Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

O USO DA ESTATÍSTICA PARA REGIONALIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO PARÁ, BRASIL.

MENEZES, Franciani Pantoja – fpm@ufpa.br
Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

FERNANDES, Lindemberg Lima – lberge@ufpa.br
Universidade Federal do Pará/FAESA/ITEC

ROCHA, Edson José Paulino da – eprocha@ufpa.br
Universidade Federal do Pará. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

RESUMO: As regiões pluviometricamente homogêneas no Estado do Pará (Brasil), foram identificadas através da classificação de locais mais similares, com base em uma série de observações pluviométricas mensais. A distribuição da precipitação sobre o Estado é caracterizada pela alta variabilidade espacial e temporal, predominantemente do tipo convectivas. Neste estudo foram utilizadas médias mensais de precipitação de 66 estações meteorológicas, no período de 1982 a 2011, obtidas na rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA). A delimitação das regiões pluviometricamente homogêneas foi feita através da aplicação da análise de agrupamento hierárquica. Esta análise mostrou que o Estado do Pará pode ser dividido, quanto à precipitação, em três regiões pluviometricamente homogêneas distribuídas em faixas zonais de sul para o norte (regiões R1, R2 e R3). A sazonalidade da precipitação na região R1 apresenta elevada precipitação mensal nos meses de fevereiro, março e abril (com mínimos nos meses de setembro, outubro e novembro), sendo que esta uma região de máximos de precipitação no Estado, associada a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). As regiões R2 e R3 apresentam seus máximos de precipitação também associados à ZCIT e, o período de estiagem (mínimos de precipitação) são mais acentuados e deslocados para os meses de julho, agosto e setembro e junho, julho e agosto, respectivamente, associados a Zona Convergência do Atlântico Sul que atua nestas regiões a partir do mês de setembro. Portanto, os resultados mostram a relação das zonas homogêneas com a marcha sazonal do cavado tropical, indicando que o principal sistema convectivo que regula o regime de chuvas do Estado do Pará é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), entretanto os períodos de estiagem são regulados pela ZCAS nas regiões localizadas mais ao sul do Estado.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação. Regiões Homogêneas. Sazonalidade. Estado do Pará.

THE USE OF STATISTICS FOR PRECIPITATION OF REGIONALIZATION IN THE STATE OF PARÁ, BRAZIL

ABSTRACT: The homogeneous regions of precipitation in state of Pará (Brazil), were identified through the most similar area, based in the series of monthly rainfall observations. The distribution of precipitation over the State is characterized by high spatial and temporal variability, predominantly convective type. This study used average monthly rainfall of 66 weather stations in the period 1982-2011, obtained from the hydrometeorological network of the National Water Agency (ANA). The delimitation of homogeneous precipitation regions were made by applying the hierarchical cluster analysis. This analysis showed that state of Pará can be divided, in tree homogeneous precipitation regions distributed from Southern to North area (R1, R2 and R3 regions). The seasonal variation in precipitation in the region R1, presents maximum rainfall in the months of February, March and April (with minimum during September, October and November), and this maximum rainfall in the region is associated the Inter-tropical Convergence Zone (ITCZ). The R2 and R3 regions have their maximum precipitation also associated with the ITCZ and the dry season (minimum of precipitation) are more pronounced and moved to the months of July, August and September and June, July and August, respectively, associated with South Atlantic Convergence Zone (ZCAS) that is present in this regions from September. Therefore, the results show the relationship of the homogenous zones with seasonal march of tropical trough, indicating that the main convective system, that regulates the precipitation on state of Para is the ITCZ, however the dry periods are regulated by ZCAS in regions located further south of the State.

KEYWORDS: Precipitation. Homogeneous regions. Seasonal variation. State of Pará

1. INTRODUÇÃO

A grande variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica na região Amazônica tem motivado, ao longo dos anos, inúmeros estudos (Fisch, Marengo e Nobre, 1998; Figueroa e Nobre, 1990; Marengo, 2004; Moraes, et al., 2005; Ribeiro, et al., 1996),

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

sobre o clima da região. Figueroa e Nobre (1990), analisaram a distribuição sazonal das precipitações na região da Amazônia e verificaram que nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, a precipitação máxima ocorre na porção sul da região, orientada no sentido NW-SE, coincidindo com uma maior organização e atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

O Estado do Pará é caracterizado por uma alta variabilidade pluviométrica, decorrente da atuação de diferentes sistemas atmosféricos que atuam sobre o Estado. A identificação de áreas homogêneas de precipitação pluvial no Pará torna-se interessante sob diversos aspectos, mas principalmente aqueles relacionados à dinâmica ambiental, onde a delimitação dos períodos e áreas de maior e menor concentração pluviométrica tornam-se importantes para a gestão dos recursos hídricos do Estado. O contraste das precipitações entre regiões relativamente próximas exige que os estudos a partir de dados pluviométricos sejam desenvolvidos levando-se em consideração as suas particularidades regionais.

Diversos estudos visando a identificação de regiões pluviometricamente homogêneas, tem sido realizados (Ahuja e Dhanya, 2012; Amanajás e Braga, 2012; Chen, et al., 2009; Raziei, Bordi e Pereira, 2008; Souza, et al.,1992). O estado do Pará, possui suas próprias peculiaridades e somente o conhecimento e monitoramento contínuo das condições locais poderá avaliar as características da precipitação de uma forma mais regionalizada e criteriosa. Amanajás e Braga (2012), em seu estudo para identificar regiões homogêneas de precipitação na Amazônia oriental, verificaram a existência de 4 regiões com padrões pluviométricos distintos, quanto a variabilidade sazonal e interanual da precipitação.

A análise de agrupamento é bastante útil para o tratamento dos dados climáticos, e para separar conjuntos de estações pluviométricas com características homogêneas. A análise climática de locais ou regiões através da análise multivariada mostra-se importante, pois através desta análise é possível identificar estações meteorológicas cujos padrões do comportamento da precipitação pluvial são semelhantes. A análise de agrupamento é uma técnica da Estatística Multivariada que tem como objetivo principal formar grupos heterogêneos de modo que os elementos dentro de cada grupo sejam homogêneos. A ideia consiste em colocar em um mesmo grupo objetos que sejam similares de acordo com algum critério pré-determinado (LINDEN, 2009).

Segundo Turkes e Tatli (2011), a análise de agrupamento é baseada em uma forma de matriz de similaridade para o agrupamento de séries temporais climáticas e tenta encontrar os grupos de conjuntos de dados que têm características semelhantes. Estes grupos podem então ser analisados em detalhes para obter uma visão das características comuns dos conjuntos de dados em cada grupo de sub-regiões climáticas. O resultado da análise de agrupamento são classificações hierárquicas, e que podem ser representadas por um diagrama bidimensional (dendrograma). Nele estão dispostas linhas ligadas segundo os níveis de similaridade, que agrupará pares de indivíduos ou de variáveis. Os procedimentos existentes para aplicação da análise de agrupamento desdobram-se em quatro etapas: escolha das variáveis classificatórias, especificação de uma medida de similaridade, seleção do método de agrupamento e decisão quanto ao número de grupos a serem formados.

A importância da caracterização das distribuições pluviométricas em áreas consideradas homogêneas em relação aos padrões de chuvas merece atenção, já que pode facilitar a identificação de prioridades de ações voltadas ao planejamento de atividades agrícolas, medidas mitigatórias e adaptativas aos impactos da falta de chuva, dentre outros, favorecendo assim a melhor compreensão com o clima da região.

O objetivo deste estudo foi identificar regiões pluviometricamente homogêneas de precipitação, classificando os locais mais similares, com base em uma série de observações pluviométricas mensais de 66 estações pluviométricas do Estado do Pará, mostrando a variabilidade da precipitação em cada região, enfocando no regime de precipitação, e nos fenômenos meteorológicos que produzem essas precipitações.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Estado do Pará está situado na Região Norte do Brasil, na Amazônia Oriental, ocupando uma área de 1.247.954,6 Km², é o segundo maior estado brasileiro em extensão, possui 144 municípios, com uma população de 7.581.051 habitantes (IBGE, 2010). Segundo a

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

classificação de Köppen, são identificados 3 subtipos climáticos para o estado do Pará: "Af", "Am", "Aw", tais subtipos pertencem ao clima tropical chuvoso, caracterizando-se por apresentar temperaturas médias mensais sempre superiores a 18°C, se diferenciam pela quantidade de precipitação pluviométrica média mensal e anual (SECTAM, 2004). Detém grande diversidade de recursos naturais, é privilegiado em termos de recursos hídricos.

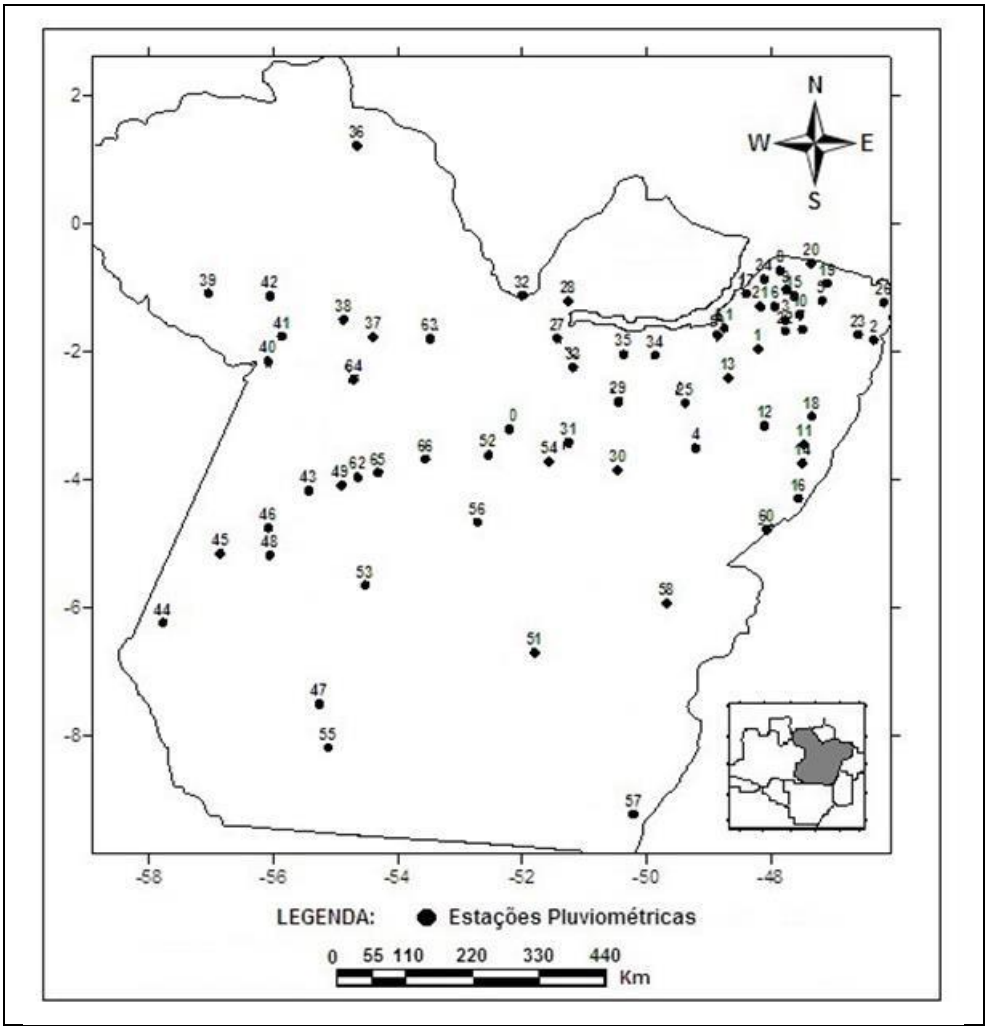
A distribuição da precipitação pluviométrica sobre o Estado é caracterizada pela alta variabilidade espacial e temporal e as precipitações são predominantemente do tipo convectivas, e constitui um dos elementos climáticos de maior importância para o condicionamento social e econômico em todos os estágios de desenvolvimento. Segundo Figueroa e Nobre (1990) as precipitações anuais na Amazônia Oriental, onde está localizado o Estado do Pará, tendem a decrescer do setor costeiro para o interior, decorrente da forma como se originam os sistemas de circulação ao penetrarem a região. Assim, fenômenos de escala planetária como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e fenômenos de mesoescala como as Linhas de Instabilidade (LIs), têm grande influência na climatologia da precipitação desta região.

Neste estudo foram utilizadas médias mensais de precipitação de 66 estações meteorológicas, no período de 1982 a 2011, obtidas na rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA), situadas no Estado do Pará. E para maior confiabilidade nos resultados foram consideradas apenas as estações contendo séries históricas com no mínimo 30 anos de dados, pois de acordo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), 1994, recomenda pelo menos 30 anos de dados para que se tenha uma confiabilidade na caracterização climática de uma região, o que acarretou em uma não uniformidade na distribuição espacial das estações, com uma maior concentração de estações pluviométricas na região Nordeste do estado e baixa densidade de estações nas regiões Noroeste e Sul (Figura 1). 2.1 Metodologia

A delimitação das regiões pluviometricamente homogêneas se deu através da aplicação da análise de agrupamento hierárquica, cujo objetivo é evidenciar a existência de grupos homogêneos e heterogêneos dentro de uma população de dados. A análise de agrupamento foi realizada considerando-se como variável a precipitação média mensal das 66 estações selecionadas para o estudo. O dendrograma foi construído segundo o método da ligação completa, onde os grupos são formados fundindo os membros mais distantes entre os grupos. As estações pluviométricas foram agrupadas de forma sucessiva, baseando-se em sua similaridade. Foram formados assim pares de grupos mais semelhantes. A cada grupo formado foi reconstruída a matriz de similaridade, definindo a distância entre o novo grupo. Os passos do agrupamento serão representados graficamente através do dendrograma, nos quais os eixos das ordenadas representam os níveis em que as estações foram agrupadas e o eixo das abscissas representa as estações. Dessa maneira foi possível a geração de um dendrograma, os quais são muito úteis na visualização de semelhanças entre amostras, e possibilitam a escolha de um ponto de corte para definir o número de agrupamentos desejados.

A medida de similaridade empregada foi o coeficiente de correlação de Pearson, optou-se por este coeficiente por ele correlacionar os dados observados no espaço e não se basear na proximidade física entre das estações, como a medida da distância Euclidiana muito utilizada em analises de agrupamento, mas que não garante a semelhança climática entre as estações. Os grupos formados pela técnica do agrupamento tiveram suas médias comparadas pelo teste t de Student ao nível de significância de 5%. A determinação do número de grupos no dendrograma foi realizado com base no nível de similaridade.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)



1-Acará, 2-Alto Bonito, 3-Badajós, 4-Cachoeira Tracambeua, 5-Capanema, 6-Castanhal, 7-Colônia Santo Antonio, 8-Curuça, 9-Fazenda Jauara, 10-Fazenda São Raimundo, 11-Fazenda planalto, 2-Fazenda Maringa, 13-Fazenda Urucure, 14-Gurupizinho, 15-Igarapé Açu, 16-km zero, 17-Mosqueiro, 18-Paragominas, 19-Primavera, 20-Salinopolis, 21-Santa Isabel, 22-São Domingos, 23-Tararua-Ponte, 24-Vigia, 25-Vila Elim, 26-Viseu, 27-Acampamento IBDF, 28-Areias, 29-Cipoal, 30-Fazenda Estrela do Norte, 31-Granja Gazela, 32-Jarilândia, 33-Maracacuera Florestal, 34-Oeiras do Pará, 35-Vila São Benedito, 36-Apalai, 37-Arapari, 38-Boca do Inferno, 39-Cachoeira da porteira, 40-Juruti, 41-Oriximiná, 42-Vista alegre, 43-Cupari, 44-Jacareacanga, 45-Jatobá, 46-km 1385, 4-km 1027, 48-km 1326, 49-Rurópolis, 50-Altamira, 51-Boa Esperança, 52-Brasil Novo, 53-Cajueiro, 54-Fazenda Cipauba, 55-km 947, 56-Monte Alegre do Xingu, 57-Barreira do Campo, 58-Serra Pelada, 59-Abaetetuba, 60-Rondon do Pará, 61-Vila do Conde, 62-Fazenda Marcondes, 63-Prainha, 64-Santarém, 65-Sitio São Pedro, 66-Uruará.

Figura1. Área de Estudo e Distribuição Espacial das Estações Pluviométricas

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Áreas Homogêneas de Precipitação

Como resultado da análise de agrupamento das precipitações mensais, foram identificadas 3 regiões pluviometricamente homogêneas, o qual foram assinaladas para melhor identificação como região1 (R1), região2 (R2) e região3 (R3) para o estado do Pará. A (R1) abrangendo 35 estações, a R2 com 27 estações e a R3 formada por 4 estações. O dendrograma obtido está representado na Figura 2.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

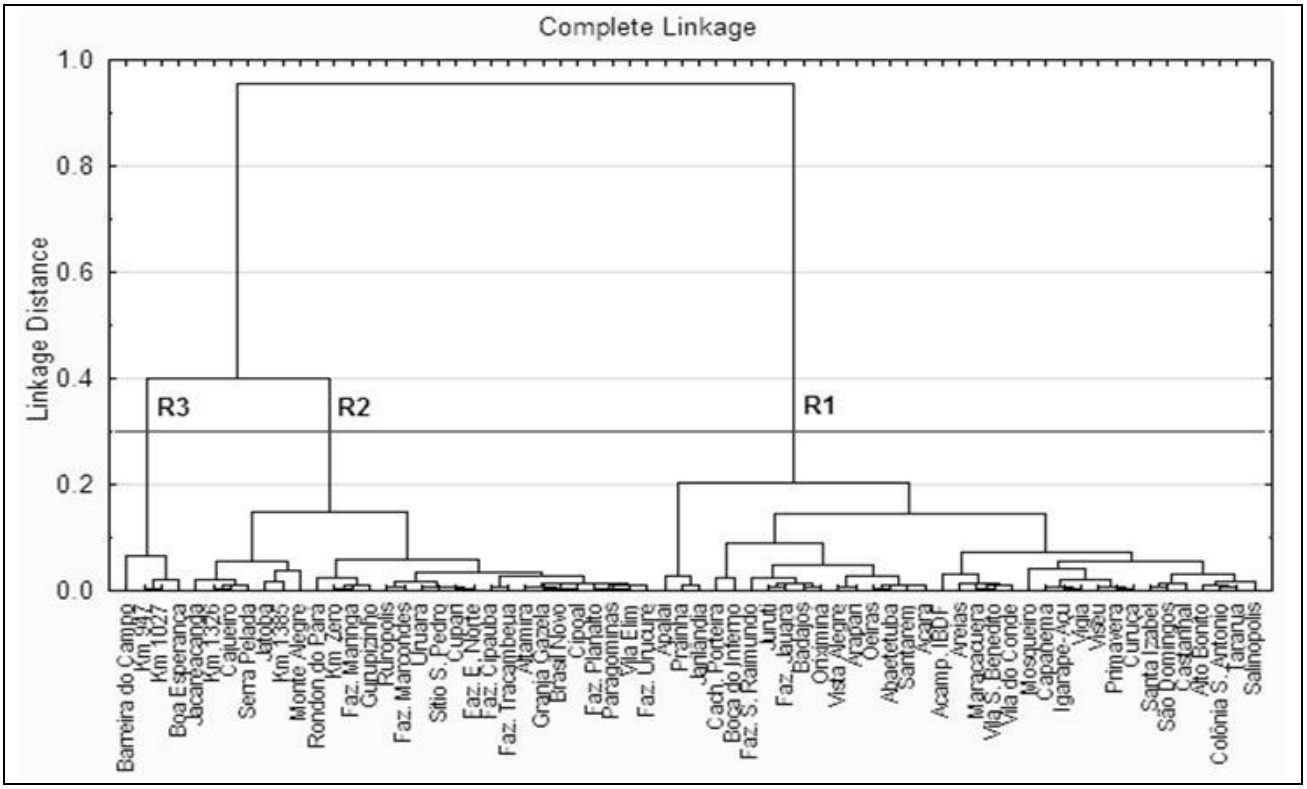


Figura 2. Dendrograma de Agrupamento das Estações Pluviométricas

A distribuição das regiões é apresentada na Figura 3, onde também se encontram as precipitações médias mensais para cada grupo. Identificando no mapa os grupos de estações formados pela análise de agrupamento, percebeu-se que as estações dentro do mesmo grupo estavam próximas geograficamente.

As áreas de abrangência de cada um dos grupos homogêneos foram delimitadas pelos tons de cinza, o que possibilitou a visualização da distribuição espacial dos mesmos. Este procedimento se mostrou bastante eficiente na tentativa de entender como está distribuída a precipitação na área de estudo, pois uma área tão extensa como o Estado do Pará, não apresenta uma característica única na distribuição da precipitação.

A região R1 apresenta um período chuvoso mais acentuado, com período de estiagem bem definido nos meses de setembro, outubro e novembro. Nesta região destaca-se dois sub-agrupamentos associados ao regime de precipitação, sendo que o agrupamento mais próximo ao litoral e mais ao nordeste apresenta precipitações no período chuvoso mais elevado que o sub-agrupamento localizado mais no interior do continente. Nas regiões R2 e R3, observam-se máximos de precipitação menos acentuados que a região R1, entretanto seu período de estiagem sofre antecipação julho, agosto e setembro e junho, julho e março, respectivamente, indicando a influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) nestas regiões, conjuntamente com a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

3.2 Sazonalidade da Precipitação

As analises da sazonalidade da precipitação nas regiões definidas pelo agrupamento, mostram que a região R1 se destaca das demais pela elevada precipitação mensal. Esta área é a de maior pluviosidade do Estado. A estação chuvosa na região R1 compreende o trimestre de fevereiro, março e abril, sendo o mês de março o mais chuvoso, atingindo uma precipitação média acima de 400 mm, e o trimestre mais seco compreende os meses de setembro, outubro e novembro. Outubro é o mês que apresentou as menores precipitações, com média de 59 mm, para o período estudado.

Na região R2, março é o mês com maior precipitação, com médias de 300 mm, e o mês que apresentou menor precipitação foi agosto, com média de 38 mm. O trimestre mais chuvoso nessa região foi fevereiro, março e abril, e o menos chuvoso foi julho, agosto e setembro.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

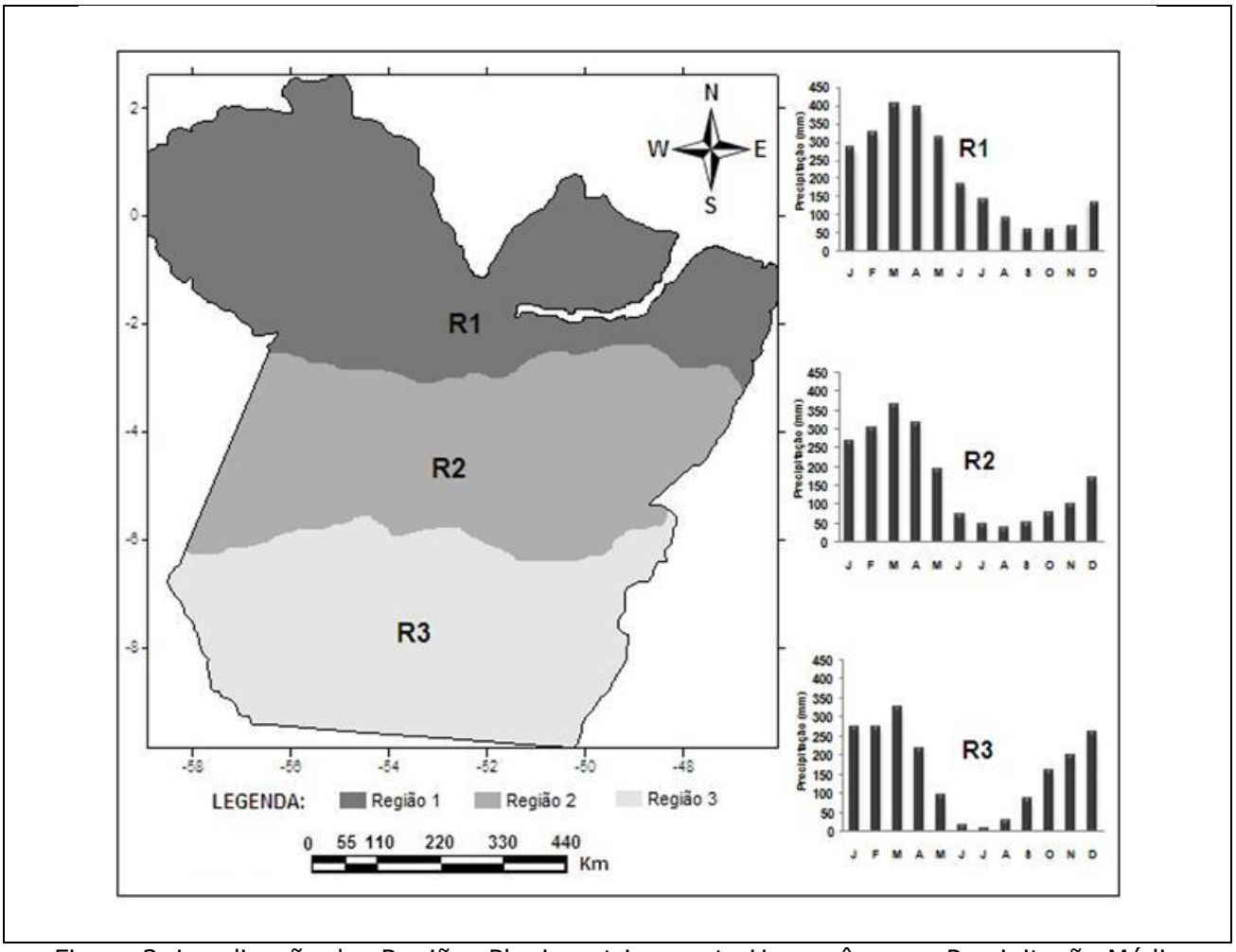


Figura 3. Localização das Regiões Pluviometricamente Homogêneas e Precipitação Média Mensal.

Na região R3 março foi o mês que concentrou as maiores precipitações (320 mm), assim como nas regiões R1 e R2, e o mês com as menores precipitações foi junho com média mensal abaixo dos 10 mm. Nesta região, janeiro, fevereiro e março, representa o período chuvoso, e de junho a agosto o mais seco. Observou-se que nas três regiões definidas, o mês de março apresentou-se como o mais chuvoso, este resultado não difere do encontrado por Amanajás e Braga (2012), ao analisarem os padrões climáticos na Amazônia oriental.

Para as três regiões observa-se que possuem marcha sazonal, com aumento da precipitação a partir de dezembro e fim da estação chuvosa em maio, com picos em março, a precipitação decresce significativamente nos meses adjacentes, com um período seco que vai de junho a Novembro, isto ocorre segundo Ribeiro; et al. (1996), porque nesse período a região sofre influência da migração sazonal da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT.

A Região R3 compreende as Microrregiões do Sudoeste e Sudeste Paraense. É a região com o menor volume pluviométrico, com precipitação média anual de 1955,64 mm. A região R2 possui total anual médio de precipitação de 2450,84 mm. A região R1 compreende parte do Nordeste Paraense esta região apresenta a maior amplitude pluviométrica entre o trimestre mais chuvoso (fevereiro a abril) e o menos chuvoso (setembro a novembro). É a porção mais chuvosa do Estado, com total anual em torno de 2750,98 mm. Quando ZCIT desloca-se para o Hemisfério Norte, nos meses de junho, julho e agosto, as regiões Sul, Sudeste e Sudoeste (região R3), do estado apresentam os menores valores de precipitação.

A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS é observada no inicio do período chuvoso das zonas R2 e R3, deslocando o mês menos chuvoso de outubro para junho, este modo de precipitação não foi detalhado no dendrograma uma vez que o grau de

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

significância adotado nesta analise, não destacou a ZCAS, observando-se apenas a sua influência na distribuição mensal da precipitação durante os meses de estiagem.

4. CONCLUSÕES

A análise climática do estado do Pará, através da análise multivariada, mostrou-se interessante neste estudo, pois através dela foi possível identificar estações meteorológicas cujos padrões do comportamento da precipitação pluvial foram semelhantes. A análise hierárquica de agrupamento dividiu a região em três grupos homogêneos em relação à variabilidade pluviométrica, apresentando boa coerência espacial com as áreas de atuação dos principais sistemas geradores de chuva na região.

O agrupamento das estações pluviométricas mostrou-se importante na tentativa de entender como está distribuída a precipitação no território do estado do Pará, pois uma área tão extensa não apresenta uma característica única em sua distribuição. Embora a distribuição das estações, contendo séries de precipitações mensais com 30 anos, não tenha sido uniforme em todo o Estado, foi possível encontrar uma estratificação adequada da distribuição da precipitação, que representa uma contribuição importante para os trabalhos que estão sendo desenvolvidos, e contribuir para o estudo da climatologia do estado do Pará através de uma nova classificação climática.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Pará – FAPESPA pelo financiamento da pesquisa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUJA, Sangeeta; DHANYA, C. T. Regionalization of Rainfall Using RCDA Cluster Ensemble Algorithm in India. **Journal of Software Engineering and Applications**, 2012, 5, 568-573.

AMANAJÁS, Jonathan Castro; BRAGA, Célia Campos. Padrões Espaço-temporal Pluviométricos na Amazônia Oriental Utilizando Análise Multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.4, 423 - 434, 2012.

CHEN Li-Juan; CHEN De-Liang; WANG Hui-Jun and YAN Jing-Hui. Regionalization of Precipitation Regimes in China. **Atmospheric and Oceanic Science Letters**, 2009, Vol. 2, n. 5, 301 – 307.

FISCH, G; MARENGO, J. A; NOBRE, C. A. Uma Revisão Geral sobre o Clima da Amazônia**. Acta Amazônica**, Vol. 28 (2): 101 – 126, 1998.

FIGUEROA, S. N; NOBRE, C.A. Precipitations Distribution Over Central and Western Tropical South American. **Climanalise**, Vol.5, n. 6, p. 36 - 48, 1990.

LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação**, n. 4, p. 18 – 36, 2009.

MARENGO, J. A. Interdecadal variability and Trends of Rainfall Across the Amazon Basin. **Theoretical and Applied Climatology**, Vol. 78, p. 79 – 96, 2004.

MORAES, B. C; et al. Variação Espacial e Temporal da Precipitação no Estado do Pará. **Acta Amazônica**, Vol. 35 (2): 207 – 214, 2005.

Organización Meteorológica Mundial - OMM. **Guia de Prácticas Hidrológicas. Aquisicion y Processo de Dados. 4ª edição**, N° 168. Genebra, 1984.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

RAZIEI, T; BORDI, I. and PEREIRA, L. S. A precipitation-based Regionalization for Western Iran and Regional Drought Variability. **Hydrology and Earth System Sciences**. 12, 1309–1321, 2008.

RAZIEI, T; BORDI, I and PEREIRA, L. S. A Precipitation-based Regionalization for Western Iran and Regional Drought Variability. **Hydrology and Earth System Sciences**. 12, 1309–1321, 2008.

RIBEIRO, A; et al. Análise do Regime Pluviométrico da Região Amazônica a partir de Dados de Onze Localidades. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Vol. 11, p. 25 – 35, 1996.

SOUZA, José Leonardo; et al. Agrupamento de Estações Pluviométricas do Estado de Alagoas, Utilizando Análise Multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**; 1992; Vol. 7(2), 603-612

TURKES, Murat and TATLI, Hasan. Use of the Spectral Clustering to Determine Coherent Precipitation Regions in Turkey for the Period 1929–2007. **International Journal of Climatology**. 31: 2055–2067 (2011).

Texto submetido à RBClima na data de 25/02/2015