

Análise da severidade da seca no Agreste Pernambucano utilizando índice de precipitação padronizado

Patrícia S. M. P. Ximenes^{1†}, Antonio S. A. Silva², Tatijana Stosic³, Jackson F. Amorim⁴, Rômulo S. C. Menezes⁵

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE/DEINFO/PPGBEA.

²Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE/DEINFO/PPGBEA. E-mail: <antonio.sasilva@ufrpe.br>.

³Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE/DEINFO/PPGBEA. E-mail: <tastosic@gmail.com>.

⁴Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE/DEINFO/PPGBEA. E-mail: <ibamorim@gmail.com>.

⁵Universidade Federal de Pernambuco - UFPE/DEN/PPGBEA. E-mail: <rmenezes@ufpe.br>.

Resumo: *O Índice de Precipitação Padronizado, no inglês, Standard Precipitation Index (SPI) é uma metodologia comumente utilizada para monitoramento de condições associadas à secas extremas e excesso de chuva, em diversas escalas de tempo. Desse modo, o objetivo deste estudo foi analisar a severidade da seca na região Agreste Pernambucano por um período de 30 anos (1988 - 2017) utilizando o SPI. Os dados utilizados são séries históricas de precipitação acumulada mensal referente a 12 estações pluviométricas distribuídas pela região do Agreste Pernambucano. Os valores encontrados não apresentaram alterações nas diferentes escalas de tempo utilizadas para a análise e em sua maioria pertencem a categoria de severidade de seca considerada normal. As demais categorias de seca também registraram valores de SPI, porém em percentuais menores. O SPI se mostrou uma metodologia consistente e eficaz para a caracterização e monitoramento da seca e da umidade para a mesoregião Agreste Pernambucano. A partir do SPI foi possível identificar alguns pontos de seca na região, possibilitando aos órgãos responsáveis o direcionamento de ações que atenuem os prejuízos causados pela seca na região.*

Palavras-chave: Índice de seca; spi; umidade; precipitação.

Abstract: *The Standard Precipitation Index (SPI) is a commonly used methodology for monitoring conditions associated with extreme droughts and excessive rainfall at different time scales. Thus, the objective of this study was to analyze the severity of drought in the Agreste region of Pernambuco for a period of 30 years (1988 - 2017) using SPI. The data used are historical series of monthly cumulative precipitation of 12 rainfall stations distributed in the region of Agreste Pernambucano. The results do not show changes in the different time scales used for the analysis, and most belonged to the category of dryness severity considered normal. The other categories of drought also registered SPI values, but in smaller percentages. SPI proved to be a consistent and effective methodology for the characterization and monitoring of drought and humidity for the Agreste Pernambucano mesoregion. From the SPI it was possible to identify some points of drought in the region, enabling the responsible government agencies to direct actions that attenuate the damages caused by the drought in the region.*

Keywords: Drought Index; spi; humidity; precipitation.

†Autora correspondente: <patricia.medeiross10@gmail.com>.

Introdução

Um dos principais problemas ambientais deste século é o esgotamento de recursos hídricos em diferentes partes do mundo (JALE et al., 2019). Associada ao esgotamento de recursos hídricos, a seca está entre os desastres naturais mais onerosos do mundo, causando em média cerca de 6 a 8 bilhões de dólares em danos globais anualmente e afetando mais pessoas do que qualquer outra forma de desastre natural (WILHITE, 2000).

A seca pode ser definida como uma condição de umidade insuficiente causada por um déficit na precipitação ao longo de algum período de tempo (MCKEE et al., 1993). Diversas outras definições de seca podem ser encontradas na literatura; em sua maioria relacionando-a com meteorologia, climatologia, atmosfera, agricultura, hidrologia e manejo de água (DRACUP; LEE; PAULSON, 1980; WILHITE; GLANTZ, 1985).

Uma das formas de avaliar a severidade da seca é através da precipitação. A precipitação é responsável por retornar a maior parte da água doce ao planeta e executa um papel importante do ciclo hidrológico, sendo portanto a principal fonte de abastecimento dos sistemas hídricos e o insumo primário para o ciclo hidrológico (MARUYAMA; KAWACHI; SINGH, 2005).

A análise da distribuição da chuva é extremamente relevante para a prática de uso da água e principalmente no planejamento de uso futuro em diferentes áreas como a agricultura (INGRAM; RONCOLI; KIRSHEN, 2002), defesa civil (GUHATHAKURTA; SREEJITH; MENON, 2011; PEREIRA et al., 2005) e hidrologia (COLLISCHONN et al., 2005).

Diante da necessidade de identificar padrões de precipitação, vários índices podem ser utilizados para avaliar o déficit de abastecimento de água em determinada região (MISHRA; SINGH; DESAI, 2009) e, entre eles, o Índice de Precipitação Padronizado (no inglês, *Standard Precipitation Index* - SPI) é comumente utilizado para o monitoramento de condições associadas a secas extremas e excesso de chuva.

O Brasil apresenta uma grande variedade de climas em seu território, o que deve-se ao fato de ser um país de dimensões territoriais continentais. A região Nordeste é caracterizada por apresentar, na maioria dos estados, um clima semi-árido e uma alta variabilidade sazonal e interanual da precipitação com episódios extremos de umidade e seca. O período chuvoso do Nordeste é centrado por volta dos meses de março/abril e está relacionado à migração sazonal ao Sul de um eixo de confluência de baixa troposfera sobre o Atlântico tropical oriental adjacente (HASTENRATH; HELLER, 1977).

O estado de Pernambuco é composto por cinco mesorregiões e localiza-se no semi-árido Nordeste. A mesorregião Agreste Pernambucano é caracterizada por apresentar uma economia diversificada, com o cultivo de lavouras como feijão, milho e pecuária de corte além de ser considerada a bacia leiteira do estado por movimentar maior parte da economia com a pecuária de leite (FARIAS et al, 2000). O Agreste tem índices pluviométricos maiores que os do Sertão, com média anual entre 800 e 1000 milímetros, mas também é uma região sujeita a secas periódicas causando prejuízos aos criadores e conseqüentemente problemas socioeconômicos (MATTOS et al., 2010).

Dada a importância socioeconômica da região Agreste para o estado de Pernambuco, este trabalho tem como objetivo identificar a severidade da seca na microrregião utilizando como base o índice de precipitação padronizado.

Material e métodos

O conjunto de informações utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho consiste de séries históricas de precipitação para a mesorregião do Agreste Pernambucano. Os registros de chuva são informações disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA) por meio do endereço eletrônico (http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf). A ANA disponibiliza um total de 110 estações para a região em estudo, todavia a baixa disponibilidade de dados para um período de 30 anos fez com que 12 estações fossem selecionadas. As estações selecionadas datam do período de 1988 a 2017 e estão distribuídas nas microrregiões do Alto Capibaribe (EST_3, EST_4, EST_6 e EST_7), Médio Capibaribe (EST_1, EST_2 e EST_9), Vale do Ipojuca (EST_5, EST_8, EST_10, e EST_11) e Vale do Ipanema (EST_12), conforme apresentadas na Tabela 1. Para cada uma das séries foram calculadas as precipitações mensais. A localização geográfica da mesorregião do Agreste Pernambucano e de suas microrregiões assim como das estações utilizadas estão apresentados na Figura 1.

Tabela 1: Localização geográfica das estações pluviométricas em estudo.

Estação	Longitude	Latitude	Microrregião
EST_1	-35.634	-7.942	Médio Capibaribe
EST_2	-35.452	-7.879	Médio Capibaribe
EST_3	-35.764	-7.855	Alto Capibaribe
EST_4	-35.989	-7.91	Alto Capibaribe
EST_5	-36.501	-7.986	Vale do Ipojuca
EST_6	-36.202	-7.962	Alto Capibaribe
EST_7	-36.049	-7.904	Alto Capibaribe
EST_8	-36.011	-8.303	Vale do Ipojuca
EST_9	-35.696	-8.012	Médio Capibaribe
EST_10	-36.370	-8.146	Vale do Ipojuca
EST_11	-36.707	-8.189	Vale do Ipojuca
EST_12	-37.132	-9.10	Vale do Ipanema

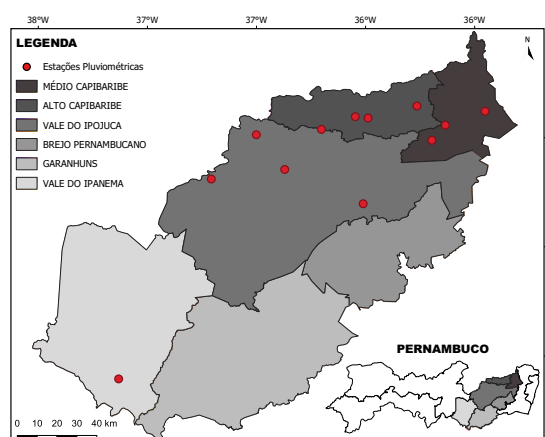


Figura 1: Distribuição espacial das estações pluviométricas utilizadas no estudo.

O cálculo do SPI pode ser realizado para diferentes escalas temporais (3, 6, 12, 24 ou 48, por exemplo) pressupondo uma série temporal de pelo menos 30 anos de dados (MCKEE et al., 1993; CANAMARY, 2015). Neste trabalho são consideradas escalas temporais de 1, 3, 12, e 24 meses. Após definida escala de tempo os dados são ajustados à distribuição de probabilidade gama para definir a relação entre probabilidade e precipitação. A distribuição gama incompleta é definida pela seguinte função densidade de probabilidade:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad x > 0, \beta > 0, \gamma > 0$$

em que X é a variável aleatória; β é o parâmetro de escala; γ é o parâmetro de forma; Γ é a função gama. A função gama por sua vez é representada por:

$$\Gamma(\gamma) = \int_{\infty}^0 x^{\gamma-1} e^{-x} dx, \text{ para } \gamma > 0$$

Para obtenção da probabilidade acumulada de ocorrência de cada valor de precipitação utiliza-se a seguinte equação (THOM, 1958):

Sigmae, Alfenas, v.8, n.2, p. 331-339, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).

18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO).

$$F(x) = \int_0^x \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} dx$$

em que $F(x)$ é a probabilidade de ocorrência do evento x ; X é a variável aleatória contínua (quantidade de chuva, em mm); β é o parâmetro de escala; γ é o parâmetro de forma e Γ é a função gama. Para valores de $x = 0$, a função gama incompleta é indefinida mas as séries de dados de precipitação podem conter zeros. Para contornar este problema a probabilidade cumulativa é calculada utilizando a equação:

$$H(x) = q + (1 - q)F(x)$$

em que $q = m/n$ é a ocorrência de precipitação zero; m = número de observações com chuva igual a zero e n = número total de observações.

Uma vez que a relação de probabilidade para precipitação é estabelecida, a probabilidade de qualquer ponto dos dados de precipitação observado é obtida e utilizada juntamente com uma estimativa da normal padrão. Essa padronização da distribuição faz com que os valores inferiores a zero representem períodos secos e os superiores, períodos úmidos (CANAMARY, 2015; MCKEE et al., 1993). Conforme descrito em Wu et al. (2006) a etapa final do cálculo do SPI é aplicar uma transformação aos valores de $H(x)$.

$$SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \text{ quando } 0 < H(x) \leq 0,5$$

$$SPI = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \text{ quando } 0,5 < H(x) \leq 1$$

em que

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{H(x)^2} \right]}, \text{ quando } 0 < H(x) \leq 0,5$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{1 - H(x)^2} \right]}, \text{ quando } 0,5 < H(x) \leq 1$$

sendo,

$c_0 = 2,515517$; $c_1 = 0,802853$; $c_2 = 0,010328$; $d_1 = 1,432788$; $d_2 = 0,189269$; $d_3 = 0,001308$.

Para avaliar o grau de severidade da seca na região do Agreste Pernambucano as seguintes categorias estabelecidas por Mathbout et al. (2018), obtidas a partir do valor do SPI calculado, foram adotadas (Tabela 2):

Os softwares R (R Core Team, 2019) e Qgis (QGIS Team, 2018) foram utilizados nas análises.

Resultados e discussão

Na Tabela 3 é mostrado as principais medidas descritivas (média, máximo, mínimo e coeficiente de variação – CV), a partir o acúmulo anual da precipitação, para cada uma das estações utilizadas na análise. É também apresentado (Figura 2) a distribuição do acúmulo médio anual de precipitação para o Agreste Pernambucano.

Sigmae, Alfenas, v.8, n.2, p. 331-339, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).

18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO).

Tabela 2: Categorias da severidade da seca.

Valor do SPI	Categoria de seca
≥ 2	Extremamente úmido (EU)
1,5 a 1,99	Severamente úmido (SU)
1,0 a 1,49	Moderadamente úmido (MU)
- 0,99 a 0,99	Normal (N)
- 1,49 a - 1	Moderadamente seco (MS)
- 1,99 a - 1,5	Severamente seco (SS)
$\leq - 2$	Extremamente seco (ES)

Fonte: Mathbout et al. (2018)

Tabela 3: Estatísticas descritivas relativas a precipitação acumulada anual no Agreste Pernambucano no período de 1988 - 2017.

Estação	Média	Máximo	Mínimo	CV
EST_1	851,49	1294,30	387,60	0,28
EST_2	983,16	1764,60	309,70	0,34
EST_3	587,73	967,20	296,10	0,28
EST_4	606,41	1035,60	188,70	0,36
EST_5	408,91	734,20	50,70	0,43
EST_6	443,11	793,60	125,80	0,36
EST_7	1018,51	1707,50	362,70	0,32
EST_8	495,86	956,00	58,50	0,42
EST_9	720,10	1321,40	302,60	0,31
EST_10	777,32	1182,10	294,00	0,34
EST_11	814,30	2536,80	228,50	0,60
EST_12	582,47	1128,20	45,50	0,42

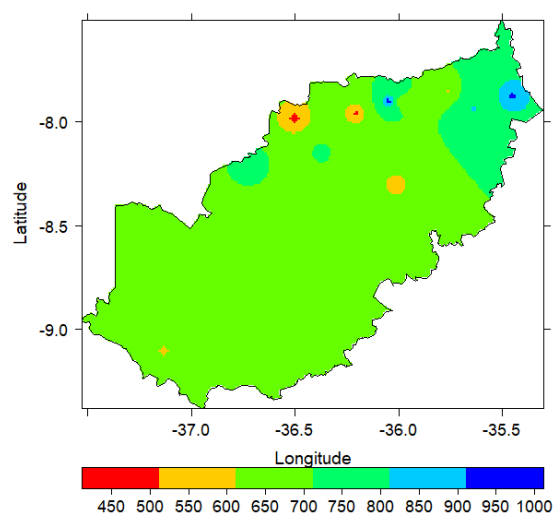


Figura 2: Distribuição espacialmente explícita do acumulo médio anual de precipitação para o Agreste Pernambucano no período de 1988-2017.

Pode-se observar na Tabela 3 que a precipitação acumulada média anual registrada no Agreste Pernambucano entre os anos de 1988 e 2017 esteve entre 408,91 mm e 1018,51 mm. Além disso, o acúmulo máximo de precipitação foi de 2536,80 mm referente a região onde localiza-se estação 11. Esta estação encontra-se na microrregião Vale do Ipojuca que caracteriza-se por apresentar os meses de novembro e dezembro muito chuvosos registrando altos índices de precipitação (JUNIOR, 2018). Por outro lado, a microrregião do Vale do Ipanema, onde localiza-se a estação 12, apresentou a mínimo acúmulo de precipitação anual (45,50 mm).

Na Figura 2 é possível observar que a precipitação no Agreste apresentou um acúmulo médio anual entre 610 mm e 710 mm em quase todo o território, entretanto alguns pontos na região do Alto Capibaribe e Médio Capibaribe apresentaram mais de 900 mm de precipitação média anual acumulada. Estes valores se aproximam dos apresentados pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) para o ano de 2018 que identificou um acúmulo médio anual de 610 mm (JUNIOR, 2018). A microrregião Médio Capibaribe assim como o Leste e alguns pontos ao Norte do Vale do Ipojuca permaneceram entre 710 mm e 810 mm e alguns pontos no Norte e Leste do Vale do Ipojuca e no Sul do Médio Capibaribe apresentaram uma média de

precipitação acumulada anual entre 510 mm e 610 mm.

O cálculo do SPI foi obtido para escalas temporais de 1, 3, 6 e 12 meses. Na Figura 3 é exibido o percentual total do SPI separado por categoria, para período de 1988 até 2017. É possível observar que independente da escala de tempo os maiores percentuais de SPI concentram-se na categoria de severidade de seca normal ($-0,99 \leq \text{SPI} \leq 0,99$) este resultado corrobora com o obtido por Wanderley et al. (2016) que acredita estar relacionado ao fato da região Agreste Pernambucano ser caracterizada por apresentar altos índices pluviométricos bem como ser sujeita a secas periódicas.

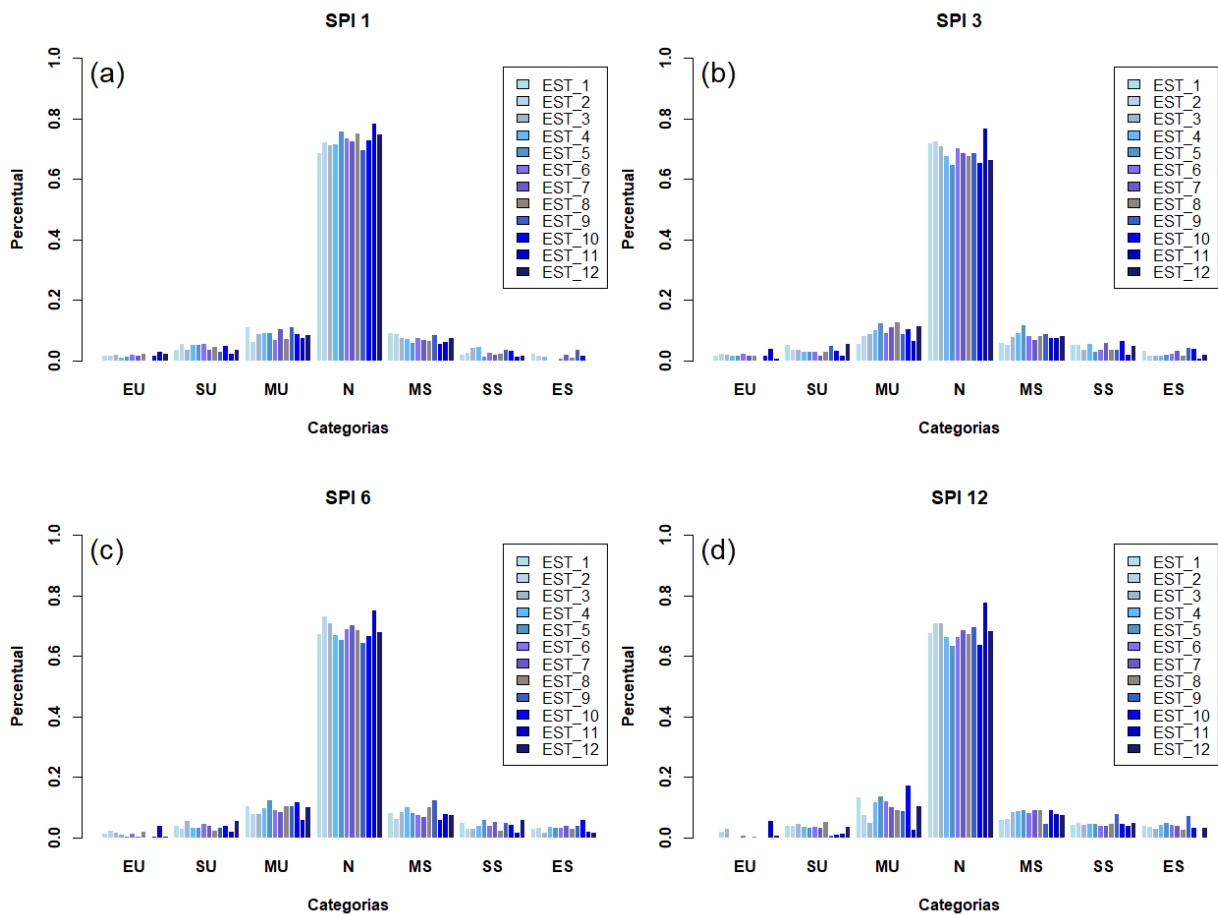


Figura 3: Percentual total de SPI 1 (a), SPI 3 (b), SPI 6 (c), e SPI 12 (d) separado por categorias no período de 1988 a 2017.

Para as demais categorias o percentual total do SPI é extremamente semelhante quando avaliado em escalas temporais diferentes. As categorias Moderadamente Úmido (MU) e Moderadamente Seco (MS) receberam os segundos maiores percentuais de SPI seguidas pelas categorias severas e extremas. Analisando as Figuras 3 (a) e (d) é possível observar que as estações EST_1, EST_4, EST_5, EST_6, EST_7, EST_9 e EST_10 não apareceram nas categorias Extremamente Seco (ES) e Extremamente Úmido (EU) para o cálculo do SPI com escalas temporais de 1 mês e 12 meses. Nas Figuras 3 (b) e (c), referentes ao SPI 3 e SPI 6, observou-se que estação 9, localizada na microrregião Médio Capibaribe, não registrou SPI na categoria Extremamente Úmido (≥ 2) no período estudado. Também observou-se que a estação 11, independente da escala temporal, apresentou o maior percentual de SPI na categoria normal.

Conclusões

O Índice de Precipitação Padronizado se mostrou uma metodologia consistente e eficaz para a caracterização e monitoramento da seca e da umidade para a mesorregião Agreste Pernambucano. A partir do SPI foi possível identificar alguns pontos de seca na região, possibilitando aos órgãos responsáveis o direcionamento de ações que atenuem os prejuízos causados pela seca na região.

Agradecimentos

Os autores do presente trabalho agradecem ao CNPq pela concessão de bolsas de estudo e de pesquisa e também pelo apoio financeiro através dos seguintes projetos: “ONDACBC: Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga” (Edital INCT – MCTI/CNPq/CAPES/FAPs n 16/2014, Processo CNPq 465764/2014-2 e Facepe APQ-0493-3.07/17 INCT 2014); “Pesquisas integradas para a Garantia da Sustentabilidade hídrica, alimentar e energética no Bioma Caatinga (PEGASUS)”, Edital CNPq 19-2017-Nexus (Processo 441305/2017-2); “Dinâmica da Água e de Biomassa em Pasto e Caatinga no Semiárido de Pernambuco” (Facepe, Edital 04/2017 - APQ-0296-5.01/17); “Consolidação do Núcleo de Pesquisas em Dinâmica da Água e de Carbono em Ecossistemas no Estado de Pernambuco” (Edital 08/2014 Facepe Pronem, APQ-0532-5.01/14). Também agradecemos ao Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística Aplicada (PPGBEA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Referências bibliográficas

- CANAMARY, E. A. *Avaliação de índices para fins de monitoramento e previsão de secas no nordeste setentrional*. 2015. 126p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- COLLISCHONN, W.; HAAS, R.; ANDREOLLI, I.; TUCCI, C. E. M. Forecasting river uruguay flow using rainfall forecasts from a regional weather-prediction model. *Journal of hydrology*, Elsevier, Amsterdam, NL, Holland, v.305, n.1-4, p.87-98, 2005.
- DRACUP, J. A.; LEE, K. S.; PAULSON, E. G. On the definition of droughts. *Water resources research*, Washington, US, v.16, n.2, p.297-302, 1980.
- FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M. V. F.; FERNANDES, A. P. M.; SANTOS, V. F. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, Brasil, v.35, n.2, p.341-347, 2000.
- GUHATHAKURTA, P.; SREEJITH, O. P.; MENON, P. A. Impact of climate change on extreme rainfall events and flood risk in India. *Journal of earth system science*, Bangalore, India, v.120, n.3, p.359-373, 2011.

Sigmae, Alfenas, v.8, n.2, p. 331-339, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).
18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO).

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Berks, England, v.103, n.435, p.77-92, 1977.

INGRAM, K. T.; RONCOLI, M. C.; KIRSHEN, P. H. Opportunities and constraints for farmers of West Africa to use seasonal precipitation forecasts with Burkina Faso as a case study. *Agricultural systems*, Essex, England, v.74, n.3, p.331-349, 2002.

JALE, J. S.; XAVIER, S. F. A.; STOSIC, T.; STOSIC, B.; FERREIRA, T. A. E. Application of Markov chain on daily rainfall data in Paraíba-Brazil from 1995-2015. *Acta Scientiarum*. Technology, Maringá, PR, Brasil, v.41, p.1-10, 2018.

JÚNIOR, V. G. C. *BOLETIM DO CLIMA - SÍNTESE CLIMÁTICA*, v. 6,n. 12, dezembro 2018.

Disponível em:

(http://www.apac.pe.gov.br/arquivos_portal/boletins/Boletim%20climatico%20-%20Dezembro_2018.pdf).

Acesso em: 30 abril 2019.

MARUYAMA, T.; KAWACHI, T.; SINGH, V. P. Entropy-based assessment and clustering of potential water resources availability. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, NL, Holland, v.309, n.1-4, p.104-113, 2005.

MATHBOUT, S.; LOPEZ-BUSTINS, J. A.; MARTIN-VIDE, J.; BECH, J.; RODRIGO, F. S. Spatial and temporal analysis of drought variability at several time scales in Syria during 1961-2012. *Atmospheric Research*, Amsterdam, NL, Holland, v.200, p.153-168, 2018.

MATTOS, M. R.; BELOTI, V.; TAMANINI, R.; MAGNANI, D. F.; NERO, L. A.; BARROS, M. A. F.; PIRES, E. M. F.; PAQUEREAU, B. P. D. Qualidade do leite cru produzido na região do agreste de Pernambuco, Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, PR, Brasil. v.31, n.1, p.173-182, 2010.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. Boston, MA, US. American Meteorological Society, v.17, n.22, p.179-183, 1993.

MISHRA, A. K.; SINGH, V. P.; DESAI, V. R. Drought characterization: a probabilistic approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, Berlin, Germany. v.23, n.1, p.41-55, 2007.

PEREIRA, M. G.; TRIGO, R. M.; CAMARA, C. C.; PEREIRA, J. M.; LEITE, S. M. Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, Holland. v.129, n.1-2, p.11-25, 2005.

QGIS Development Team. *QGIS geographic information system*. Open Source Geospatial Foundation Project, 2018.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. ISBN 3-900051-07-0, URL (<http://www.R-project.org/>).

THOM, H. C. S. A note on the gamma distribution. *Monthly Weather Review*, Boston, Massachusetts, US. v.86, n.4, p.117-122, 1958.

WANDERLEY, L. S. D. A.; NÓBREGA, R. S.; LUCENA, J. A.; SANTOS, P. F. C.; SILVA, A. C. Variabilidade climática na bacia leiteira de Pernambuco. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE*

Sigmae, Alfenas, v.8, n.2, p. 331-339, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).
18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO).

CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 12.,2016, Goiânia - GO. Anais... Goiânia: SBCG, 2016. p.2110-2122, 2016.

WILHITE, D. A. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. *Drought: A Global Assessment*, London, England. v.1, p. 3-18, 2000.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, Michael H. Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, Urbana, Illinois, US. v.10, n.3, p. 111-120, 2009.

WU, H.; SVOBODA, M. D.; HAYES, M. J.; WILHITE, D. A.; WEN, F. Appropriate application of the standardized precipitation index in arid locations and dry seasons. *International Journal of Climatology*, Chichester, England. v.27, n.1, p.65-79, 2006.

Sigmae, Alfenas, v.8, n,2, p. 331-339, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).
18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica (SEAGRO).