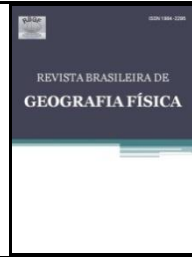




ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Variabilidade da Precipitação no Estado do Pará por meio de Análise em Componentes Principais

Sérgio Rodrigo Quadros Dos Santos¹, Célia Campos Braga², Thamiris Luiza de Oliveira Brandão Campos³, José Ivaldo Barbosa de Brito⁴ e Ana Paula Paes dos Santos⁵

¹Doutorando, Programa de Pós- Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Avenida dos Astronautas - Jardim da Granja- CEP: 12227-010, São José dos Campos, SP – Brasil. sergiosanantos@yahoo.com.br

²Professora Associada, Programa de Graduação e Pós Graduação Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – CEP: 58429-140, Campina Grande, PB Brasil. celia.braga@dca.ufcg.edu.br

³Doutoranda, Programa de Pós- Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Avenida dos Astronautas - Jardim da Granja- CEP: 12227-010, São José dos Campos, SP – Brasil. thamiris_brandao@yahoo.com.br

⁴Professor Adjunto, Programa de Graduação e Pós Graduação Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – CEP: 58429-140, Campina Grande, PB Brasil. ivaldo@dca.ufcg.edu.br

⁵Doutoranda, Programa de Pós- Graduação em Ciencia Do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Avenida dos Astronautas - Jardim da Granja- CEP: 12227-010, São José dos Campos, SP – Brasil. ana.santos@inpe.br

Artigo recebido em 25/03/2014 e aceito em 04/08/2014

RESUMO

O método da Análise Fatorial em Componentes Principais e dos Agrupamentos Hierárquicos foram utilizados para determinar os padrões principais de variabilidade temporal e espacial, assim como identificação dos grupos homogêneos, da precipitação no Estado do Pará. Para isso utilizaram-se dados mensais de 72 postos pluviométricos distribuídos no Estado do Pará. As três primeiras Componentes Principais explicaram 92,91% da variância total dos dados mensais de precipitação. O Primeiro padrão espacial definiu áreas de chuva que são influenciadas pela atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O segundo padrão espacial está associado a sistemas transientes ou até mesmo da Zona de Convergência do Atlântico Sul que favorecem as chuvas na região no final da primavera e no início do verão austral. Já o terceiro padrão espacial evidencia a influência da atuação da ZCIT, das linhas de instabilidade e da convecção local. Identificaram-se e caracterizaram-se três regiões homogêneas (RH-1, RH-2 e RH-3) em relação à variabilidade sazonal de precipitação no Estado do Pará. A RH-1 ocupa as porções noroeste-nordeste do Estado com maior volume pluviométrico, a RH-2 está situada na região central do Pará e a RH-3 localizada no sudoeste-sudeste do Estado com menor índice pluviométrico.

Palavras-chave: Pará, Precipitação, Análise em Componentes Principais (ACP)

Variability of Rainfall in the State of Pará through Principal Component Analysis

ABSTRACT

The methods of the Principal Component Factor Analysis and the Hierarchical Cluster were used to determine the mains patterns of temporal and spatial variability, as well as to identify homogeneous groups, of rainfall in the State of Pará. For this the data for 72 rainfall posts were used, where were distributed in the State of Pará. The first three Principal Component explained 92.91% of the total variance of monthly rainfall data. The first spatial pattern defined rainfall areas that are influenced by the influence of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). The second spatial pattern is associated with transient systems or even South Atlantic Convergence Zone (SACZ) that favors rainfall in the region in the late spring and early summer austral. The third spatial pattern shows the influence by ITCZ activity, squall lines and local convection. This study identified and characterized three homogeneous regions (HR-1, HR-2 and HR-3) in relation to the seasonal variability of precipitation in the State of Pará. The RH-1 occupies the northwest and northeast portions of the state with the largest volume rainfall , the RH- 2 is located in the central region of Pará and RH- 3 located in the southwest - southeast of the state with lower rainfall.

Keywords: Pará, Precipitation, Principal Components Analysis (PCA)

Introdução

A região Amazônica é caracterizada por um clima quente e úmido, onde os gradientes de temperaturas são muito pequenos, há muita nebulosidade e bastante precipitação convectiva, ocorrendo durante todo ano uma grande incidência dos raios solares. A umidade presente, embora com valores altos, sofre variações acentuadas (Ananias et al., 2010).

Os Sistemas Meteorológicos e Mecanismos de Interações Oceano-Atmosfera que influenciam na variabilidade da precipitação na Região Amazônica vão desde a escala anual a local. Exemplos são os fenômenos ENOS (El Niño Oscilação Sul), Oscilação Madden-Julian (OMJ), Padrão de Dipolo no Oceano Atlântico (PDO), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Ondas de Leste, Linhas de Instabilidade (LI), Brisa Marítima/Terrestre, que de acordo com a atividade agem ora acelerando ora enfraquecendo o desenvolvimento das nuvens, e conseqüentemente a quantidade de chuva.

O Estado do Pará está localizada na região Amazônica, sofrendo desta forma influencia dos sistemas meteorológicos e mecanismos de interação oceano-atmosfera mencionados anteriormente. Ressalta-se que o Estado do Pará se destaca na região amazônica, não apenas por suas riquezas naturais mas, sobretudo pela economia em progressivo crescimento.

Diversos estudos já realizados permitiram que a comunidade científica compreendesse que a característica intrínseca do clima da Amazônia é a presença de um amplo espectro de variações no tempo e espaço da atividade convectiva tropical e da precipitação (Souza *et al.*, 2009). Assim, o estudo da distribuição das chuvas, sua quantificação e monitoramento têm sido motivos de inúmeras pesquisas. Todavia, ao longo dos últimos anos tem se buscado novas técnicas, com diferentes finalidades que possibilitam caracterizar regimes de precipitação.

A técnica de análise de agrupamentos em Componentes Principais (ACP) permite trabalhar com amostras que envolvem um grande número de variáveis, reduzindo ao máximo o volume total do número de variáveis iniciais, com perda mínima das informações. Estas técnicas têm grande vantagem sobre as demais técnicas estatísticas aplicadas a estudos realizados na região, pois permite determinar padrões espaciais e temporais consistentes e detalhados. (Ceballos & Braga, 1995; Gong & Richman, 1995; Wilks, 2006; Grimm 2011; Amajnas & Braga 2012).

Estudos mais detalhados da variabilidade da precipitação em uma dada região são fundamentais para o planejamento de suas atividades. Desta forma, o objetivo do trabalho foi analisar o comportamento espaço-temporal da precipitação sobre o Estado do Pará e determina regiões homogêneas de

precipitação utilizando a técnica de análise de agrupamentos em Componentes Principais (ACP). Tendo em vista que essa técnica tem apresentado resultados promissores na regionalização das características locais da precipitação.

Materiais e Métodos

A Figura 1 mostra a localização da área em estudo, a qual abrange o Estado do Pará (Figura 1). Foram utilizadas séries mensais de precipitação de 72 estações meteorológicas distribuídas no estado do Pará para o período de 32 anos (1980-2011). Esses dados foram obtidos pelo site da Agencia Nacional das águas (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Salienta-se que algumas áreas do noroeste e sul do Pará, onde há topografia relativamente acentuada, condições de difícil acesso e/ou com reservas indígenas, a densidade de estações é relativamente mais baixa.

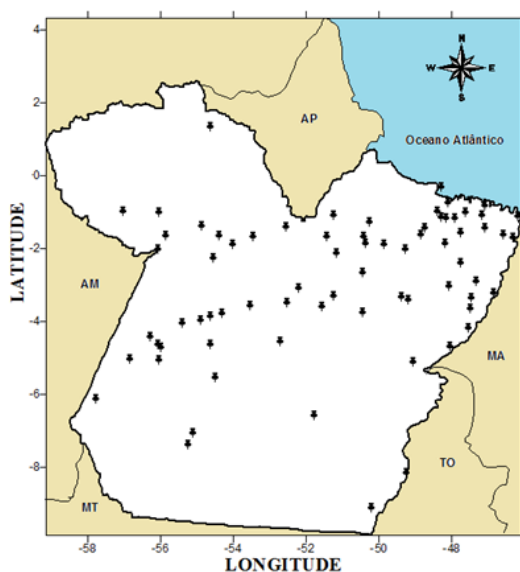


Figura 1. Espacialização das estações meteorológicas no estado do Pará.

Análise fatorial em componentes principais é um método estatístico, usado em estudos meteorológicos, para reduzir o número de variáveis originais relacionadas entre si em um pequeno número de novas variáveis linearmente correlacionadas que explicam a maior parte da variância total (Bonaccorso *et al.*, 2003). Consiste na análise de uma matriz de variância/covariância, que contém a variância de um conjunto de dados na sua diagonal principal e a covariância entre esses dados nos outros pontos.

Em n observações de uma matriz existem m variáveis, então a matriz de dados normalizada (com média zero e variância um) de precipitação pluvial mensal é apresentada como $m \times n$, e designada por $\mathbf{Z}$, a partir da qual é obtida a matriz de correlação $\mathbf{R}$ dada por:

$$\mathbf{R} = \frac{1}{n-1}(\mathbf{Z})(\mathbf{Z})^t \quad (1.1)$$

em que, $(\mathbf{Z})^t$ é a matriz transposta de $\mathbf{Z}$.

Sendo $\mathbf{R}$ uma matriz simétrica positiva de dimensão $(k \times k)$, ela é diagonalizável por uma matriz $\mathbf{A}$, de mudança de base, denominada de autovetores. Logo:

$$\mathbf{D} = \mathbf{A}^{-1}.\mathbf{R}.\mathbf{A} \quad (1.2)$$

$\mathbf{D}$ é a matriz diagonal, cujos elementos λ_i são os autovalores de a_{ji} . Pela ortogonalidade dos autovetores, a inversa de $\mathbf{A}$ ($\mathbf{A}^{-1}$) é igual a sua transposta ($\mathbf{A}^t$). Logo, as CPs (Componentes Principais) $U_1, U_2, \dots, U_p$ são obtidas por combinações lineares entre a

transposta dos autovetores (A^t) e a matriz de observações (X) padronizada, ou seja:

$$U = A^t X \quad (1.3)$$

$$X = A U \quad (1.4)$$

Cada linha de U corresponde a uma CP que formam as séries temporais associadas aos autovalores. Os valores de X do n ésimo local podem ser calculados por:

$$X_i = a_{j1}U_1 + a_{j2}U_2 + \dots + a_{jk}U_k + a_{jp}U_p \quad (1.5)$$

A solução desta equação é única. Esta solução considera a variação total presente no conjunto das variáveis iniciais, onde a CP1 explica o máximo possível da variância dos dados iniciais, enquanto a CP2 explica o máximo possível da variância ainda não explicada e assim por diante, até a última CPm que contribui com a menor parcela de explicação da variância total dos dados iniciais (Pandzic, 1988; Wilks, 2006)

Existem vários tipos de ACP utilizados para analisar a variável observada. Neste estudo foi utilizado o modo T (T- mode factor analysis), que em síntese é utilizado quando se busca obter a evolução dos principais modos dominantes de circulação, permitindo assim analisar a trajetória e comportamento dos sistemas sinóticos sobre determinadas áreas (Richman, 1983; Amanajas & Braga, 2012). Desta forma na matriz de dados às colunas representam os meses do ano e as linhas são as estações pluviométricas.

A classificação das regiões homogêneas foi feita a partir do método de agrupamento

hierárquica, proposto por Ward (1963) por ele apresentar melhor coerência espacial. Para medir a semelhança das estações empregou-se a função de agrupamento denominada de distância euclidiana quadrada (Wilks, 2006). O agrupamento foi feito nos escores espaciais das três componentes principais da precipitação que explicaram 92,91% da variância total dos dados mensais de chuva. A vantagem de agrupar os escores reside no fato de que a Análise em Componentes Principais (ACP) permite reduzir o número de dados da dimensão da matriz, perdendo o mínimo possível de informações dos dados originais, ao mesmo tempo em que, a máxima variância pode ser explicada pela classificação em ordem decrescente dos autovetores associados aos maiores autovalores da matriz de correlação, ou seja, pelo um número reduzido de autovetores (Richman, 1986). No método hierárquico a partição dos grupos se dá a partir de um número mínimo de grupos não definidos inicialmente. A união de dois grupos numa determinada etapa, produz um dos agrupamentos da etapa superior, o que caracteriza o processo hierárquico.

Resultados e Discussão

Variabilidade dos Totais Médios Anuais da Precipitação no Estado do Pará.

A distribuição espacial e temporal da precipitação na região Amazônica tem sido objeto de diversos estudos tais como: Figueroa & Nobre 1990; Marengo, 1995;

Souza & Ambrizzi 2003; Amanajas & Braga 2012; Lopes et al, 2013, os quais têm mostrado o caráter relevante da precipitação na região, pois eventualmente a mesma pode influenciar no comportamento de outras variáveis atmosféricas, assim como de desempenhar um papel fundamental no tempo e clima de diversas regiões ao redor do globo (Fisch & Marengo 1998).

O Estado do Pará está inserido na Região Amazônica e apresenta grande dimensão territorial, cerca de 1.247.950 km² (censo IBGE 2010). A variabilidade espaço-temporal das chuvas na região sofre influencias dos efeitos local, dos sistemas de meso e de grande escala tais como, aglomerados convectivos, Linhas de Instabilidades, sistemas meteorológicos

transientes (cavados quase-estacionários), Zona de Convergência intertropical e Zona de Convergência do Atlântico Sul (Cohen, 1989; Quadro *et al.*, 1994; Coelho *et al.*, 2004; Ferreira, 2008). Assim, a atuação desses diferentes sistemas meteorológicos em diferentes escalas de tempo, resulta em uma distribuição pluviométrica elevada, porém não homogênea. A Figura 2 mostra a variabilidade espacial dos totais médios anuais das chuvas no Pará no período estudado (1980-2011). Os maiores volumes (superiores a 2.000mm) encontram-se no nordeste e em uma porção do noroeste do Estado, e os menores (inferiores a 1500 mm) em pequeno núcleo no extremo sudeste do estado.

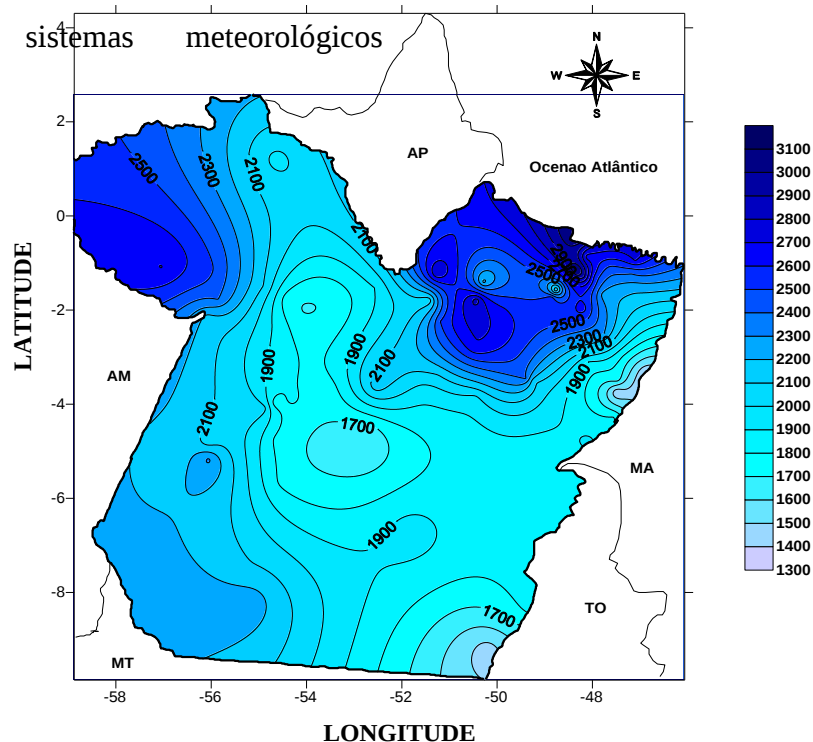


Figura 2. Espacialização dos totais médios anuais (1980-2011) pluviométricos (mm) no estado do Pará.

Padrões de Variabilidade Espacial e Temporal da Precipitação no Estado do Pará.

A análise fatorial em componentes principais rotacionada aplicada aos dados médios mensais da precipitação no Estado do Pará, produziram três padrões principais que explicaram 92,91% da variância total dos dados. Os três primeiros padrões foram selecionados segundo o critério de truncamento de Kaiser, que considera apenas autovalores maiores que a unidade (Bezerra, 2007). Na Tabela 1 constam as CP's valores próprios da variância explicada e acumulada

para os fatores comuns não rotacionados e rotacionados dos dados médios mensais da precipitação. Os fatores rotacionados representam melhor a distribuição da chuva nos eixos, facilitando assim a interpretação dos resultados. Observa-se ainda que a variância explicada pelas três componentes é muito próxima. Isto significa que as chuvas produzidas e suas respectivas variabilidades entre as componentes estão muito próximas

Tabela 1. Valores Próprios, Variância Explicada (%) e Inércia Acumulada (%) da precipitação mensal.

CP	Cargas não rotacionadas			Cargas Rotacionadas		
	Valor Próprio	Inércia Explicada	Inércia Acumulada	Valor Próprio	Inércia Explicada	Inércia Acumulada
1	5,78	48,20	48,20	4,23	35,26	35,26
2	3,36	28,01	76,21	3,56	29,66	64,93
3	2,00	16,71	92,91	3,36	27,99	92,91
4	0,28	2,34	95,26			
....						
12	0,01	0,12	100			

Os três primeiros fatores comuns estão mostrados na Figura 3. O primeiro fator comum (escore) explica 35,26% da variância total dos dados, apresentou correlações positivas superiores a 0,8 nos meses de maio a agosto. O segundo fator comum, que explica 29,66% da variância dos dados, apresenta

correlações superiores a 0,8 nos meses de setembro a dezembro. As maiores correlações do terceiro fator comum explicaram 27,99% da variância dos dados, observadas nos meses de janeiro a abril e são superiores a 0,8.

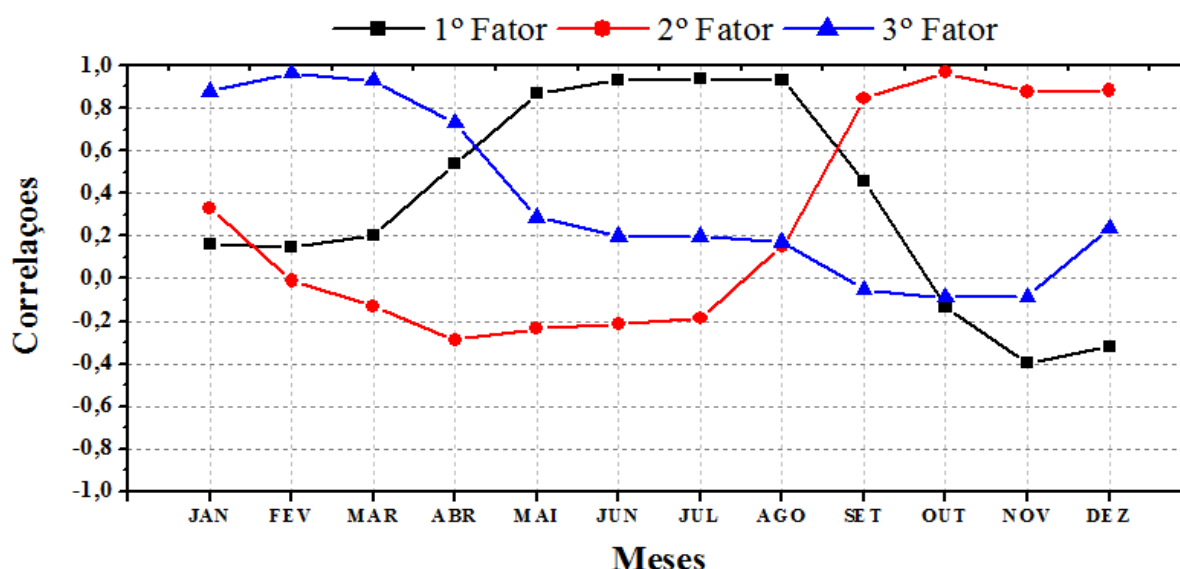


Figura 3. Correlações temporais do primeiro fator (linha preta), do segundo fator (linha vermelha) e do terceiro fator (linha azul).

A configuração espacial do primeiro fator mostrou um contraste entre as regiões norte e sul do Estado com contribuições superiores a 0,5 na parte norte e inferiores a -0,5 na diagonal leste-sudoeste até o sul do Pará (Figura 4.a). Este primeiro padrão se assemelha com o padrão climatológico do Estado observado na Figura 2.

O padrão de precipitação do primeiro fator está associado às chuvas provenientes de diferentes sistemas atmosféricos que atuam na região norte nos meses de maio a agosto, por exemplo, as LIs que se propagam continente adentro, com máximas atuações em julho ou as circulações monçônicas de Nordeste (alísios) (Cohen *et al.*, 1989; Zhou & Lau, 1998). O estudo de Lopes *et al.*, (2013) mostrou que os alísios constituem uma forçante dinâmica que favorece em grande parte a formação de aglomerados convectivos no outono austral dando origem a precipitação abundante sobre o Estado do Pará.

Identificaram ainda que a Alta da Bolívia quando se desloca mais ao Norte, aproximando-se do Pará, tende a organizar e intensificar a precipitação no Estado do Pará. Por outro lado, o deslocamento sazonal da ZCIT em direção ao Hemisfério Norte, junto com a atuação do ramo descende da circulação de Hadley, inibe a formação de nebulosidade principalmente no setor sul do Estado do Pará, o que explica as contribuições negativas da chuva na porção sul do estado. (Rocha *et al.*, 1989; Molion & Bernardo, 2002; Ferreira *et al.*, 2005).

O padrão da configuração espacial do segundo fator mostra contribuições superiores a 1,5 no extremo sudoeste e menores que -0,5 na parte central/norte (Figura 4.b). No final da primavera e início do verão, o sul do Estado sofre influencias de sistemas transientes ou mesmo da ZCAS, provocando altos valores de precipitação, principalmente no sudoeste paraense em virtude da orientação Noroeste/Sudeste da ZCAS e, também, pela

convecção organizada pela Alta da Bolívia, que começa a surgir em decorrência do aquecimento no altiplano boliviano (Figuerola & Nobre, 1990; Coelho, *et al.*, 1999; Souza & Ambrizzi, 2003; Lopes, *et al.*, 2013). Na escala local as brisas fluviais são os principais sistemas precipitantes da região, explicando desde forma os núcleos de precipitações positivas a noroeste e nordeste do Pará (Santos, *et al.*, 2012).

Finalmente, o padrão espacial do terceiro fator comum apresenta contribuições positivas superiores a 1, na região costeira e central do nordeste do Estado. Nas demais regiões as contribuições são negativas, com exceção de um pequeno núcleo no sudoeste com contribuição da ordem de 0,5 (Figura 4.c). Nesta região costeira, nos meses de janeiro a abril, as chuvas estão relacionadas com o deslocamento norte-sul da ZCIT sobre o Atlântico, que durando os meses de março a abril está posicionada em torno de 4° S (Molion & Bernardo, 2002). Diversos estudos mostram que a ZCIT é o principal sistema precipitante de grande escala que atua no norte do Brasil entre os meses de fevereiro a maio (Xavier *et al.*, 2000; Souza *et al.*, 2004; Ferreira, 2008).

Observa-se ainda, na Figura 4.c, dois núcleos de precipitação bem definidos, um na porção central do nordeste e outro no sudoeste do Estado. A presença desses núcleos se dá por dois fatores: a convecção tropical e a atuação de linhas de instabilidade. A convecção é responsável pela formação de

aglomerados convectivos de mesoescala, ocasionando assim o surgimento desses núcleos de precipitação. As LI's que, frequentemente, se formam na região costeira pelo o período da tarde, devido à circulação de brisa, se deslocam basicamente de leste para oeste. Porém durante a noite, sem a presença do sol, a perturbação perde a força, se intensificando novamente no dia seguinte (Cohen, *et al.*, 1989; Fisch, *et al.*, 1998; Cohen *et al.*, 1995). Isto pode justificar a existência do núcleo negativo de precipitação na porção noroeste do estado.

Regiões Homogêneas de Precipitação

O Estado do Pará foi delimitado em três Regiões homogêneas de precipitação (RH) segundo método de agrupamento de Ward (Figura 5). A RH-1 ocupa os setores noroeste e nordeste do Estado, é composta por 31 estações, tem os maiores volume pluviométrico superiores a 2300 mm/ano, sendo o mês de março o mais chuvoso (370 mm) e agosto o menos chuvoso (50 mm).

O regime pluviométrico dessa região é influenciado pela atuação e deslocamento norte-sul da ZCIT, assim como pela influência das Linhas de instabilidades formadas na região costeira do estado (COHEN, 1989; COELHO *et al.*, 2004), pelas circulações monçônicas de Nordeste (alísios) e pelo deslocamento da Alta da Bolívia, conforme observado na Figura 4.a.

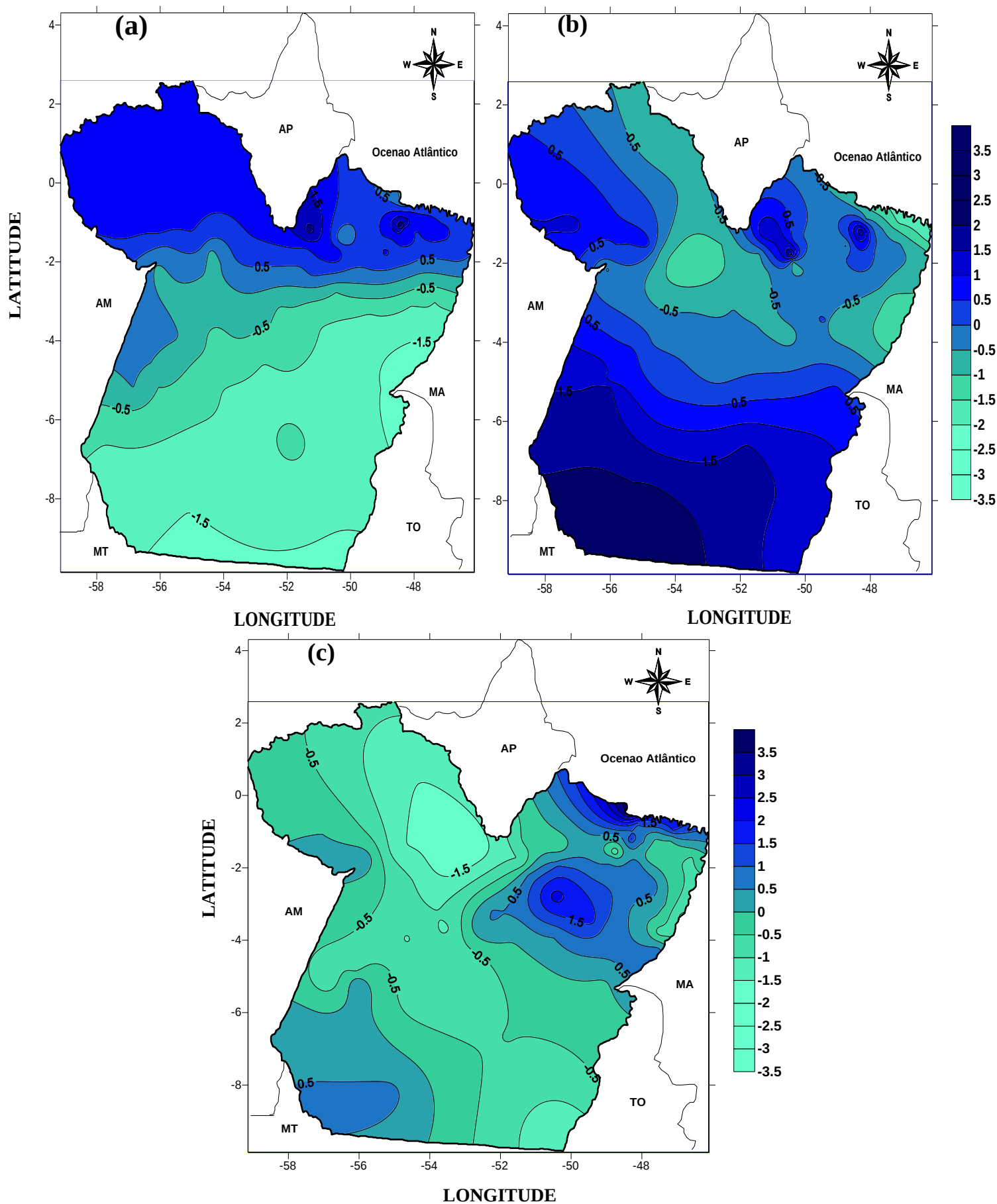


Figura 4. Padrão espacial associado ao Primeiro (a), Segundo (b) e Terceiro (c) fator comum (escore) no Estado do Pará.

A RH-2 situada na região central do Pará é constituída por 31 estações pluviométricas, apresenta totais médios anuais da precipitação em torno de 2090 mm, tem o seu mês mais chuvoso em março (370 mm) e o mês menos chuvoso em agosto (40 mm). A convecção local, ZCAS e Sistemas Frontais são os principais mecanismos precipitantes nessa região (COELHO, 1999; SOUZA & AMBRIZZI, 2003). A RH-3 ocupa o setor sudoeste-sudeste do estado composto por 10 estações pluviométricas, com totais médios anuais de precipitação variando em torno de 1900mm. Os mínimos valores de precipitação (20 mm) ocorrem em julho e máximo valor de chuva (320 mm) ocorre em março. Estudos climatológicos apontam que as chuvas desta região estão sujeitas a influencias dos Sistemas frontais juntamente com a convecção local (MARENGO *et al.*, 1997). Os resultados aqui encontrados se assemelham com os obtidos por Amanajás e Braga (2012).

Conclusão

A aplicação das técnicas da análise fatorial em componentes e agrupamentos, aos dados de chuva permitiu extrair informações espaciais e temporais importantes, sobre a variabilidade da precipitação no Estado do Pará. A metodologia utilizada possibilitou entender melhor os mecanismos físicos responsáveis pela maior parte dos padrões de variabilidade de chuva.

No que diz respeito à variabilidade média mensal da precipitação, ACP mostrou três fatores comuns espaciais que explicaram 92,91% da variância total dos dados mensais e possibilitaram compreender melhor os mecanismos físicos geradores de chuva na região.

Análise espacial das correlações e séries temporais obtidas por meio da ACP identificou padrões espaciais associados aos eventos de chuva abaixo e/ou acima da média na região. Uma CP retida foi o suficiente para constatar a existência e influencia dos anos extremos de chuva, assim como identificar espacialmente as regiões com maiores ou menores índices de chuva.

O método aglomerativo de Ward aplicados aos fatores comuns espaciais e temporais classificou a Estado do Pará em três regiões homogêneas com regime pluviométrico bem definido. RH-1 situada norte, seu regime pluviométrico influenciado principalmente pelo deslocamento norte-sul da ZCIT; RH-2 localizada na parte central do Estado com chuvas provenientes da convecção local e da ZCAS e por ultimo o RH-3 que ocupa a porção sul do Estado com chuvas sujeitas a influencias dos Sistemas frontais e da convecção local.

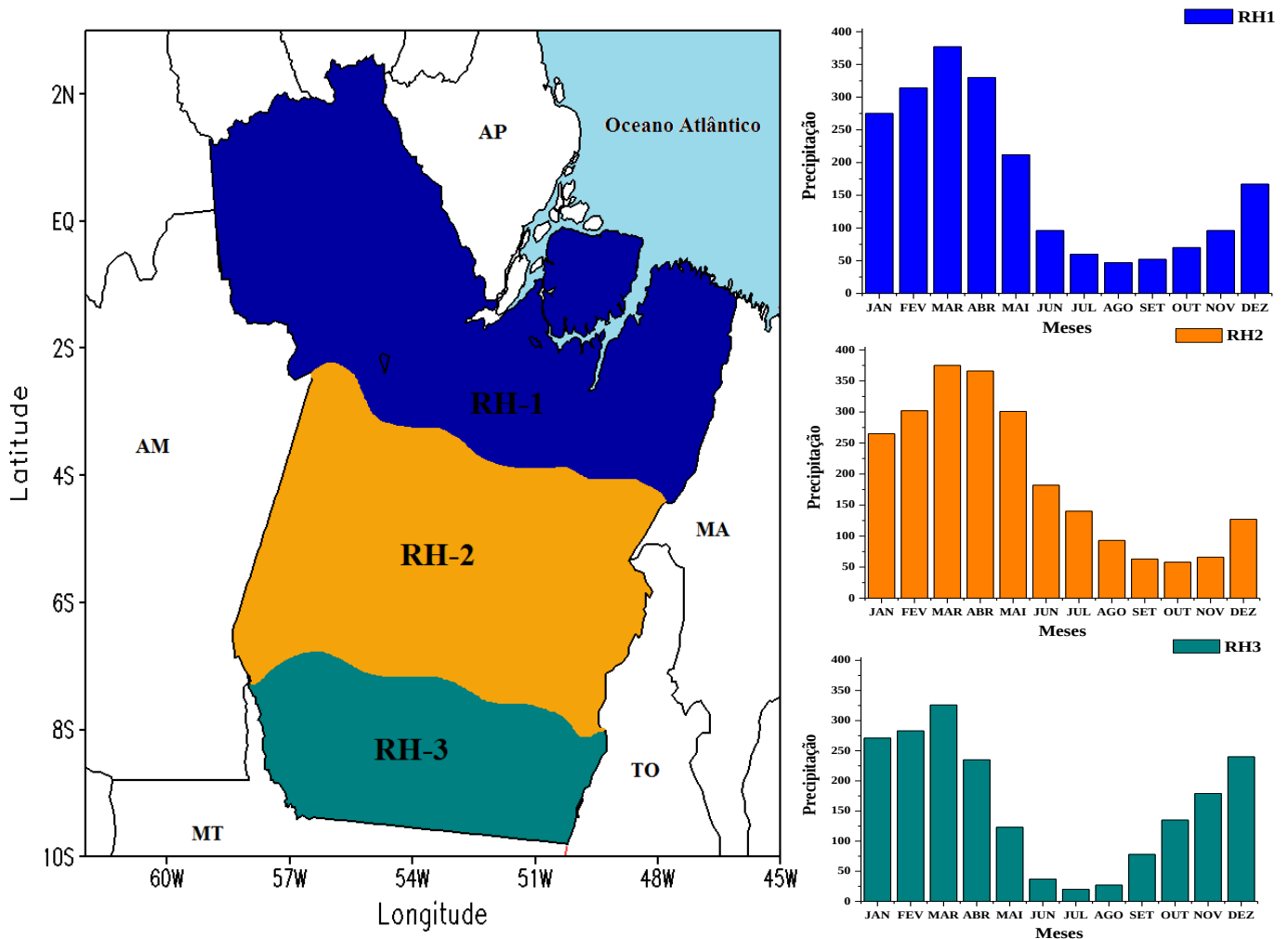


Figura 5. Regiões homogêneas em relação à variabilidade espacial da precipitação, obtidas a partir da análise de agrupamentos dos escores espaciais (Figura à esquerda) e Histogramas da variabilidade temporal da chuva em cada região homogênea do estado Pará (Figura à direita).

Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande pela concessão de bolsa de mestrado do CNPq e juntamente com os demais autores, agradecemos ao INMET e ANA pelos dados cedidos.

Referências

- Amanajás, J. C.; Braga, C. C. 2012. Padrões espaço-temporal Pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando Análise Multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.27, n.4, 323 – 338.
- Ananias, D, S; Souza, E. B; Souza, P. F; Souza, A. M. L; Vitorino, M. I; Teixeira, G. M.; Douglas Batista Da Silva Ferreira, D. B. S. 2010. Climatologia da Estrutura Vertical da Atmosfera em Novembro para Belém-PA. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.2, 218 – 226.

Bezerra, F. A. 2007. Análise Fatorial. In: Corrar, L. J.; Paulo, E.; Dias Filho, J.

M(Org.). *Análise Multivariada*. São Paulo, Atlas, 541p.

Bonaccorso, B.; Bordi, I.; Cancelliere, A.; Rossi, A.; Sutera, A. (2003) Spatial variability of drought an analysis of the SPI in Sicily. Kluwer Academic Publishers. Water Resources Management, Netherlands, v. 17, p. 273-296.

Climate Prediction Center/National Oceanic and Atmospheric Administration-CPC/NOAA. Disponível em <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis/lanina/>. Consultado em 29 de abril de 2012.

Coelho, M. S.; Gan, M. A.; Conforte, J. C. 2004. Estudo da variabilidade da posição e da nebulosidade associada à ZCIT do Atlântico, durante a estação chuvosa de 1998 e 1999 no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 19, n. 1, p. 23-34.

Coelho, C. A. S.; Drumond, A. R. M.; Ambrizzi, T. 1999. Estudo climatológico sazonal da precipitação sobre o Brasil em episódio extremo da Oscilação Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.14, n.1, p.49-65. CEBALLOS, J. C.; BRAGA, C. C. (1995). Missing Data Assessment in a Solarimetric Network. *Int. J. Climatol.*, 15:325-340.

Cohen, J. C. P.; Silva Dias, M. A. F; Nobre C. A. 1995. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. *Monthly Weather Review*, Boston, 123:3163-3174.

Cohen, J. C. P.; Dias, M. A. F. S.; Nobre, C. A. 1989. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. *Climanálise – Boletim do Monitoramento e Análise Climática*, v. 4, n.11,p. 34 – 40.

Ferreira, D. B. S. F. 2008. Eventos Extremos da Zona de Convergência Intertropical sobre o Atlântico durante o Período Chuvoso da Amazônia Oriental. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém.

Ferreira, N. S; Alves J. M. B; Souza, E. B. 2005. Um procedimento numérico para localização do eixo central da Zona de Convergência Intertropical no Atlântico Tropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 20, n. 2, p. 159-164.

Figueroa, S. N.; Nobre, C. A. 1990. Precipitation distribution over central and western tropical South America. *Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, v.5, p.36-45.

Fisch, G.; Marengo, J.; Nobre, C. 1998. Uma revisão Geral Sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazonica*, v. 28(2), p. 101-126.

Gong, X; Richman, M. B. 1995. On the application of Cluster to Growing Season Precipitation Data in North America East of the Rockies. *American Meteorological Society*, abril.

Grimm, A. M. 2011. Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25(4):537-554.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Portal Cidades. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Consultado em: 13 de janeiro de 2013.

Lopes, M. N. G. ;Souza, E.B. ; Ferreira, D. B. S. 2013. Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 12, p. 84-102.

Marengo, J. A.; Hastenrath, S. 1993. Case studies of climatic events in Amazon basin. *Journal of Climate*, v.6, n.4, p.617-627.

Molion, L. C. B.; Bernardo, S. O. 2002. Uma Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 17(1):1-10.

Pandzic, K. 1988. Principal component analysis of precipitation in the Adriatic-

Pannonian área of Yugoslavia. *Journal of Climatology*, 8:357-370.

Quadro, M. F. L. 1994. Estudo de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. 1994, 123f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São Paulo

Richman, M. B. 1986. Rotation of principal components. *Journal of Climatology*, 6:293-335.

Richman, M. 1983. Specification of complex modes of circulation with T-mode factor analysis. In: II International Conference on Statistics and Climate, 1983, Lisbon. *Anais, National Institute of Meteorology and Geophysics*, p. 511-518.

Rocha, H. R.; Nobre, C. A.; Barros, M. C. 1989. Variabilidade natural de longo prazo no ciclo hidrológico da Amazônia. *Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, v.4, n.12, p.36-42.

Santos, S. R. Q. ; Vitorino, M. I. ; Braga, C. C. ; Campos, T. L. O. B. ; Santos, A. P. P. 2012. O Efeito de Brisas Marítimas na Cidade de Belém-PA: Utilizando análise em Multivariada. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 5, p. 1110-1120.

Souza; E. B.; Kayano, M. T.; Ambrizzi, T. 2004. The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.19, n.2, p.113-122.

Souza, E. B.; Ambrizzi, T. 2003. Pentad precipitation climatology over Brazil and the associated atmospheric mechanisms. *Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, v.1.

Souza, E.B. ; Lopes, M.N.G. ; Rocha, Ejp ; Souza, J.R.S. ; Cunha, A. ; Silva, R. ; Ferreira, D.B.S. ; Santos, D.M. ; Carmo, A.M.C ; Sousa, J.R.A. ; Guimaraes, P.L. ; Mota, M. A. ; Makino, M. ; Senna, R.C. ; Sousa, A.M.L. ; Mota, G. V. ; Kuhn, P.A.F. ; Souza, P.F.S. ; Vitorino, M.I. 2009. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. *Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso)*, v. 24, p. 111-124.

Xavier, T. Ma. B. S.; Xavier, A. F. S.; Dias, P. L. S.; Dias, M. A. F. S. 2000. A Zona de Convergência Intertropical - ZCIT e suas relações com a chuva no Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 15, n. 1, p. 27-43.

Wilks, D. S. 2006. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. 2ª Edition. California: Elsevier Science & Technology Books. Academic Press.

Ward, J. H. 1963. Hierarchical grouping of optimize na objective function. *Journal of American Statistical Association*, 58:236-244.