

**GRADIENTES PLUVIOMÉTRICOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO: UMA ANÁLISE DO LITORAL AO SEMIÁRIDO**

Marcelo José da Silva¹, Maria Gabriela de Queiroz², Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim³, George do Nascimento Araújo Júnior⁴ & Thieres George Freire da Silva⁵

1 - Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, BA, Brasil

2 - Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

3 - Mestrando em Produção Vegetal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, PE, Brasil

4 - Mestrando em Produção Vegetal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, PE, Brasil

5 - Professor Adjunto IV, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, PE, Brasil.

Palavras-chave:

análise de regressão
dados geográficos
precipitação

RESUMO

A precipitação pluvial é uma das variáveis mais importantes para a atividade agrícola, com variabilidade espaço-temporal em função da localização geográfica e de fenômenos atmosféricos. Assim, objetivou-se identificar a influência de fatores geográficos e de fenômenos atmosféricos que contribuem para a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica do litoral ao semiárido do estado de Pernambuco. Foram usados normais climatológicas de precipitação pluviométrica de 11 municípios do estado de Pernambuco, provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia. Os valores mensais e anuais foram relacionados aos dados geográficos, por meio de análise de regressão, e as suas tendências foram associadas a fenômenos atmosféricos regionais. Verificou-se que houve relação significativa da altitude, quando não se considerou os dados do município de Recife, e da longitude, sendo desprezados dados de Triunfo, com a precipitação pluviométrica anual e a maioria dos dados mensais ($p < 0,10$). Essas tendências estão associadas às penetrações de sistemas frontais e ao posicionamento da Zona de Convergência Intertropical no nordeste brasileiro. Conclui-se que os gradientes pluviométricos do litoral ao semiárido de Pernambuco são explicados pela variação do relevo.

Keywords:

regression analysis
geographic data
rainfall

RAINFALL GRADIENTS IN THE STATE OF PERNAMBUCO: AN ANALYSIS FROM THE COAST TO THE SEMIARID**ABSTRACT**

Rainfall is one of the most important variables for agricultural activity with spatial and temporal variability due to geographic location and atmospheric phenomena. Thus, the objective of this study was to identify the influence of geographic factors and atmospheric phenomena that contribute to the spatiotemporal variability of rainfall from the littoral to the semiarid region of Pernambuco state. Climatic norms of precipitation were used in 11 municipalities of the state of Pernambuco, coming from the National Institute of Meteorology. The monthly and annual values were related to the geographic data through regression analysis, and their trends were associated with regional atmospheric phenomena. It was verified that there was a significant relation of the altitude, when the data of Recife city and its longitude were not considered; data of Triunfo were despised, with the annual rainfall and most of the monthly data ($p < 0.10$). These trends are associated with penetrations of frontal systems and the positioning of the Intertropical Convergence Zone in the Brazilian northeast. It was concluded that the pluviometric gradients from the littoral to the semiarid of Pernambuco are explained by the relief variation.

INTRODUÇÃO

A região nordeste abrange 18,2% do território brasileiro, possuindo uma área de 1,56 milhões de km², sendo que 62% está inserida no Polígono das Secas, enfrentando elevados déficits hídricos. O período chuvoso ocorre predominantemente no verão, compreendendo os meses de dezembro a abril (MOURA et al., 2007; MARENGO, 2008). A região apresenta diferentes tipos de climas (equatorial úmido, litorâneo úmido, tropical e semiárido), caracterizando um regime de chuvas bastante complexo, variando entre 300 e 2.000 mm por ano, sendo a precipitação pluviométrica considerada a principal variável meteorológica local (COUTINHO et al., 2017; PAREDES-TREJO et al., 2017).

Pernambuco é um dos nove estados da região nordeste. Ao longo de sua extensão territorial, possui climas bastante diversificados, modificados de acordo com a localização geográfica de cada município, sendo o seu território dividido em cinco mesorregiões: Zona Metropolitana, Zona da Mata, Agreste, Sertão e Sertão do São Francisco (FERREIRA, 2016). Parte do território estadual possui clima semiárido, apresentando precipitações irregulares durante todo o ano, temperatura média do ar entre 23 e 27° C, baixos valores de umidade relativa do ar e evapotranspiração potencial de aproximadamente 2.000 mm ano⁻¹ (ALMEIDA et al., 2017; PAREDES-TREJO et al., 2017).

Marengo et al. (2011) mencionaram que uma característica marcante da região semiárida brasileira é a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica, que se deve a diversos fatores como: relevo, tipo de superfície, localização geográfica, além da atuação de sistemas convectivos e massas de ar predominantes na região. A atuação de sistemas atmosféricos, a exemplo da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Frentes Frias, são alguns dos principais sistemas responsáveis pela distribuição espaço-temporal das chuvas no estado (MELO et al., 2011). Silva (2009) salienta que a precipitação na região nordeste e no estado de Pernambuco é influenciada por pelo menos cinco sistemas meteorológicos: frentes frias, ondas de leste, zona de convergência intertropical, brisas terrestres e marítimas e vórtices ciclônicos da atmosfera superior.

Existe ampla sazonalidade da chuva entre os municípios do estado de Pernambuco, onde as chuvas na região do Sertão são predominantes durante os meses de janeiro a março; para o Agreste, Zona da Mata e região Metropolitana, os maiores níveis pluviométricos são observados entre os meses de abril a agosto. Em termos quantitativos, os maiores valores de precipitação são verificados no Litoral (região Metropolitana) e Zona da Mata, seguindo da região Agreste e logo depois Sertão e Sertão do São Francisco, caracterizando a existência de um gradiente pluviométrico (MELO et al., 2011). Vale salientar também que a diversidade climática do estado de Pernambuco está condicionada ao relevo e fatores fisiográficos. O relevo exerce forte influência na atuação de sistemas meteorológicos, principalmente sobre brisas de vale e montanha e nas chuvas orográficas (PEREIRA et al., 2007).

Diante do exposto, objetivou-se identificar a influência de fatores geográficos e de fenômenos atmosféricos que contribuam para a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica de 11 municípios do estado de Pernambuco, localizados desde o Litoral ao Semiárido pernambucano.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de normais climatológicas de precipitação pluviométrica pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referente às estações convencionais localizadas em 11 municípios do estado de Pernambuco (Recife, Surubim, Caruaru, Garanhuns, Pesqueira, Arcoverde, Triunfo, Floresta, Petrolândia, Cabrobó e Petrolina), compreendendo um período de 30 anos, equivalentes ao intervalo de 1961 a 1990.

Os dados foram organizados e processados em planilha eletrônica do software Excel® da Microsoft Office em escala de tempo mensal e anual, relacionados aos dados geográficos: latitude, longitude e altitude (Tabela 1).

Os dados de chuvas e coordenadas geográficas foram submetidos à análise de regressão, procedendo-se com análise das curvas de tendência, por meio do coeficiente de determinação (R^2) e as estatísticas das significâncias das equações, admitindo-se como válidos desde que $p < 0,10$.

Para as regressões utilizando a altitude como variável independente, o município de

Tabela 1. Coordenadas geográficas de 11 municípios localizados no estado de Pernambuco, Brasil.

Municípios	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Recife	8°03' S	34°57' W	10
Surubim	7°50' S	35°43' W	418,3
Caruaru	8°17' S	35°58' W	537,2
Garanhuns	8°53' S	36°31' W	822,8
Pesqueira	8°24' S	36°46' W	639,0
Arcoverde	8°25' S	37°05' W	680,7
Triunfo	8°49' S	38°07' W	1.105,0
Floresta	8°36' S	38°34' W	309,7
Petrolândia	9°04' S	38°19' W	286,0
Cabrobó	8°31' S	39°20' W	341,5
Petrolina	9°22' S	40°28' W	370,5

Recife foi eliminado das análises, devido sua precipitação pluviométrica sofrer maior influência da maritimidade, evento predominante na Zona Litorânea do estado. Do mesmo modo, quando utilizou-se a longitude como variável independente, o município de Triunfo foi desprezado, visto que sua elevada altitude interfere diretamente na precipitação, fazendo com que não haja relação entre os dados, efeito esse de escala topoclimática.

As análises de regressão e as suas respectivas representações gráficas foram realizadas com auxílio do software SigmaPlot® 12.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2011). A análise de agrupamentos de dados utilizada (análise de *clusters*) foi através do método de particionamento. Esse tipo de técnica consiste no agrupamento de dados com características análogas, ou seja, itens similares (KUMAR & DHANYA, 2009) para a formação de grupos homogêneos (GADO et al., 2017). As dadas similaridades foram atribuídas através das precipitações pluviométricas, por meio da distância Euclidiana (d_{ij}) pelo método de Ward, entre dois objetos (i e j) (HAN et al., 2011), em que quanto menor for a sua distância, maior será a similaridade entre eles, conforme descrito na equação 1.

$$d_{ij} = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \dots + (x_{ip} - x_{jp})^2} \quad (1)$$

em que,

x_i e x_j são os dados observados de precipitação pluviométrica.

A distância entre os grupos pelo método de Ward é dada pela soma dos quadrados entre os agrupamentos feito sobre a variável (WARD JÚNIOR, 1963), conforme a equação 2. Esse tipo de método é considerado bastante eficiente para a formação dos grupos (ANDRADE et al., 2018).

$$W = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum x_i \right)^2 \quad (2)$$

em que,

W = homogeneidade intragrupos e heterogeneidade intergrupos através da soma do quadrado dos desvios;

n = número de valores analisados; e

x_i = i -ésimo elemento do agrupamento.

Para a análise de *clusters*, optou-se pelo método de particionamento utilizando o algoritmo Ward, agrupando pela homogeneidade de precipitação pluvial da região. Todas as análises foram realizadas no software R (R CORE TEAM, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os municípios estudados apresentam variação nas médias de precipitação pluviométrica anuais (Figura 1).

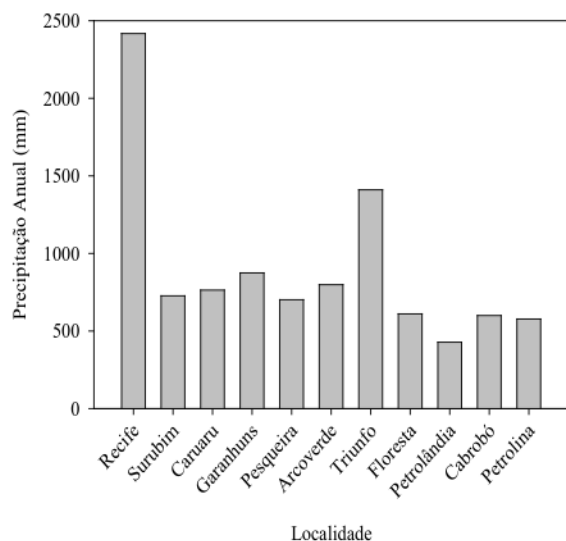


Figura 1. Precipitação média anual de 11 municípios localizados no estado de Pernambuco, séries históricas de 1961-1990.

Comparando os dados de cada município, observa-se que Recife e Triunfo apresentaram médias de precipitação pluviométrica elevadas quando comparadas às demais localidades (Figura 1) ($> 1.200 \text{ mm ano}^{-1}$). Isso ocorre em função de dois fatores para o município de Recife que está localizado na Zona Litorânea do estado, é uma região caracterizada por elevadas precipitações pluviais médias devido a influência do oceano e constante presença da atuação da massa equatorial do Atlântico Sul e, em relação a Triunfo, a mesma apresenta elevada altitude, o que condiciona aos fatores topoclimáticos, contribuindo assim a elevados regimes pluviométricos e uma condição climática atípica da região (THORNTHWAITE, 1953; COLEMAN et al., 2009).

Nota-se que para os demais municípios, as médias anuais de precipitação foram semelhantes, sendo que os municípios localizados na região semiárida (Floresta, Petrolândia, Cabrobó e Petrolina) apresentam as menores médias anuais (Figura 1), devido a variação espaço-temporal que as chuvas dessa região ocorrem em virtude da dinâmica atmosférica, sistemas meteorológicos e posição geográfica (SILVA et al., 2017; LIMA et al., 2018; MARRA & MORIN, 2018).

Para a análise de agrupamento (análise de *clusters*) demonstrado pelo dendograma, foram divididas em três grupos hierárquicos (Figura 2). O primeiro grupo constituído pelos municípios

de Petrolina, Petrolândia, Cabrobó e Floresta; os municípios de Caruaru, Surubim, Garanhuns e Recife compõe o grupo dois e o grupo três composto por Triunfo, Arcoverde e Pesqueira. Os municípios que compreendem o grupo 1 são caracterizados por apresentarem menores volumes de precipitação pluviométrica, esses resultados estão relacionados à sua maior distância euclidiana (eixo y) em relação aos demais grupos, outra característica relevante é a distribuição espacial das chuvas desses municípios ao longo do ano, que possui uma elevada similaridade.

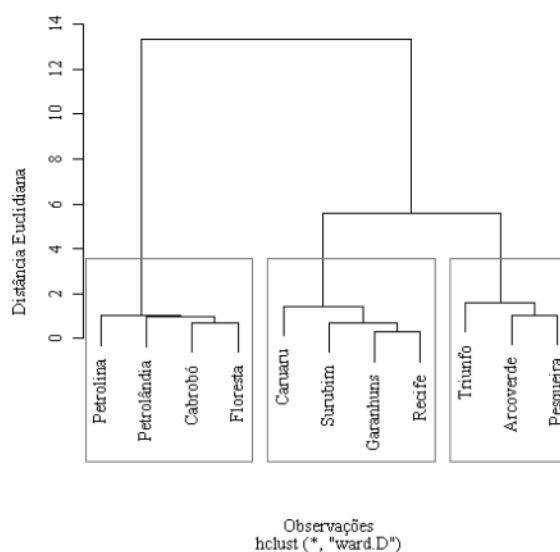


Figura 2. Dendograma com análise de agrupamento (*clusters*) aplicado à distância Euclidiana pelo método de Ward para os 11 municípios, em função da análise de precipitação pluvial de 1961 a 1990. Grupo 1: Petrolina, Petrolândia, Cabrobó e Floresta; Grupo 2: Caruaru, Surubim, Garanhuns e Recife; Grupo 3: Triunfo, Arcoverde e Pesqueira.

Dourado et al. (2013) reportaram resultados de variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica, no período de 1981 a 2010 em regiões semiáridas do estado da Bahia bem similares ao do presente estudo. Regiões inseridas em ambientes de clima semiárido apresentam baixos índices pluviométricos e elevada sazonalidade desses eventos durante os anos em escala intrasazonal e interanual (MARTINS et al., 2018).

Apesar dos grupos 2 e 3 estarem separados, as proximidades entre os mesmos são bem elevadas, devido a sua distância com relação ao eixo y ser

bem menor. Os municípios como Triunfo e Recife, apesar dos volumes de precipitação pluviométrica excederem a 1.200 mm, encontram-se em grupos hierárquicos diferentes, devido a distribuição das chuvas ocorrerem em períodos distintos, já que o município de Triunfo está localizado na região do Sertão de Pernambuco, sendo o seu período chuvoso diferente do município Recife, que fica localizado na Zona da Mata de Pernambuco, recebendo influência das brisas oceânicas.

Locais como Triunfo, que estão inseridos na região Nordeste do Brasil e apresentam precipitações pluviométricas superiores a 1.000 mm, são influenciados pelo fator relevo, localidade geográfica e sistemas atmosféricos, favorecendo assim a elevados volumes de chuva (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Nos locais inseridos na Zona Litorânea

brasileira, as precipitações pluviométricas possuem magnitudes superiores a 1.500 mm ano⁻¹ (OLIVEIRA *et al.*, 2017), enquadrando-se o município de Recife.

Os municípios do grupo 2, com exceção de Recife, estão localizados na região do Agreste Meridional de Pernambuco, região com médias de precipitação pluviométrica de 580 a 900 mm ano⁻¹ (ANDRADE *et al.*, 2018), adequando-se ao período chuvoso na mesma época do ano da Zona da Mata, o que influenciou a inserção no grupo.

De posse das médias mensais de precipitação pluviométrica, foi possível relacioná-las aos dados geográficos de cada município. A precipitação pluviométrica média mensal, em função da latitude (Figura 3), mostrou que não houve correlação entre estas variáveis para todos os meses do ano ($p < 0,10$).

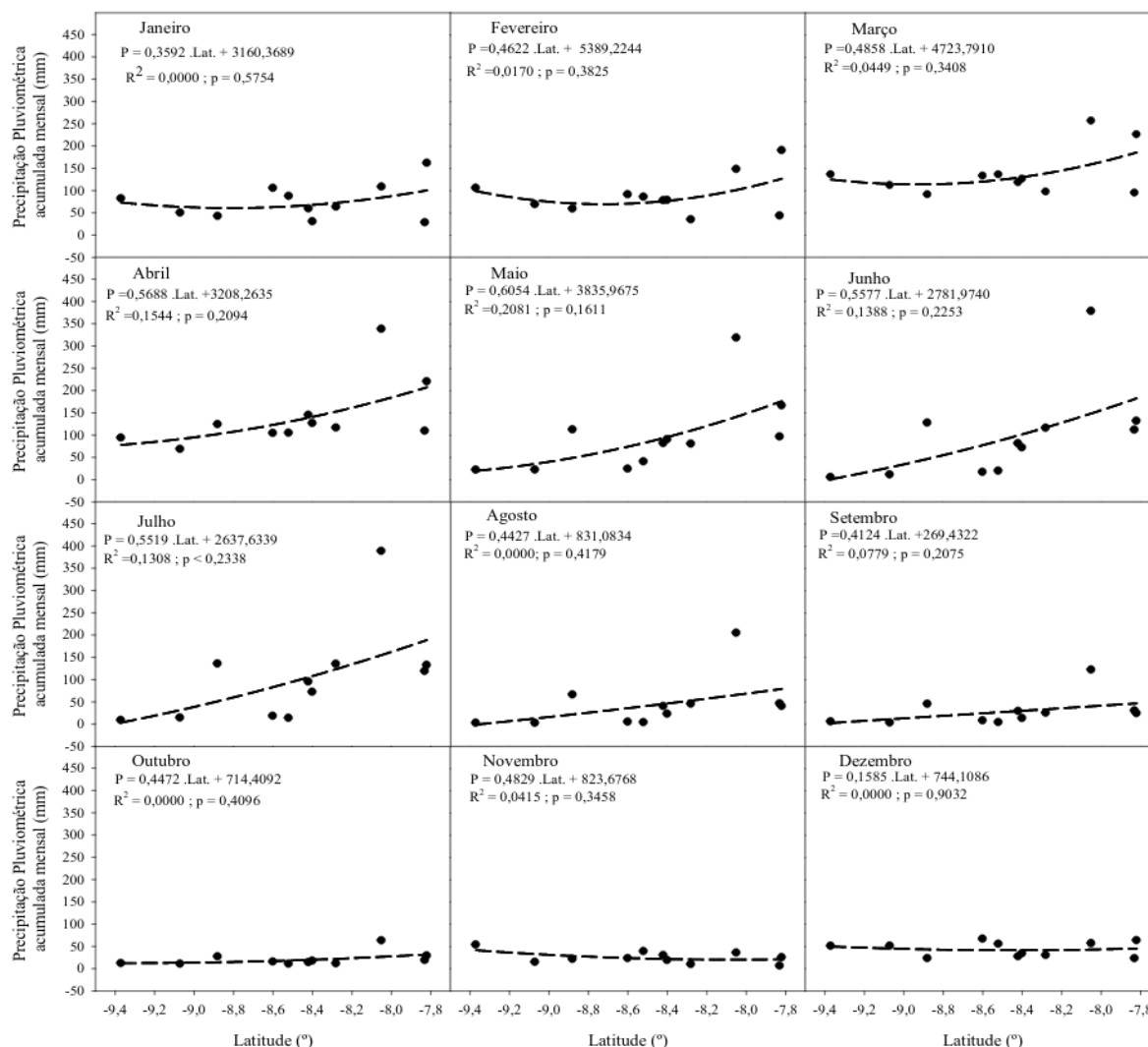


Figura 3. Relação da precipitação pluviométrica mensal à coordenada geográfica latitude de 11 municípios do estado de Pernambuco, para séries históricas de 1961 a 1990 ($p < 0,10$).

A latitude, embora seja um fator macroclimático determinante para formação de condições do tempo e clima local para as onze localidades analisadas neste trabalho, não comportou-se como um fator decisivo do regime de chuvas mensais, o que pode estar atrelado ao fato de todos os municípios estarem localizados em latitudes bem próximas.

A análise de regressão dos dados mensais médios de chuva em relação à longitude mostrou-se significativa para todos os meses, com exceção do mês de fevereiro ($p > 0,10$) (Figura 4).

As correlações obtidas entre a precipitação pluviométrica e a longitude são em decorrência dos efeitos da oceanidade e continentalidade no regime e distribuição das chuvas ao longo do ano. Pereira

et al. (2007) mencionaram que esses efeitos, devido à proximidade do local ao oceano (característico de Zonas Litorâneas), fazem com que não haja alterações na amplitude térmica da temperatura do ar local, uma vez que o oceano atua como moderador deste evento. Já o efeito da continentalidade se dá devido ao distanciamento do local do oceano, onde são observadas maiores amplitudes térmicas. Esse tipo de fenômeno é bastante comum em regiões do Semiárido nordestino (JATOBÁ et al., 2017). Tal afirmativa é confirmada neste estudo, devido haver uma tendência no aumento da precipitação pluviométrica ($p < 0,10$), ao passo que se diminuem os valores de longitude (Figura 4).

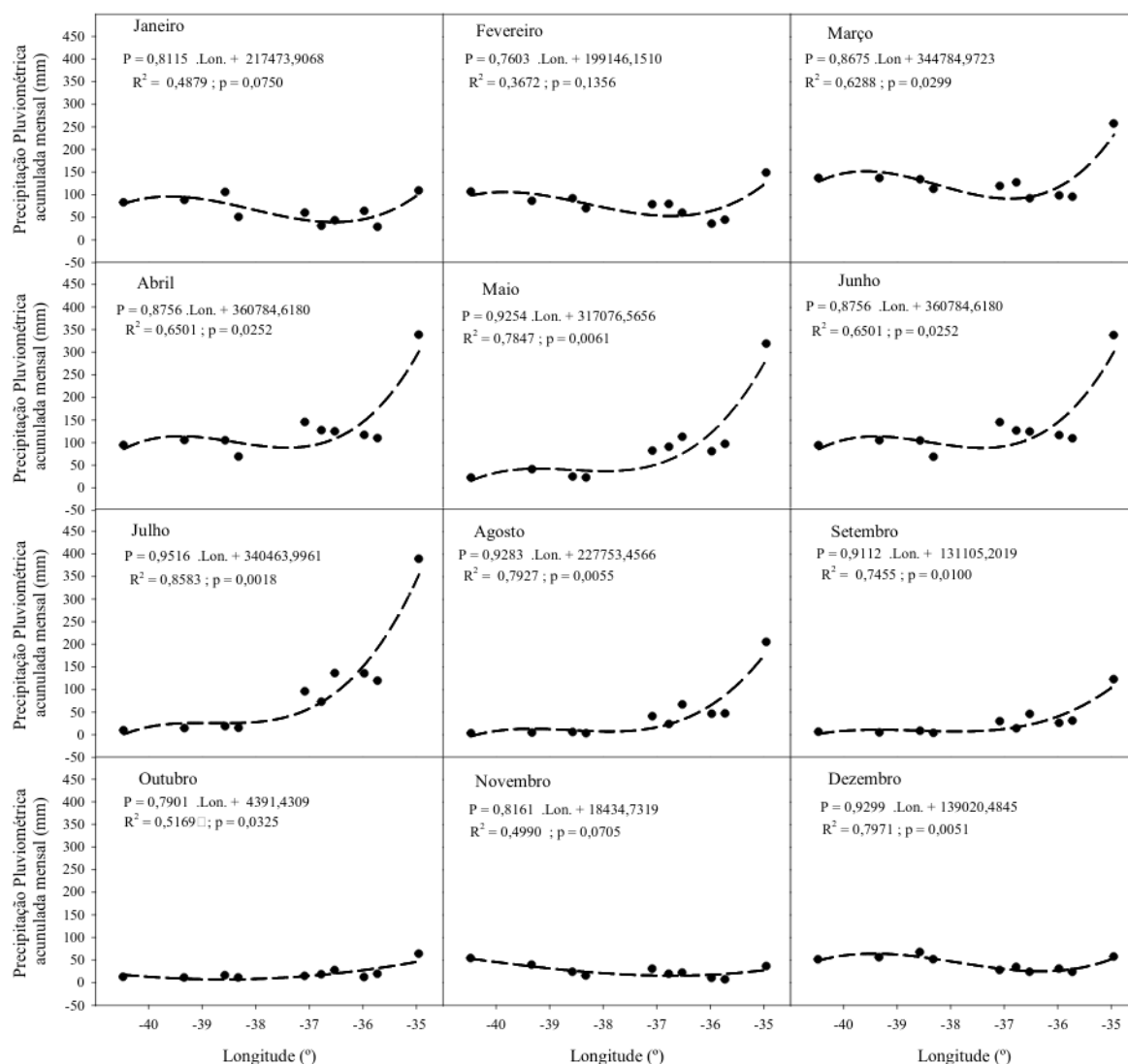


Figura 4. Relação da precipitação pluviométrica mensal à coordenada geográfica longitude de 11 municípios do estado de Pernambuco, para séries históricas de 1961 a 1990 ($p < 0,10$).

À medida em que se avança em direção ao interior do estado, as médias mensais da precipitação pluviométrica diminuem (Figura 4), estando relacionado a atuação de diferentes sistemas meteorológicas responsáveis pelas chuvas destas regiões em diferentes escalas (SILVA *et al.*, 2017).

As correlações entre a altitude e as precipitações pluviométricas mensais dos onze municípios (com exceção de Recife) apresentaram significância estatística ($p < 0,10$) para os meses de dezembro a outubro, com exceção apenas do mês do novembro (Figura 5).

A altitude, assim como a latitude, também é considerada um fator macroclimático que influencia nas condições do tempo e clima local

(SLAVICH *et al.*, 2014). Diferentemente da latitude, as altitudes dos municípios analisados apresentaram correlações significativas com a precipitação mensal ($p < 0,10$) (Figura 5).

Para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, verifica-se que mesmo nas menores altitudes (Floresta, Petrolândia, Cabrobó e Petrolina) são observados valores mais altos de chuva do que nas localidades de altitudes medianas (Figura 5). Isso ocorre, visto que o período chuvoso para esses municípios que estão localizados no sertão semiárido do estado ocorre entre os meses de dezembro a abril, ocasionados pelo deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007; MOURA *et al.*, 2007). A partir do mês de maio,

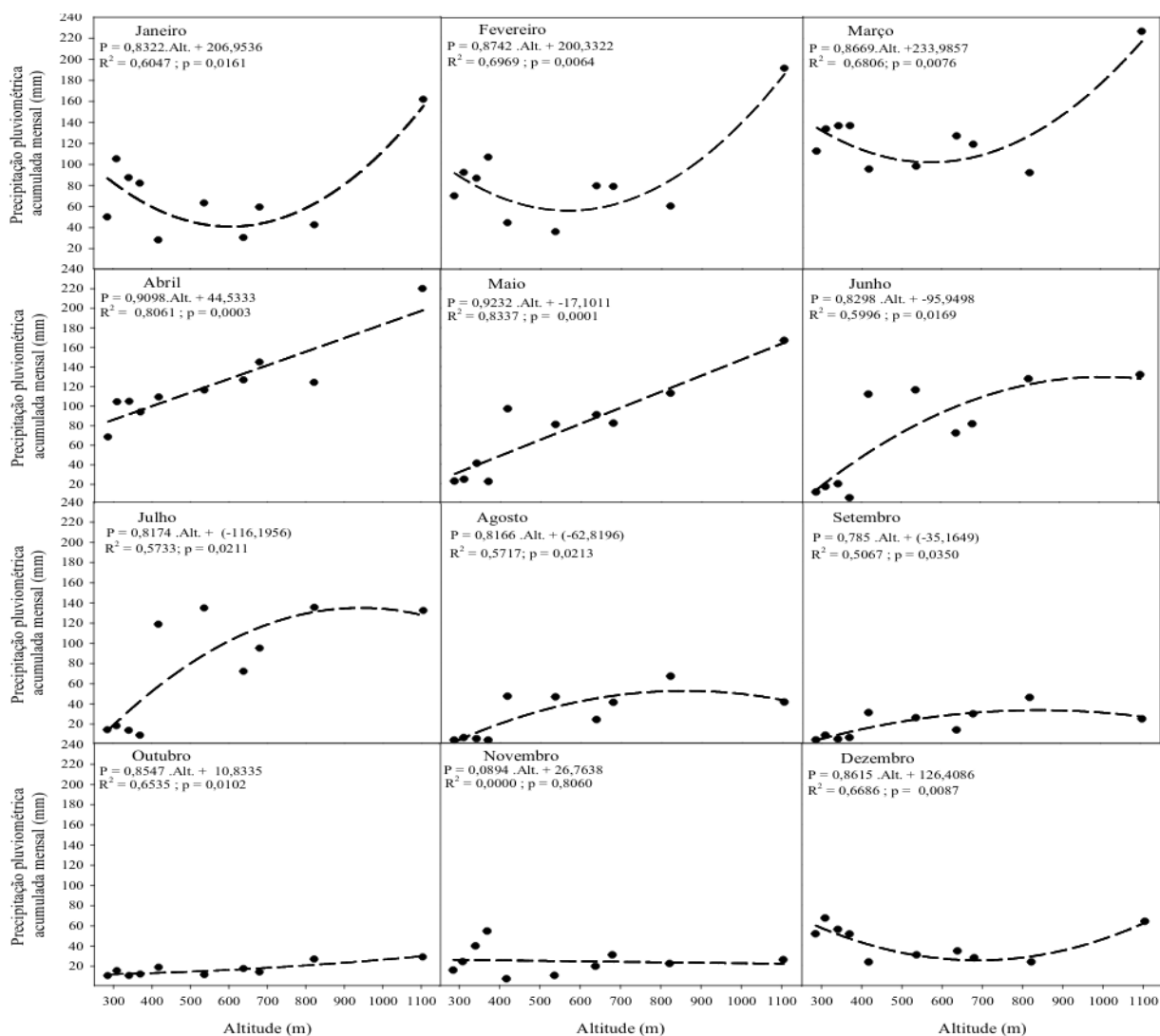


Figura 5. Relação da precipitação pluviométrica mensal à coordenada geográfica altitude de 11 municípios do estado de Pernambuco, para séries históricas de 1961 a 1990 ($p < 0,10$).

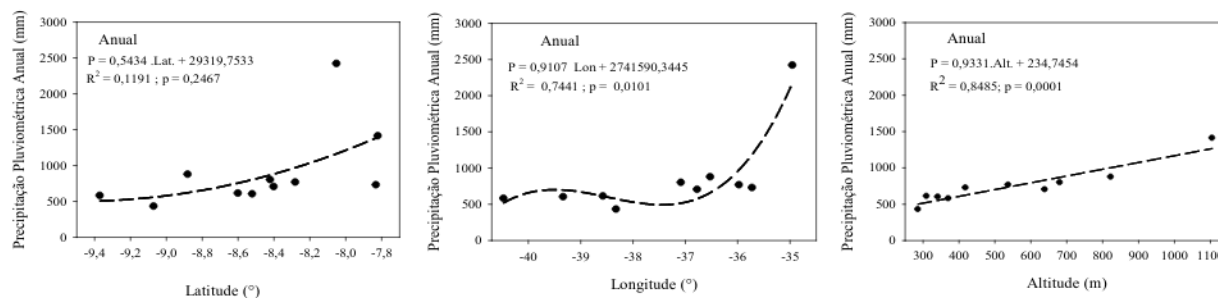


Figura 6. Relação da precipitação pluviométrica anual com as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) de 11 municípios do estado de Pernambuco, para séries históricas de 1961 a 1990 ($p < 0,10$).

verifica-se valores reduzidos de chuvas para estes locais.

O município de Triunfo, embora esteja localizado no Sertão do estado, é aquele que possui maior altitude (1.105,0 m) entre os municípios analisados e possui período chuvoso mais prolongado do que os demais municípios da região, com maiores volumes de chuva entre os meses de janeiro a julho. Esse comportamento está condicionado ao fato do aumento da altitude ocasionar redução dos valores de temperatura do ar, devido ao ar ser mais rarefeito e à diminuição da pressão atmosférica, podendo também estar relacionado ao favorecimento de chuvas do tipo orográficas (PEREIRA et al., 2007).

Jardim et al. (2014) analisaram o comportamento da precipitação em relação à altitude no Semiárido de Pernambuco e concluíram que à medida em que os valores de altitude eram reduzidos em cerca de 100 m, a precipitação tendeu a diminuir em média 99,62 mm para valores anuais. Moura et al. (2007) afirmam que regiões montanhosas ou com a presença de serra possuem um microclima característico, apresentando precipitações mais elevadas dos que as áreas circunvizinhas.

Na Figura 6, são apresentadas as correlações entre os totais anuais de chuva e as coordenadas geográficas das localidades (latitude, longitude e altitude).

Do mesmo modo que foi observado para os valores mensais, em termos anuais também verificou-se tendências significativas apenas para a longitude e altitude ($p < 0,10$), mostrando que os regimes pluviométricos anuais das localidades avaliadas sofrem influência de sua posição

geográfica. Em relação à latitude, constatou-se novamente que não há relação entre as variáveis e, como foi mencionado, uma explicação para esse fato pode ser devida todos os municípios apresentarem valores de latitude semelhantes.

CONCLUSÕES

- O gradiente pluviométrico do Litoral ao Semiárido de Pernambuco é explicado pela variação do relevo e pelo efeito de continentalidade no estado, associados aos fenômenos atmosféricos predominantes na região Nordeste.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pela disponibilidade dos dados, e ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALMEIDA, A.Q.; SOUZA, R.M.S.; LOUREIRO, D.C.; PEREIRA, D.R.; CRUZ, M.A.S.; VIEIRA, J.S. Modelagem da dependência espacial do índice de erosividade das chuvas no semiárido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.6, p.371-379, 2017.
- ANDRADE, E.K.P.; ANDRADE, A.R.S.; ZAMORA, V.R.O.; SILVA, P.R.L.A.; SANTOS,

- M.K.S.; AZEVEDO, P.R. Periodicidades na distribuição homogênea da precipitação no Agreste de Pernambuco. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v.3, n.1, p.100-117, 2018.
- COLEMAN, C.G.; CARR, S.J.; PARKER, A.G. Modelling topoclimatic controls on palaeoglaciators: implications for inferring palaeoclimate from geomorphic evidence. **Quaternary Science Reviews**, v.28, n.3-4, p.249-259, 2009.
- COUTINHO, M.D.L.; COSTA, M.S.; GOMES, A.C.S.; MORAIS, M.D.C.; JACINTO, L.V.; LIMA, K.C.; SAKAMOTO, M.S. Estudo de caso: evento meteorológico no Nordeste do Brasil entre os dias 03 e 04 de janeiro de 2015. **Revista Brasileira de Climatologia**, Paraná, v.20, n.1, p.182-198, 2017.
- DOURADO, C.S.; OLIVEIRA, S.R.M.; AVILA, A.M.H. Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.2, p.192-198, 2013.
- FERREIRA, D.V.S. **Análise de alterações em fenômenos agroambientais utilizando o método de entropia de permutação**. 2016. 79f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.
- GADO, T.A.; HSU, K.; SOROOSHIANB, S. Rainfall frequency analysis for ungauged sites using satellite precipitation products. **Journal of Hydrology**, v.554, p.646-655, 2017.
- HAN, J.; KAMBER, M; PEI, J. **Data Mining: Concepts and Techniques**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2011. 770p.
- JARDIM, A.M.R.F.; SILVA, T.G.F.; SILVA, M.J.; NUNES, E.O.S. Análise da precipitação pluviométrica em função da variação hipsométrica no semiárido brasileiro. In: II Congresso Internacional da Realidade Semiárida e III Simpósio alagoano sobre ecossistemas do Semiárido, 2014. **Anais...** Delmiro Gouveia - AL. CARACTERÍSTICAS GEOCLIMÁTICAS DE REGIÕES SEMIÁRIDAS, 2014.
- JATOBÁ, L.; SILVA, A.F.; GALVÍNCIO, J.D. A dinâmica climática do semiárido em Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.10, n.1, p.136-149, 2017.
- KUMAR, D.N.; DHANYA, C.T. Data mining and its applications for modelling rainfall extremes. **ISH Journal of Hydraulic Engineering**, v.15, n.1, p.25-51, 2009.
- LIMA, M.C.G.; SÁ, S.M.F.; SOUZA, W.M.; SANTOS, T.E.M. Impactos gerados e a gestão da bacia do rio Capibaribe-PE. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v.3, n.1, p.75-85, 2018.
- MARENGO, J.A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v.13, n.27, p.149-176, 2008.
- MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E.A.; LACERDA, F.F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande – PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 40p.
- MARRA, F.; MORIN, E. Autocorrelation structure of convective rainfall in semiarid-arid climate derived from high-resolution X-Band radar estimates. **Atmospheric Research**, v.200, p.126-138, 2018.
- MARTINS, M.A.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D.A.; ALVALÁ, R.C.S.; GIAROLLA, A.; GAROFOLO, L.L.; SIQUEIRA JÚNIOR, J.L.; PAOLICCHI, L.T.L.C.; PINTO, G.L.N. Improving drought management in the Brazilian semiarid through crop forecasting. **Agricultural Systems**, v.160, p.21-30, 2018.
- MELO, E.C.S.; MELO, A.S.; MELO, E.G.S.; SILVA, T.L.V. Estudo da variabilidade da precipitação no estado de Pernambuco. **Revista**

de Geografia (UFPE), Recife, v.28, n.1, p.82-92, 2011.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. 206 p.

MENEGHETTI, G.T.; FERREIRA, N.J. Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Nordeste Brasileiro – **Anais... XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p.1685-1689.

MOURA, M.S.B.; GALVINCIO, J.D.; BRITO, L.T.L.; SÁ, I.I.S.; SILVA, T.G.F. **Clima e água de chuva no Semiárido**. Embrapa Semiárido – Capítulo em livro técnico científico (ALICE). Petrolina-PE, 2007, cap.2, p.37-59.

OLIVEIRA, P.T.; SILVA, C.M.S.; LIMA, K.C. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.130, n.1-2, p.77-90, 2017.

OLIVEIRA, P.T.; SILVA, C.M.S.; LIMA, K.C. Linear trend of occurrence and intensity of heavy rainfall events on Northeast Brazil. **Atmospheric Science Letters**, v.15, n.3, p.172-177, 2014.

PAREDES-TREJO, F.J.; BARBOSA, H.A.; LAKSHMI-KUMAR, T.V. Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v.139, p.26-40, 2017.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.;

SENTELHAS, P.C. **Meteorologia Agrícola**. ESALQ, Piracicaba, SP, 2007.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016.

SILVA, A.R.; SANTOS, T.S.; QUEIROZ, D.É.; GUSMÃO, M.O.; SILVA, T.G.F. Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v.2, n.4, p.377-384, 2017.

SILVA, B.M. **Chuvvas intensas em localidades do estado de Pernambuco**. 2009. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

SLAVICH, E.; WARTON, D.I.; ASHCROFT, M.B.; GOLLAN, J.R.; RAMP, D. Topoclimate versus macroclimate: how does climate mapping methodology affect species distribution models and climate change projections?. **Diversity and Distributions**, v.20, n.8, p.952-963, 2014.

SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot for Windows Version 12.0**. San Jose: Systat Software Inc., 2011.

THORNTHWAITE, C.W. **Topoclimatology**. Proc. Toronto Meteorological Conference, Royal Meteorological Society, 1953, p.227-232.

WARD JÚNIOR, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v.58, n.301, p.236-244, 1963.