ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

O Efeito de Brisas Marítimas na Cidade de Belém-PA: Utilizando Análise em Multivariada

Sergio Rodrigo Quadros Dos Santos[1], Maria Isabel Vitorino[2], Célia Campos Braga[3], Thamiris Luiza de Oliveira Brandão Campos[4] e Ana Paula Paes dos Santos[5]

[1]Mestrando, Programa de Pós Gradução em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – CEP: 58429-140, Campina Grande, PB Brasil, sergiosanntos@yahoo.com.br; [2]Professora Adjunta, Programa de Graduação e Pós Graduação, Universidade Federal do Pará (UFPA). Av. Agusto Correia, 01 – Guamá – CEP: 66075-110, Belém, PA Brasil. vitorino@ufpa.br; [3]Professora 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@dca.ufcg.edu.br; [4]Mestranda, Programa de Pós Gradução em Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – ilha da cidade universitária– CEP: 21941-916, Rio de Janeiro, RJ Brasil, thamiris_brandao@yahoo.com.br; [5]Mestranda, Programa de Pós Gradução em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – CEP: 58429-140, Campina Grande, PB Brasil, paula.santos@cptec.inpe.br

Artigo recebido em 31/08/2012 e aceito em 17/12/2012

R E S U M O

Estudou-se o efeito da brisa marítima na cidade de Belém –PA através de dados de precipitação, intensidade e direção do vento horizontal, para os meses representativos dos períodos chuvoso (fevereiro, março e abril) e menos chuvoso (setembro, outubro e novembro) nos anos de 2005 e 2006. Neste trabalho a técnica de Análise em Componentes Principais (ACP) foi introduzida com o objetivo de explicar a estrutura de dependência entre a evolução sazonal da chuva com direção e intensidade do vento. Observou-se que a precipitação diária é mais regular na estação chuvosa quando comparada com a estação menos chuvosa. Com relação ao vento horizontal, notou-se que em ambos os anos e estações a intensidade do vento apresenta comportamento temporal semelhante.No caso da direção do vento, notou-se giro diário no vento local, em ambas estações, devido aos efeitos das circulações de brisa marítima e lacustre. A técnica de ACP permitiu evidenciar a relação de dependência da precipitação com o vento horizontal. Dessa maneira, podemos afirma que o máximo de precipitação observado esta relacionado ao giro horizontal o qual esta ligado a brisa marítima e lacustre.

Palavras-chave: Amazônia, Brisa maritima, ACP

The Effect of Sea Breeze Over Belém-PA: Using Multivariate Analysis

A B S T R A C T

The effect of the sea breeze in the city of Belém – Brazil is analyzed using rainfall data, horizontal wind intensity and direction to rainiest season (February, March and April) and driest season (September, October and November) in 2 years (2005 and 2006). To try explaining the dependence structure among the seasonal rain evolution with wind intensity and direction is used the Principal Components Analysis (PCA). In this paper has been observed that the daily precipitation rate is more frequent in the rainiest season than driest season. Regarding the horizontal wind, it has been noted that in both years (2005 and 2006) and seasons (rainiest and driest season) the wind intensity showed similar temporal behavior. In the case to wind direction has been noted a wind shift in all days over both season. It was due the effects of sea breeze and lake circulations. The technique ACP is highlighted the dependence of precipitation with horizontal wind. Thus, we can say that the maximum rainfall observed is related to horizontal wind shift.

Keywords: Amazon, sea breeze, PCA.

* E-mail para correspondência: sergiosanntos@yahoo.com.br (Santos, S. R. Q.).

1. Introdução

As brisas são circulações geradas basicamente por contrastes térmicos no ar situado sobre superfícies com características diferentes, em um mesmo nível de altitude. Apesar de serem chamadas circulações secundárias em relação à grande escala, são de grande importância para as áreas afetadas pela mesma, pois contribuem significativamente para o total de precipitação e para o transporte de poluentes (Baummbach e Vogt, 1999). Além do que, o efeito de brisa altera a temperatura, umidade e nebulosidade (Planchon et al., 2006).

Kousky (1980) mostrou que a penetração da brisa marítima no Norte e Nordeste do Brasil, em conjunto com as circulações de vale montanha, determinam os horários preferenciais de ocorrência da precipitação. O mesmo autor mostrou também que a variação sazonal na direção dos ventos alísios (em escala planetária) causa mudança na região de convergência com a brisa marítima, determinando a ocorrência de precipitação sobre o continente ou sobre o mar.

As brisas marítimas são responsáveis pela precipitação máxima ao longo da costa leste das Regiões Norte e Nordeste do Brasil. Esses máximos podem ser possivelmente explicados pelo fato. Esses máximos podem ser possivelmente explicados pelo fato da existência de uma região com predominância de movimentos ascendentes ao longo da costa, devido à convergência dos alísios, que sopram do mar para o continente durante o dia (brisa marítima) e do continente para o mar durante a noite (brisa terrestre) (Kousky, 1980; Lima, 2001).

Melo et. al (2011) utilizaram o Sistema Regional de Modelagem Atmosférica (RAMS), para simular as circulações de brisa no Estado da Paraíba. Os resultados mostraram que a brisa marítima atingiu o máximo de 2,5 m/s entre 17 e 18 h (Tempo local), concordando com estudos observacionais, enquanto que o extremo oeste de seu deslocamento é alcançado em torno das 24 h. A convecção pode contribuir ou não para a formação e manutenção da brisa marítima.

Desta forma, uma melhor compreensão da forma de atuação dos diversos fatores que contribuem para a formação e desenvolvimento dessas circulações é de extrema importância para a previsão do tempo e clima e, consequentemente, para o planejamento sócio-econômico de uma região.

Nos últimos anos inúmeros trabalhos meteorológicos têm utilizado a técnica de Análise das Componentes Principais (ACP) em diferentes estudos, pois esse método é capaz de fazer análises mais consistentes e detalhadas da variabilidade espacial e temporal das variáveis meteorológicas. Eastman e Fulk (1993) aplicaram a técnica para obtenção das condições ambientais da África. Braga et al. (2006) empregaram as técnicas da análise de agrupamento para

determinar grupos homogêneos e fração vegetação média anual no leste da Bahia nas décadas de 1980 e 1990. Unal et al. (2003) aplicaram cinco métodos de agrupamentos a dados mensais de temperaturas (média, mínima e máxima), sendo o método de Ward o método que apresentou melhor poder discriminante. Recentemente, Amanajás et al. (2010), utilizaram a ACP para analisar a variabilidade espacial da chuva no estado Amapá, vale salientar que seus resultados foram coerentes com o regime climático da região.

O presente artigo propõe uma contribuição aos estudos nas circulações de brisa, analisando a variabilidade sazonal da precipitação, do vento horizontal horário em Belém-PA, a fim de mostrar o comportamento atmosférico da circulação local da região em estudo e verificar através da ACP a estrutura de dependência entre comportamento do vento horizontal e a precipitação.

2. Material e Métodos

2.1 Dados e área de estudo

A cidade de Belém se localiza às margens da Baia do Guajará e do rio Guamá, no estuário do rio Pará, em 1° 28'S de latitude e 48° 29'W de longitude (Figura 1). No presente trabalho, foram utilizados dados meteorológicos horários de precipitação pluviométrica, direção e intensidade do vento horizontal em Belém, para os meses representativos ao período chuvoso (fevereiro, março e abril) e menos chuvoso (setembro, outubro e novembro) nos anos de 2005 e 2006. Os quais foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

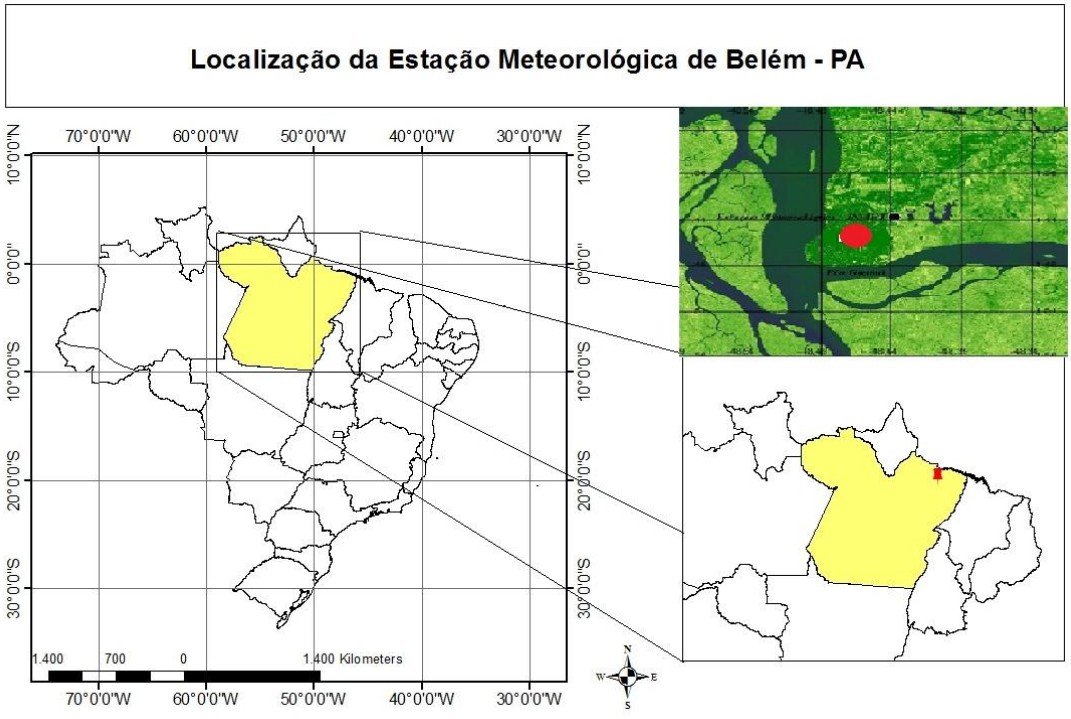

Figura 1. Localização da cidade de Belém no Estado do Pará. No lado direto superior: Baia do Guajará (Esquerda da cidade) e do Rio Guamá (Abaixo da cidade).

2.2 Análise Estatística

2.2.1 O Método de Análise das Componentes Principais (ACP)

Em estudos que usam variáveis ambientais é bastante comum a existência de dados redundantes por estarem medindo a mesma coisa. Neste sentido a técnica estatística multivariada com base na matriz de correlação pelo método da ACP permite a redução no número de variáveis e as coordenadas são reescritas em um sistema de eixos mais apropriado permitindo análises mais concisas. As novas coordenadas provem de combinações lineares entre os autovetores normalizados e as variáveis originais. (Santos et al. 2010).

Existem vários tipos de ACP utilizados para analisar a variável observada. Neste artigo foi utilizado o modo R (R- mode factor analysis), que em síntese é utilizado quando se busca identificar estruturas subjacentes capazes de ser percebidas pela construção de relacionamentos entre as variáveis. Desta forma na matriz de dados as colunas representam as variáveis em estudos e as linhas são os casos: Diurno (valor médio das medições no intervalo das 6 UTC as 18 UTC) dos meses representativos das estações chuvosa e menos chuvosa dos anos de 2005 e 2006. As análises foram concentradas no período diurno devido o mesmo ser o horário que há a ocorrência do efeito de brisa marítima (Kousky, 1980; Melo et al. 2011).

A partir da matriz normalizada (com média zero e variância um) dos dados se pode obter a matriz de correlação R através de:

$$R = \frac{1}{n} X.X^{t} \quad (1.1)$$

X^t é a transposta de X.

Sendo R uma matriz simétrica e positiva de dimensão (p x p), ela é diagonalizável por uma matriz A de mudança de base, chamada de matriz de autovetores. Obtêm-se a matriz diagonal D, cujos elementos diagonais são os autovalores de R, dada por:

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

onde A^{-1} é a inversa da matriz A.

Assim, as CP's U_1, U_2, ..., U_p, são obtidas por combinações lineares entre a transposta dos autovetores de A^t e a matriz de observações X, ou seja:

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

Cada linda de U_k corresponde a uma CP e os coeficientes a_{jk} representam os pesos associados a cada componente U_k e são ordenados por ordem decrescente dos autovalores mais significativos de A. Na escolha do número de fatores adequados ao estudo foi utilizado o critério desenvolvido por Kaiser, (Garayalde et al. 1986), onde foi definido que os autovalores menores que um fossem excluídos.

Aplicaram-se, também, testes de significância aos dados: o de esfericidade de BARTLETT, que indica se existe relação

suficiente entre as variáveis para a aplicação da ACP, análise é válida se os valores do teste forem menores que 0,05. O teste de KAISER-MEYER-OLKIN (KMO) que mede o grau de correlação parcial entre as variáveis. Valores do teste próximo de 1 indica que maiores são as correlações entre as variáveis.

3. Resultados

3.1 Comportamento Sazonal da velocidade e intensidade do vento nos anos de 2005 e 2006.

A variablidade sazonal da média horária da direção e intensidade do vento horizontal para Belém (Figuras 2 e 3) mostra que nos dois anos e no período chuvoso e menos chuvuso os ventos dominantes variam desde o quadrante nordeste na madrugada (2006 no período chuvoso, 2005 e 2006 no período seco), em leste-sudeste pela manhã (2005 e 2006 no período chuvoso e seco) e sul-sudeste a tarde (2005 e 2006 no período chuvoso e seco). No horário das 18 UTC a direção do vento atinge o quadrante sudoeste apenas no período seco dos anos de 2005 e 2006. Isto indica que na ausência de forçantes externas, que são comuns no período chuvoso, apenas os efeitos locais na região de Belém, como por exemplo a Baía do Guajará, o Rio Guamá e a urbanização da cidade fazem com que apareça este padrão no vento. Santos et. al. (2011) encontraram resultados semelhantes em seu estudo. Em termos de maguinitude dos ventos, notou-se que no período chuvoso e menos chuvuso os apresentam valores entre 0,25 e 2,5 m/s para o período em estudo. A intensidade do vento mostra esses baixos valores em função das edificaçoes da cidade.

3.2 Comportamento sazonal da precipitação e direção do vento nos ano de 2005 e 2006.

A variabilidade diurna da precipitação (Figuras 4 e 5) não difere muito entre os anos de 2005 e 2006. O contrário se observa durante os períodos chuvoso e seco. Durante a estação chuvosa a precipitação apresentou uma distribuição mais homogênea durante o ciclo diurno, ocorrendo precipitação em quase todos os horários, enquanto que na estação menos chuvosa quase não há registro de chuva no período diurno, a predominância da chuva é no fim da tarde e início da noite. Notou-se, ainda, que o máximo de precipitação, em ambas as estações, ocorreu quando houve o giro do vento horizontal, sugerindo a influência da brisa lacustre. Importante ressaltar que Souza Filho et al. (2006) mostraram predominância da chuva no período noturno, na estação menos chuvosa, é devido à convecção diurna resultante do aquecimento da superfície. Na estação chuvosa somente as precipitações que ocorrem no final da tarde, entre 17h e 18h local, são causadas por intensos sistemas convectivos, enquanto que no restante do dia são influenciados por sistemas de grande escala como a zona de convergência intertropical.

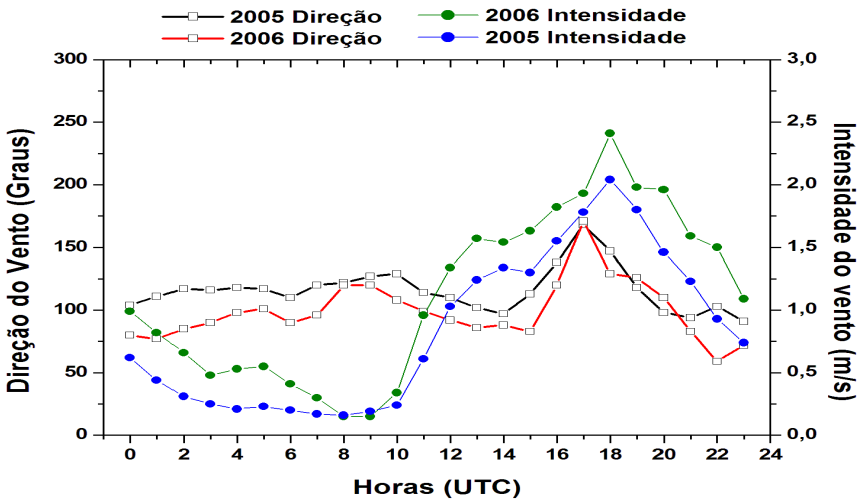

Figura 2. Variação média sazonal-horária da direção e velocidade do vento para a estação chuvosa em Belém nos anos de 2005 e 2006.

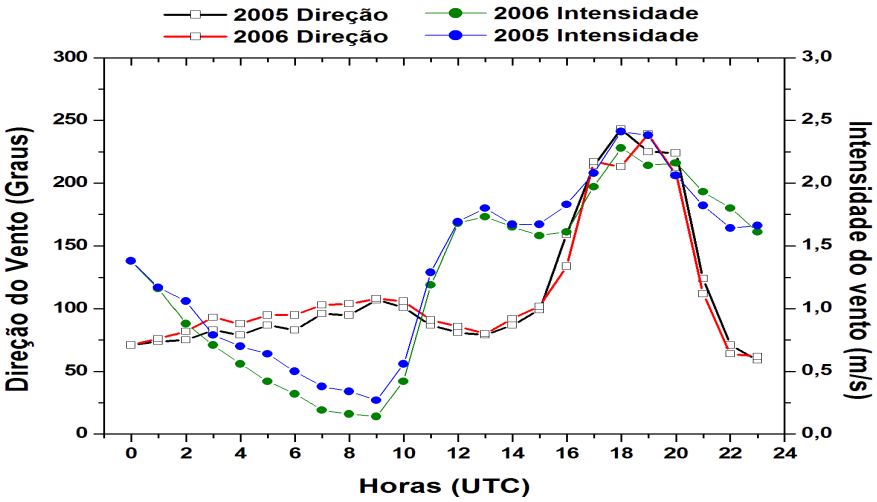

Figura 3. Variação média sazonal-horária da direção e velocidade do vento para a estação menos chuvosa em Belém nos anos de 2005 e 2006.

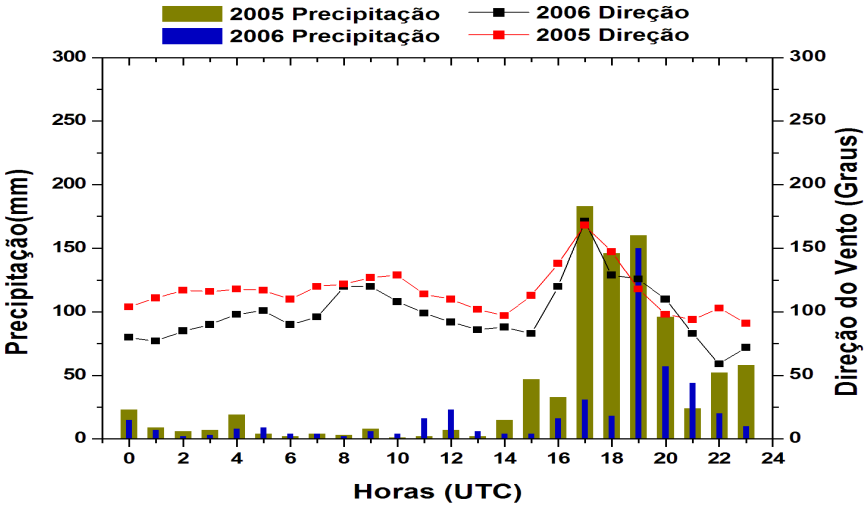

Figura 4. Variação sazonal-horária da precipitação e velocidade do vento para a estação chuvosa em Belém nos anos de 2005 e 2006.

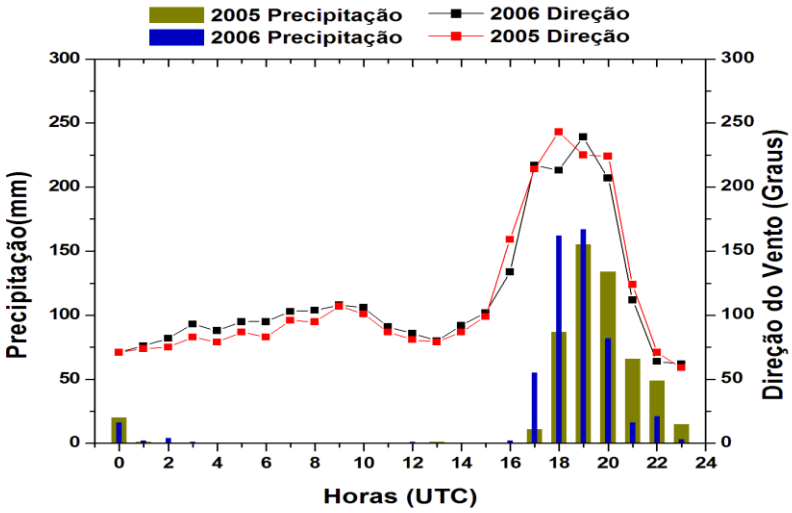

Figura 5. Variação sazonal-horária da precipitação e velocidade do vento para a estação menos chuvosa em Belém nos anos de 2005 e 2006.

3.3 Analise Estatísticas

A aplicação dos teste de KAISER e BARTLETT permitiu avaliar a adequação dos dados para a realização da análise fatorial. A estatística de KMO para os meses em análise estão no Quadro 1. Os altos valores obtidos com o teste indicam que as amostras selecionadas são apropiadas para a aplicação da técnica. O teste de significância de BARTLETT aprensentou valores inferiores a 0,05 validando a análise (Hair et. al, 1995; Corrar et. al, 2007).

Quadro 1. KMO e BARTLETT para os meses em análise

KMO Para o Período Diurno			
2005		**2006**	
Estação chuvosa	**Estação menos chuvosa**	**Estação chuvosa**	**Estação menos chuvosa**
0,501	**0,547**	**0,500**	**0,636**

BARTLETT Para o Período Diurno			
2005		**2006**	
Estação chuvosa	**Estação menos chuvosa**	**Estação chuvosa**	**Estação menos chuvosa**
0,005	**0,002**	**0,015**	**0,001**

A aplicação da técnica da ACP ao período diurno dos meses representativos das estações chuvosa e menos chuvosos dos anos de 2005 e 2006 resultou na obtenção de três fatores comuns para cada estação que explicam 100% da variância dos dados. Embora tenham obtido três fatores comuns, neste trabalho foi feita a análise apenas do primeiro fator não-rotacionado para cada estação, pois ele explica mais de 50% da variância dos dados e seu autovalor encontra-se distante dos modos subsequentes, de maneira que o primeiro fator representa um padrão fisicamente consistente (North et al., 1982) (Quadros 2 e 3).

Quadro 2. Valores Próprios, Variância Explicada (%) e Inércia Acumulada (%) para os meses representativos a estação chuvosa (fevereiro, março e abril) e menos chuvosa (setembro, outubro e novembro) de 2005.

Variância Total Explicada						
Estação Chuvosa 2005	**Cargas fatorias não-rotacionadas**			**Cargas fatorias rotaticonadas**		
CP	**Valor Próprio**	**Inércia Explicada**	**Inércia Acumulada**	Valor Próprio	Inércia Explicada	Inércia Acumulada
1	**2,30**	**76,55**	**76,55**	2,30	76,55	76,55
2	0,63	20,88	97,43			
3	0,08	2,57	100,00			
Estação menos Chuvosa 2005	**Cargas fatorias não-rotacionadas**			**Cargas fatorias rotaticonadas**		
CP	**Valor Próprio**	**Inércia Explicada**	**Inércia Acumulada**	Valor Próprio	Inércia Explicada	Inércia Acumulada
1	**1,75**	**58,26**	**58,26**	1,75	58,26	58,26
2	0,85	28,30	86,56			
3	0,40	13,44	100,00			

Quadro 3. Valores Próprios, Variância Explicada (%) e Inércia Acumulada (%) para os meses representativos a estação chuvosa (fevereiro, março e abril) e menos chuvosa (setembro, outubro e novembro) de 2006.

Variância Total Explicada						
Estação Chuvosa 2006	**Cargas fatorias não-rotacionadas**			**Cargas fatorias rotaticonadas**		
CP	**Valor Próprio**	**Inércia Explicada**	**Inércia Acumulada**	Valor Próprio	Inércia Explicada	Inércia Acumulada
1	**2,00**	**66,53**	**66,53**	2,00	66,53	66,53
2	0,77	25,68	92,20			
3	0,23	7,80	100,00			
Estação menos Chuvosa 2006	**Cargas fatorias não-rotacionadas**			**Cargas fatorias rotaticonadas**		
CP	**Valor Próprio**	**Inércia Explicada**	**Inércia Acumulada**	Valor Próprio	Inércia Explicada	Inércia Acumulada
1	**2,24**	**74,68**	**74,68**	**2,24**	**74,68**	**74,68**
2	0,60	19,86	94,54			
3	0,16	5,46	100,00			

Para o ano de 2005 o primeiro fator não-rotacionado da estação chuvosa explica 76% da variação dos dados, já na estação menos chuvosa a variação explicada pelo primeiro fator não-rotacionado foi de 58%. Os valores do primeiro fator para a estação chuvosa e menos chuvosa de 2006 foi de 66% e 74% respectivamente. Esse resultado indicou que o máximo observado de precipitação nas estações chuvosa e menos chuvosa durante no período diurno nos anos de 2005 e 2006 apresentaram uma elevada dependência, isto é, o máximo de precipitação observado sazonalmente está diretamente relacionado com o giro do vento horizontal.

Amanajás (2011), através do o método

da Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP), analisou os principais padrões climatológicos da precipitação na Amazônia Oriental e relacionou com os principais mecanismos climáticos dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais. Os resultados obtidos pela ACP mostraram a existência de três padrões pluviométricos bem definidos que explicaram aproximadamente 92% da variância total dos dados. O segundo padrão espacial está associado a eventos de mesoescala, tal como as linhas de instabilidade e o efeito de brisa marítima que favorecem a chuva na região em estudo.

A representação diagramática do primeiro fator dos anos de 2005 e 2006 apresentados nas Figuras 6 e 7 mostram com bastante clareza o grau de associação entre as estações revelando que as variáveis aqui estudadas apresentam grau correlação maior que 0,5, isto é, as variáveis estão diretamente ligadas validando a análise aqui apresentada.

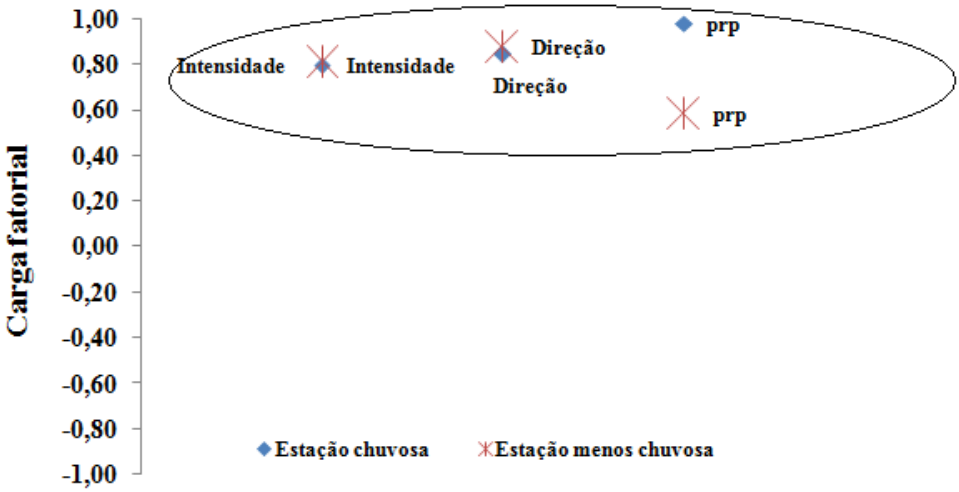

Figura 6. Representação diagramática da carga fatorial referente ao primeiro fator para o ano de 2005

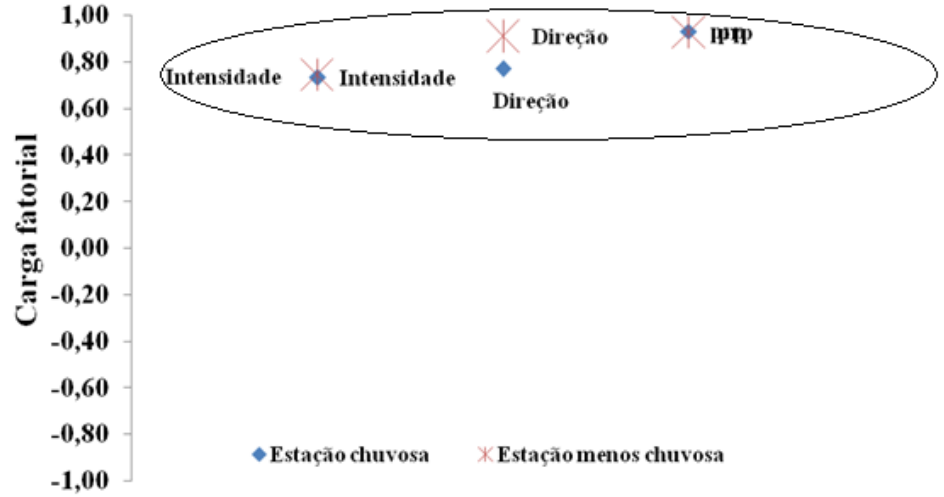

Figura 7. Representação diagramática da carga fatorial referente ao primeiro fator para o ano de 2006

4. Conclusões

Observou-se que, em geral, a precipitação é mais homogênea na estação chuvosa quando comparada com a estação menos chuvosa. Com relação ao vento horizontal, notou-se que em ambos os anos e estações a intensidade do vento apresentou comportamento temporal semelhante.

No caso da direção do vento, notou-se um giro diário no vento local, em ambas as estações e anos em estudo, variando de nordeste a sudoeste, devido aos efeitos das circulações de brisa marítima e lacustre. A técnica da ACP permitiu evidenciar a relação de depedência da precipitação com o vento horizontal. Dessa maneira, pode-se afirmar que o máximo de precipitação observado está relacionado ao giro horizontal o qual está ligado a brisa maríitima. Vale ressaltar, que o máximo de precipatação observado em ambas as estações ocorre quando há este giro do vento horizontal.

5. 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 os demais autores agradecem ao INMET pelos dados cedidos.

7. Referências

Amanajás, J. C.; Braga, C. C.; Lima, F. J. L.; Guedes, R. V. S. (2010). Aplicação da Análise Fatorial em Componentes Principais a dados de precipitação no estado do Amapá. Revista de Geografia, 27(1):107-119.

Amanajás, J. C. (2011). Interação entre Padrões Pluviométricos na Amazônia Oriental e Temperatura da Superfície do mar dos oceanos pacífico e atlântico tropicais. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande.

Braga, C. C.; Brito, J. B. B.; Sansigolo, C. A.; Rao, T. V. R. (2006). Tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais da precipitação. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.14, n.3, p.252-260.

Baumbach, G.; Vogt, U. (1999). Experimental determination of the effect of mountain-valley breeze circulation on air pollution in the vicinity of Freiburg. Atmospheric Environment, 33, 4019-4027.

Ceballos, J. C.; Braga, C. C. (1995). Missing Data Assessment in a Solarimetric Network. International Journal of Climatology.15:325-340.

Corrar, L. J. P.; Filho, J.M.D. (2007). Análise Multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia. Ed. Atlas. São Paulo.

Cohen, J. C. P.; Dias, M. A. S.; Nobre, C. A. (1989). Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. Climanálise, Campos do Jordão – SP, v. 4, n. 11, p. 34-40.

Eastman, J.R.; Fulk, M. (1993). Long sequence time series evaluation using standardized principal components. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v.59, n.9 p.1307-1312.

Garayalde, E. J. G.; Silva, M.G.A.; Tavares, SÁ A. (1996). Classificação meso-climática da região sul do Brasil pela análise de componentes principais. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE METEOROLOGIA, 1.CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Brasília.

Hair, J. F.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L.; Black, W. C. (1995). Multivariate Data Analysis: With Readings. Prentice Hall, New Jersey.

Lima, E. C. S. (2001). Analise dos sistemas atmosfericos produtores de chuva junto ao litoral atlantico da Amazonia. 29f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Meteorologia) – Universidade Federal do Pará. Centro de Geociencias, Belém.

Kousky, V. E. (1980). Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. Monthly Weather Review, United States of America, v. 108, n. 4, p. 488-498.

Melo, E. C. S.; Silva Aragão, M. R.; Cavalcanti, E. P.; Mélo, A. S.; Silva, T. L. V. (2011). Efeito da interação da convecção atmosférica com o desenvolvimento de brisas no estado da Paraíba. Engenharia Ambiental (Online), v. 8, p. 298-314.

North, G. R.; Bell, T. L.; Cahalan, R. F. (1982). Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions. Monthly Weather Review, 110:699-706.

Planchon, O.; Damato, F.; Dubreuil, V.; Gouery, P. (2006). A method of identifying and locating sea-breeze fronts in north-eastern Brazil by remote sensing. Meteorological Applications, 13, 225–234.

Santos, S. A.; Correia, M. F.; Braga, C.C.; Silva Aragão, M. R. (2010). Análise Estatística de Chuvas Intensas e Inundações no semi-árido da bacia do rio São Francisco: a cheia de 1985. Engenharia Ambiental , v. 7, p. 23.

Souza Filho, J. D. C.; Ribeiro, A.; Costa, M. H; Cohen, J. C. P.; Rocha, E. J. P. (2006). Variação sazonal do balanço de radiação em uma floresta tropical no nordeste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia, v.21, n.3b, 318-330.

Santos, S. R. Q. ; Vitorino, M. I. ; Braga, C. C. ; Santos, A. P. P. (2011). Variabilidade Sazonal da Circulação Atmosférica de Mesoescala em Belém-PA. In: IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa.

Unal, Y.; Kindap, T.; Karaca, M. (2003). Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. International Journal of Climatology, v.23, p. 1045-1055.