência do Atlântico Sul, os sistemas frontais e os efeitos de brisa local, tendo em vista que a mesma é banhada pelo rio Tocantins. A floresta amazônica também tem um importante papel na precipitação da região.

Notadamente, o SPI mostrou bons resultados no tocante à caracterização de eventos secos e chuvosos. Estes, corroboram com os encontrados por Santos (2013) em estudo semelhante realizado no estado do Pará e com os trabalhos realizados por Li et al. (2008) e Altamirano (2010) para a região da Amazônia.

Conclusões

O SPI apresentou-se como uma ferramenta útil na quantificação de eventos secos e chuvosos na microrregião de Imperatriz – MA. De um modo geral, o SPI mostrou que a região de estudo esteve mais propensa a eventos secos do que chuvosos nos anos de 1985 a 2013. A variabilidade dos eventos extremos de seca e chuvas coincidiram com a variação do ENOS, sendo este responsável por boa parte das chuvas da região. Os SPIs detectaram segundo a intensidade média, secas severas na microrregião, especialmente nos anos finais da série e chuvas severas no final da década de 1980.

Tabela 2. Características dos principais eventos secos e chuvosos, obtidos pelo SPI-3, na microrregião de Imperatriz-MA no período de 1985 a 2013.

SEQUÊNCIA CHUVOSA DO SPI – 3						SEQUÊNCIA SECA DO SPI - 3					
Início	Fim	Duração	Pico	Média	Situação	Início	Fim	Duração	Pico	Média	Situação
mar/85	dez/86	22	2,08	1,51	Severa	jan/87	dez/87	12	-0,94	-0,52	Fraca
jan/88	set/89	21	1,86	1,10	Moderada	out/89	nov/89	3	-0,71	-0,52	Fraca
dez/89	fev/90	3	1,11	0,42	Normal	mar/90	jun/90	4	-1,35	-0,92	Fraca
jul/90	set/90	3	0,49	0,42	Normal	out/90	dez/90	3	-1,03	-0,79	Fraca
jan/91	mar/91	3	1,66	1,57	Severa	abr/91	dez/91	9	-2,05	-1,23	Moderada
jan/92	abr/92	4	1,18	0,52	Fraca	mai/92	jul/93	15	-2,02	-1,53	Severa
ago/93	ago/94	13	1,58	0,80	Fraca	set/94	mar/95	7	-1,2	-0,54	Fraca
abr/95	jul/95	4	1,67	0,73	Fraca	ago/95	fev/96	6	-1,45	-0,93	Fraca
mar/96	jul/96	5	1,16	1,02	Moderada	ago/96	nov/97	16	-1,52	1,02	Moderada
dez/97	fev/98	3	1,31	0,66	Fraca	mar/98	ago/99	17	-2,33	-1,51	Severa
set/99	jun/00	10	1,15	0,81	Normal	jul/00	jan/01	7	-0,87	-0,46	Normal
fev/01	jan/02	12	1,66	1,29	Moderada	fev/02	jul/03	18	-1,35	0,78	Fraca
ago/03	fev/04	7	0,79	0,43	Normal	mar/04	dez/05	5	-1,38	-0,82	Fraca
jan/06	set/06	9	1,93	0,80	Fraca	out/06	out/07	13	-2,98	-0,95	Fraca
nov/07	jun/08	8	1,45	0,72	Fraca	jul/08	set/08	3	-1,48	-1,01	Moderada
out/08	jul/09	10	2,93	1,15	Moderada	ago/09	ago/10	13	-2,54	-1,19	Moderada
set/10	abr/11	8	1,87	1,04	Moderada	mai/11	ago/11	4	-0,66	-0,45	Normal
set/11	dez/11	4	1,19	0,79	Fraca	jan/12	jul/12	7	-1,25	-0,80	Fraca
ago/12	set/12	2	0,60	0,52	Fraca	out/12	jul/13	10	-2,83	-1,57	Severa
ago/13	dez/13	5	1,85	0,68	Fraca						

Tabela 3. Características dos principais eventos secos e chuvosos, obtidos pelo SPI-6, na cidade de Imperatriz-MA no período de 1985 a 2013.

SEQUÊNCIA CHUVOSA DO SPI – 6						SEQUÊNCIA SECA DO SPI - 6					
Início	Fim	Duração	Pico	Média	Situação	Início	Fim	Duração	Pico	Média	Situação
jun/85	dez/86	16	2,40	1,57	Severa	jan/87	dez/87	12	-0,77	-0,48	Normal
jan/88	dez/89	24	1,93	1,14	Moderada	jan/90	dez/90	12	-1,26	-0,60	Fraca
jan/91	jun/91	6	1,46	1,01	Moderada	jul/91	jan/92	7	-2,43	-1,23	Moderada
fev/92	jun/92	5	0,52	0,25	Normal	jul/92	set/93	15	-1,41	-0,82	Fraca
out/93	ago/94	11	1,20	0,66	Fraca	set/94	abr/95	8	-1,13	-0,46	Normal
mai/95	out/95	6	1,26	0,49	Normal	nov/95	fev/96	4	-0,83	-0,36	Normal

mar/96	ago/96	6	1,00	0,81	Fraca	set/96	out/98	26	-2,15	-1,57	Severa
nov/98	dez/98	2	1,22	0,72	Fraca	mar/99	set/99	7	-0,97	-0,53	Fraca
jan/99	fev/99	2	0,54	0,40	Normal	out/00	mar/01	6	-0,84	-0,40	Normal
out/99	set/00	12	1,23	,66	Fraca	mar/02	out/03	20	-1,31	-,62	Fraca
abr/01	fev/02	11	1,32	,55	Fraca	mar/04	nov/05	20	-1,81	-,48	Normal
nov/03	fev/04	4	,73	,55	Fraca	nov/06	nov/07	13	-2,65	-1,17	Moderada
nov/03	fev/04	4	,73	,55	Fraca	nov/09	ago/10	10	-2,07	-1,31	Moderada
dez/05	out/06	11	1,96	1,11	Moderada	ago/11	set/11	2	-,72	-,50	Fraca
dez/07	out/09	20	2,75	1,50	Severa	jan/12	set/13	21	-2,68	-1,84	Severa
set/10	jul/11	11	2,03	1,08	Moderada						
out/11	dez/11	3	0,98	0,45	Fraca						
out/13	dez/13	3	1,21	0,75	Fraca						

Tabela 4. Anomalias do El Niño Oscilação Sul para o período de 1985 a 2013.

ANOS	MESES											
	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1985	-1.0	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
1986	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.3	1.2	1.1	1.0	1.2	1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.2	-0.8	-1.2	-1.3	-1.2	-1.3	-1.6	-1.9	-1.9
1989	-1.7	-1.5	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	1.2	1.4
1992	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.2	0.0
1993	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	1.0	1.2
1995	1.0	0.8	0.6	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.4	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.2	0.7	1.2	1.5	1.8	2.1	2.3	2.4	2.3
1998	2.2	1.8	1.4	0.9	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5
1999	-1.5	-1.3	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.5	-1.2	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8
2001	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
2002	-0.2	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1.2	1.3	1.3
2003	1.1	0.8	0.4	0.0	-0.2	-0.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3

2004	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8
2006	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.0
2007	0.7	0.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.8	-1.1	-1.2	-1.4
2008	-1.5	-1.5	-1.2	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.5	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6
2010	1.6	1.3	1.0	0.6	0.1	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1.0	-1.0
2012	-0.9	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	0.0	0.1	0.4	0.5	0.6	0.2	-0.3
2013	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.4

Tabela 5. Características dos principais eventos secos e chuvosos, obtidos pelo SPI-12, na microrregião de Imperatriz-MA no período de 1985 a 2013.

SEQUÊNCIA CHUVOSA DO SPI – 12						SEQUÊNCIA SECA DO SPI - 12					
Início	Fim	Duração	Pico	Média	Situação	Início	Fim	Duração	Pico	Média	Situação
dez/85	mar/87	16	2,47	1,54	Severa	abr/87	jan/88	10	-0,86	-0,47	Normal
fev/88	mar/90	26	1,93	1,41	Moderada	abr/90	dez/90	9	-1,54	-0,74	Fraca
jan/91	dez/91	12	0,75	0,57	Fraca	jan/92	jan/94	25	-1,92	-1,25	Moderada
fev/94	dez/94	11	0,65	0,47	Normal	jan/95	fev/96	14	-0,89	-0,43	Normal
mar/96	fev/97	12	1,08	0,66	Fraca	mar/97	fev/00	36	-1,85	-1,02	Moderada
mar/00	nov/00	9	0,56	0,42	Normal	dez/00	fev/01	3	-0,58	-0,22	Normal
mar/01	mar/02	13	0,81	0,42	Normal	abr/02	jan/06	46	-1,86	-0,66	Fraca
fev/06	mar/07	14	1,37	,89	Fraca	abr/07	fev/08	11	-1,45	-1,23	Moderada
mar/08	mar/10	25	1,77	1,11	Moderada	abr/10	jan/11	10	-1,27	-0,86	Fraca
fev/11	dez/11	11	1,00	0,65	Fraca	jan/12	dez/13	24	-2,91	-1,59	Severa

Referências

- Altamirano, R.J.A., 2010. Climatologia dos eventos chuvosos e secos severos, extremos e muito extremos usando o Índice de precipitação normalizada (SPI) para as regiões centro-oeste, sudeste e sul do Brasil. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos, INPE.
- Edwards, D.C., McKee, T.B., 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. (Atmospheric Science Paper, 634).
- Farias, A.A., Souza, J.T.A., Sousa, F.A.S., 2014. Identificação e análise de secas severas e extremas no município de Taperoá-PB. *Revista Brasileira de Geografia Física* 7, 818-826.
- Hayes, J.M., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A., Vanyarkho, O.V., 1999. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society* 80, 429-438.
- Kim, C.J., Park M.J., Lee, J.H., 2014. Analysis of climate change impacts on the spatial and frequency patterns of drought using a potential drought hazard mapping approach. *International Journal of Climatology* 34, 61-80.
- Lana, X., Serra, C., Burgueño, A., 2001. Patterns of monthly rainfall shortage and excess in terms of the SPI for Catalonia (NE Spain). *International Journal Climatology* 21, 1669-1691.
- Li, W., Fu, R., Juarez, N., Fernandes, K., 2008. Observed change of the standardized precipitation index, its potential cause and implications to future climate change in the Amazon region. *Bull. Philosophical Transactions of the Royal Society* 363, 1767-1772.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993. The relationships of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim.
- Menezes, R.H.N., 2009. Caracterização agroclimática e análise do rendimento agrícola do Estado do Maranhão, Brasil. Tese (Doutorado). Campina Grande, UFCG.
- Santos, S.R.Q., 2013. Determinação de regiões homogêneas do Índice de precipitação normalizada (SPI) no estado do Pará por meio da análise multivariada. Dissertação (Mestrado). Campina Grande, UFCG.
- Spinoni, J., Naumann, G., Carrao, H., Barbosa, P., Vogt J., 2013. World drought frequency, duration, and severity for 1951-2010. *International Journal of Climatology* 34, 2792-2804.
- Turkes M., Tatli, H., 2009. Use of the standardized precipitation index (SPI) and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology* 29, 2270-2282.
- Vicente-Serrano, S.M., Chura, O., López-Moreno, J.I., Molina, C.A., Lorenzo, A.S., Aguilar, E., Tejeda, E.M., Trujillo, F., Martínez, R., Nieto J.J., 2014. Spatio-temporal variability of droughts in Bolivia: 1955-2012. *International Journal of Climatology* 34, 45-58.
- Wilks, D.S., 2006. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. 2nd Ed. Elsevier Science & Technology Books; Academic Press, California.
- Wu, H., Hayes, M.J., Weiss, A., Hu, Q., 2001. An evaluation of the standardized precipitation index, the China-Z index and the statistical Z-score. *International Journal of Climatology* 21, 745-758.