



Climatologia Sazonal dos Jatos de Baixos Níveis na Região Metropolitana de Porto Alegre, no Período de 1989 a 2003, Utilizando Dados de Radiossondagens
Low-Level Jet Seasonal Climatology on Porto Alegre-RS-Brazil Metropolitan Region, Using 1989-2003 Upper-Air Observations

Cláudia Rejane Jacondino de Campos¹ & José Guilherme Martins dos Santos²

¹ UFPEL – Campus Universitário, C.P. 354, 96010-900 – Pelotas, RS.

E-mail: cjcampos@ufpel.edu.br

² USP - Rua do Matão, 1226, 05508-090, São Paulo, SP.

E-mail: guimartins@model.iag.usp.br

Recebido em: 17/06/2007 Aprovado em: 13/08/2007

Resumo

Este trabalho teve por objetivo realizar um estudo climatológico observacional dos Jatos de Baixos Níveis (JBN) que ocorreram no período de 1989 a 2003, na região metropolitana de Porto Alegre-RS, usando dados de radiossondagens dos horários de 00:00 e 12:00 UTC, obtidos na estação do Aeroporto Internacional de Porto Alegre. A ocorrência dos JBN foi determinada utilizando os critérios propostos por Bonner (1968) e modificados por Whiteman *et al.* (1997). Em seguida, os JBN foram separados por estação do ano (outono, inverno, primavera e verão) e foram classificados de acordo com: i) intensidade do JBN, ii) altura em que os JBN ocorreram com mais frequência e iii) direção predominante dos JBN. Os resultados mostraram que os JBN foram mais frequentes na primavera (12:00 UTC) e verão (00:00 UTC). A maior parte deles apresentou velocidades entre 10 e 16 m s⁻¹, e a maior ocorrência se deu em alturas distintas dependendo do horário (às 00:00 UTC em 600 m e às 12:00 UTC em 900 m). A direção predominante dos JBN mostrou que às 00:00 UTC, os JBN foram mais frequentes no quadrante leste, enquanto que às 12:00 UTC, esta predominância foi verificada nos quadrantes oeste e norte.

Palavras-chave: Jatos de Baixos Níveis; Porto Alegre; radiossondagens

Abstrac

The aim of this work was to develop a climatology observational study of the Low-Level Jet (LLJ), observed at Porto Alegre-RS-Brazil metropolitan region, using 1989-2003 at 00:00 and 12:00 UTC upper-air observations, from Porto Alegre International Airpot station. The LLJ classification criteria proposed by Bonner (1968) and modified by Whiteman *et al.* (1997) were applied to determine the LLJ occurrence. Afterwards the LLJ selected were separated by season (autumn, winter, spring and summer) and then were classified according to: i) LLJ intensity, ii) more frequent height of LLJ occurrence and iii) LLJ predominant direction. The results showed that the LLJ have been more frequent in spring (12:00 UTC) and in summer (00:00 UTC). Mostly of them presented velocity between 10 and 16 m s⁻¹, and seems to occur in distinct heights depending on the time (at 00:00UTC in 600 m and at 12:00 UTC in 900 m). The LLJ predominant direction showed that at 00:00 UTC, the LLJ were more frequent in the east quadrant, while at 12:00 UTC, this predominance was verified in the west and north quadrants.

Keywords: Low-Level Jets; Porto Alegre; rawinsonde

1 Introdução

Nas últimas décadas, um número crescente de pesquisas relacionadas aos Jatos de Baixos Níveis (JBN) no globo vem sendo realizadas para melhor entender este fenômeno.

O termo JBN foi introduzido por Means (1952), para descrever uma zona de forte fluxo de ar de sul, que ocorre abaixo do nível de 700 hPa (aproximadamente 3 km), observada no centro-sul dos Estados Unidos da América (EUA). De modo mais completo, pode-se definir os JBN como um sistema de ventos com velocidades máximas médias acima de 10 m s^{-1} , localizado em torno de 850 hPa, com pronunciado cisalhamento do vento até 700 hPa (Peagle, 1998). São classificados, segundo Orlanski (1975), como um movimento de escala meso- β , com escala horizontal característica entre 20 e 200 km ou até mais de 500 km de comprimento (Marengo & Soares, 2002). Ocorrem dentro dos dois primeiros quilômetros da atmosfera, associados a uma forte oscilação diurna da magnitude do vento na Camada Limite Planetária (Nicolini *et al.*, 1993; Wu & Raman, 1997).

A atuação dos JBN é verificada há décadas em todos os continentes, normalmente associada à presença de uma topografia elevada (Stensrud, 1996). Na América do Sul, segundo Vera *et al.* (2006) ocorre um JBN, conhecido como Jato de Baixos Níveis da América do Sul (JBNAS), cujo mecanismo pode ser entendido da seguinte maneira: o fluxo de ar úmido dos ventos alíseos do Oceano Atlântico Tropical, ao passar sobre a região Amazônica pode adquirir maior quantidade de umidade devido à forte evapotranspiração desta região. Este ar úmido e quente então é canalizado pelos Andes adquirindo uma aceleração da componente meridional do vento de norte (Marengo *et al.*, 2004).

Estudos anteriores mostram que os JBN que ocorrem nas Grandes Planícies Americanas e os JBNAS apresentam características semelhantes. Aqueles transportam umidade do Golfo do México para a região central dos EUA, e estão associados com intensa atividade convectiva durante o verão (Douglas, 1995; Higgins *et al.*, 1997; Berbery & Collini, 2000). Os JBNAS transportam umidade, conforme descrito acima, da Bacia Amazônica e do Atlântico tropical para a região sul do Brasil, Uruguai, Paraguai e parte da Argentina, afetando o tempo e o clima nessas regiões, pois alimentam com ar úmido e quente os

Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) que ali ocorrem. Por esta razão, os JBNs são considerados um meio eficaz para o transporte de calor e umidade das regiões tropicais para as latitudes médias. Este transporte tem como consequência a formação ou intensificação de tempestades severas que se desenvolvem na região de saída do JBN (Sugaraga *et al.*, 1994; Custódio & Herdies, 1994; Silva Dias, 1996; Marengo & Soares, 2002).

Do ponto de vista climatológico, um dos precursores para classificação e descrição dos JBN foi Bonner (1968). Este autor, examinou a estrutura espacial e as características temporais dos JBN das Grandes Planícies dos EUA, utilizando dados de radiossondagens das 00:00 e 12:00 UTC, do período de janeiro de 1959 a dezembro de 1960, obtidos em 47 estações de radiossondagens espalhadas pelos EUA. Bonner usou um critério baseado na intensidade e altura do máximo do vento para identificar a presença de um JBN na sondagem vertical da velocidade do vento e criou três categorias de JBN (JBN1: velocidade máxima do vento $\leq 12 \text{ m s}^{-1}$; JBN2: velocidade máxima do vento $\leq 16 \text{ m s}^{-1}$ e JBN3: velocidade máxima do vento $\leq 20 \text{ m s}^{-1}$). Esse critério foi implementado por Whiteman *et al.* (1997), que atribuíram uma nova categoria de JBN na classificação de Bonner (1968), chamada de JBN0 (velocidade máxima do vento $\leq 10 \text{ m s}^{-1}$). Esses autores concluíram que os JBN mais frequentes são os do tipo JBN0 e JBN1, no verão, as 12:00 UTC.

Na América do Sul, os JBN ocorrem durante todo o ano, porém, são mais frequentes no verão (Marengo & Soares, 2002; Ferreira & Calbete, 2002) e apresentam uma grande variabilidade nas escalas temporais: diárias, intrasazonais e interanuais (Silva Dias, 2002).

Mais recentemente, Marengo *et al.* (2004) realizaram uma climatologia dos JBNAS, utilizando dados de reanálise do National Center for Environmental Prediction- National Center for Atmospheric Research (NCEP-NCAR) para o período de 1950-2000, e dados observados de ar superior coletados em localidades da Bolívia e do Paraguai desde 1998. Para determinar as características espaciais e temporais do JBNAS aplicaram o critério 1 de Bonner (1968) em localidades no centro da Bolívia e próximo ao norte do Paraguai. Concluíram em relação à variabilidade temporal que o JBNAS pode ocorrer em qualquer época do ano, transportando ar tropical úmido da Amazônia para o sul do Brasil e norte da Argentina

mais frequentemente no verão e ar marítimo tropical, relativamente, menos úmido no inverno. Detectaram os JBNAS na sua maioria durante o verão, ao norte de 20°S, enquanto que ao sul desta latitude foram observados durante todo o ano. O ciclo diurno mostrou que o JBNAS é mais freqüente e intenso entre 06:00 e 12:00 UTC durante o verão ao norte de 20°S, enquanto que mais ao sul tem máxima ocorrência as 00:00 e 06:00 UTC durante o inverno. Cabe ressaltar que Salio *et al.* (2002) encontraram resultado semelhante analisando dados de Reanálise do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF).

Com base no exposto acima, fica claro que o entendimento da interação entre os JBN e a formação ou intensificação dos SCM, que se desenvolvem no sul da América do Sul, na região de saída do JBN, é de grande interesse dos pesquisadores. E, portanto, o conhecimento da variabilidade diurna, sazonal e anual, bem como, altura e direção dos JBN que ocorrem nessa região é de fundamental importância para o melhor entendimento desta interação. Dentro deste contexto, este trabalho teve por objetivo realizar um estudo climatológico observacional dos JBN que ocorreram na região metropolitana de Porto Alegre (RS), durante o período de 1989 a 2003, utilizando dados de radiossondagens do horário da 00:00 e 12:00 UTC. Mais especificamente pretendeu-se determinar: i) tipo de JBN (JBN0, JBN1, JBN2, JBN3); ii) altura em que os JBN ocorreram com mais freqüência e iii) direção predominante dos JBN.

2 Material e Métodos

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados, através das radiossondagens obtidas no Sistema W9000 produzidas pela “VIZ – Manufacturing Company - USA”, na estação de altitude do Aeroporto Internacional Salgado Filho de Porto Alegre – RS, mantido pela aeronáutica, durante o período de 1989 a 2003, nos horários das 00:00 e 12:00 UTC. Esses dados foram obtidos no seguinte endereço: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>. Vale ressaltar que no período mencionado, houve informações de ar superior em 2098 dias às 00:00 UTC e em 5151 dias às 12:00 UTC, portanto foram utilizadas 7.249 sondagens no período de estudo.

As sondagens utilizadas foram consistidas e aquelas que apresentavam qualquer discrepância com relação aos valores fisicamente coerentes foram

descartadas. Utilizaram-se somente as sondagens que possuíam no mínimo seis níveis de informações desde a superfície até 1300 m de altura. Com a finalidade de obter os perfis verticais dos dados igualmente espaçados em todas as sondagens, estes foram interpolados linearmente de 50 em 50 m.

Na seqüência, utilizando as sondagens interpoladas foram construídos os perfis verticais do vento horizontal, até 3 km de altura, para as sondagens das 00:00 UTC e das 12:00 UTC.

Neste trabalho foi utilizada somente uma estação de radiossondagem, por ser a única existente na região de estudo.

A seleção dos casos de JBN seguiu os critérios de classificação propostos por Bonner (1968) e modificados por Whiteman *et al.* (1997), a partir de agora designado por B&W. De acordo com B&W, a classificação para JBN deve satisfazer simultaneamente duas condições: a) a primeira especifica o valor máximo da velocidade do vento no núcleo do jato (valor máximo da velocidade do vento) e b) a segunda especifica a diminuição da magnitude da velocidade do vento acima do seu núcleo máximo até a atingir a velocidade mínima em 3 km. Os critérios de B&W especificam que nas categorias JBN0, JBN1, JBN2 e JBN3, os perfis de velocidade do vento têm que apresentar um máximo de pelo menos 10, 12, 16 e 20 m s⁻¹, respectivamente, abaixo de 1,5 km de altitude e que deve existir um decréscimo na velocidade do vento de pelo menos 5, 6, 8 e 10 m s⁻¹, respectivamente, desde o nível onde se encontra o vento máximo (JBN) até o nível de 3 km.

Os critérios de B&W descritos acima, foram aplicados aos perfis verticais do vento horizontal da 00:00 e 12:00 UTC das sondagens interpoladas, construídos anteriormente, permitindo assim a seleção dos casos de ocorrência de JNB.

Os casos de ocorrência de JBN selecionados foram separados por estação do ano: **outono** (Março, Abril, Maio-MAM); **inverno** (Junho, Julho, Agosto-JJA); **primavera** (Setembro, Outubro, Novembro-SON) e **verão** (Dezembro, Janeiro, fevereiro-DJF). As características analisadas dos casos de ocorrência de JBN selecionados foram: 1) tipo (categoria) de JBN (JBN0, JBN1, JBN2, JBN3); 2) altura em que os JBN ocorreram com mais freqüência e 3) direção predominante dos JBN. Para determinar a direção

predominante dos JBN utilizou-se a seguinte divisão em quadrantes: o Quadrante Norte (QN) corresponde às direções desde NW até NE; o Quadrante Leste (QE) corresponde às direções desde NE até SE; o Quadrante Sul (QS) corresponde às direções desde SE até SW e finalmente o Quadrante Oeste (QO) corresponde às direções desde SW até NW.

3 Resultados e Discussão

A distribuição sazonal, para as 00:00 e 12:00 UTC, dos JBN identificados no período de 1989 a 2003, na região metropolitana de Porto Alegre-RS, é mostrada na TABELA 1. O total de casos de JBN observados no período foi 219 e a maior ocorrência verificou-se às 12:00 UTC. Dos 219 casos de JBN, 156 ocorreram às 12:00 UTC e 63 às 00:00 UTC, correspondendo a 71,2% e 28,8% do total de JBN observados, respectivamente. Tanto para às 00:00 UTC como para às 12:00 UTC, a estação do ano que apresentou menor ocorrência de JBN foi o inverno. Por outro lado, as estações que apresentaram maior ocorrência de JBN nesses horários foram o verão (38% dos 63 JBN observados às 00:00 UTC) e a primavera (34% dos 156 JBN observados às 12:00 UTC), respectivamente.

Assim, a análise da TABELA 1 mostra, que para a região de estudo, os JBN são observados em todas as estações do ano, com maior ocorrência no verão (00:00 UTC) e na primavera (12:00UTC). Esses resultados concordam com aqueles de trabalhos sobre JBN na América do Sul (Marengo & Soares, 2002; Cavalcanti *et al.*, 2002; Ferreira & Calbete, 2002) e nos EUA (Bonner, 1968 e Whiteman *et al.*, 1997), ou seja, apresentando sua predominância nas estações de primavera e verão. Por outro lado, alguns autores encontraram que na região de saída do JBN, estes são mais intensos e frequentes no inverno (Marengo *et al.*, 2002; Marengo *et al.*, 2004). Essas discordâncias nos resultados se devem segundo alguns autores (Ferreira & Calbete, 2002; Cavalcanti *et al.*, 2002; Carneiro *et al.*, 2004 e Herdies *et al.*, 2004) ao tipo de dado utilizado em cada análise (dados de reanálise, dados de modelos e dados de radiosondagens), que apresentam baixa resolução espacial e temporal. Por exemplo: i) análises e reanálises do NCEP apresentam deficiências não só pela baixa resolução e por serem derivadas de um modelo que utiliza a coordenada vertical sigma numa região fortemente influenciada pela orografia, mas também pela escassez de observações meteorológicas na região de atuação do JBN (Carneiro *et al.*, 2004 e Herdies *et al.*, 2004); ii) modelos simulam menos casos de JBN no verão em comparação com as reanálises do NCEP, provavelmente em decorrência da maior convecção no setor sul da Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS (Cavalcanti *et al.*, 2002); iii) são registrados mais eventos de JBN com a utilização de dados de radiosondagens do que pelos campos de reanálise do NCEP (Ferreira & Calbete, 2002). Vale ressaltar que neste estudo utilizou-se dados de radiosondagem de uma única estação e que a região de estudo localiza-se abaixo da região de saída do JBN. Portanto resultados diferentes podem ser esperados.

lógicas na região de atuação do JBN (Carneiro *et al.*, 2004 e Herdies *et al.*, 2004); ii) modelos simulam menos casos de JBN no verão em comparação com as reanálises do NCEP, provavelmente em decorrência da maior convecção no setor sul da Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS (Cavalcanti *et al.*, 2002); iii) são registrados mais eventos de JBN com a utilização de dados de radiosondagens do que pelos campos de reanálise do NCEP (Ferreira & Calbete, 2002). Vale ressaltar que neste estudo utilizou-se dados de radiosondagem de uma única estação e que a região de estudo localiza-se abaixo da região de saída do JBN. Portanto resultados diferentes podem ser esperados.

Estação	00UTC	12UTC	TOTAL
<i>Outono</i>	15	34	49
<i>Inverno</i>	5	30	35
<i>Primavera</i>	19	53	72
<i>Verão</i>	24	39	63
TOTAL	63	156	219

Tabela 1 Distribuição sazonal dos JBN observados as 00:00 e 12:00 UTC, no período de 1989 a 2003, na região metropolitana de Porto Alegre.

Para cada horário considerado, os casos de JBN observados, nas quatro estações do ano (Tabela 1), no período de 1989 a 2003 na região metropolitana de Porto Alegre, foram separados por tipos/categorias e são apresentados na Figura 1

No outono (Figura 1A) para o horário das 00:00 UTC, os tipos mais frequentes de JBN observados na região de estudo, foram os JBN0 e JBN1, com 47% e 33% do total de ocorrências neste horário, respectivamente. Observou-se também para este horário, a ocorrência do tipo JBN3 correspondendo a 20% dos casos detectados. Para o horário das 12:00 UTC os tipos predominantes de JBN foram JBN0 e JBN1, com 38% e 29% do total de ocorrências, respectivamente. Além destes dois tipos, observou-se também, para este horário, os tipos JBN2 (21% dos casos) e JBN3 (12% dos casos). Portanto os JBN mais frequentes no outono foram os que apresentaram velocidades máximas no núcleo do jato de no mínimo 10 (JBN0) e 12 m s⁻¹ (JBN1), respectivamente. Observou-se, também, para esta estação do ano que a velocidade média do vento ficou em 14,2 m s⁻¹ as 00:00 UTC e 15,0 m s⁻¹ as 12:00UTC. Os ventos menos intensos observados

no período de estudo, para os dois horários, foram registrados nesta estação do ano.

No inverno (Figura 1B), tanto para as 00:00 UTC como para as 12:00 UTC, os JBN mais frequentes foram os do tipo JBN1 (velocidades máximas no núcleo do jato de no mínimo 12 m s^{-1}), com 60% e 47% do total de ocorrências para cada horário, respectivamente. Observou-se que a velocidade média dos JBN no inverno foi de $16,7 \text{ m s}^{-1}$ as 00:00 UTC e de $15,8 \text{ m s}^{-1}$ as 12:00 UTC. As 00:00 UTC não foi observado o JBN do tipo JBN0 e as 12:00 UTC foram observados todos os tipos de JBN.

Na primavera (Figura 1C) observa-se que foram detectados nos dois horários os quatro tipos de JBN. O tipo mais frequente observado às 00:00 UTC foi o JBN3 (32%), caracterizado por apresentar velocidade máxima no núcleo do jato de no mínimo 20 m s^{-1} , e as 12:00 UTC foi o JBN1 (53%). A velocidade média dos JBN na primavera foi de $17,5 \text{ m s}^{-1}$ as 00:00 UTC e de $15,8 \text{ m s}^{-1}$ as 12:00 UTC. Os ventos mais intensos registrados no período de estudo, foram registrados as 00:00 UTC, nesta estação do ano.

No verão, no horário das 00:00 UTC os JBN do tipo JBN1 e JBN2 foram os mais frequentes, com 50% e 29% do total de ocorrências, respectivamente. Os JBN do tipo JBN0 e JBN3 foram observados com menor frequência, neste horário. As 12:00 UTC, todos os tipos de JBN foram observados com uma certa frequência, com destaque para o tipo JBN0: JBN0 (33%), JBN1(26%), JBN2(23%) e JBN3(18%). Para este horário, os ventos mais intensos registrados no período de estudo, foram observados nesta estação do ano.

Os resultados relativos aos tipos de JBN mostraram que nos dois horários analisados e em quase todas as estações do ano, os JBN observados com maior frequência na região metropolitana de Porto Alegre foram JBN0 e JBN1, ou seja, aqueles que apresentam velocidade de 10 a 16 m s^{-1} . A exceção ocorreu as 00:00 UTC na primavera que registrou a maior ocorrência de JBN3 (velocidade de no mínimo 20 m s^{-1}). Os JBN mais intensos ocorreram na primavera as 00:00 UTC e no verão as 12:00 UTC e os menos intensos ocorreram no outono tanto as 00:00 UTC quanto as 12:00 UTC. Os resultados aqui obtidos concordam com aqueles obtidos por Whiteman *et al.* (1997) que utilizaram dois anos de dados de radiossondagem dos EUA e verificaram que os tipos

mais frequentes foram JBN0 e JBN1 no verão. Para a região metropolitana de Porto Alegre, Corrêa *et al.* (2001, 2002 e 2002a) analisaram dados de radiossondagem e também verificaram que o tipo de JBN mais frequente foi o JBN1 as 12:00 UTC.

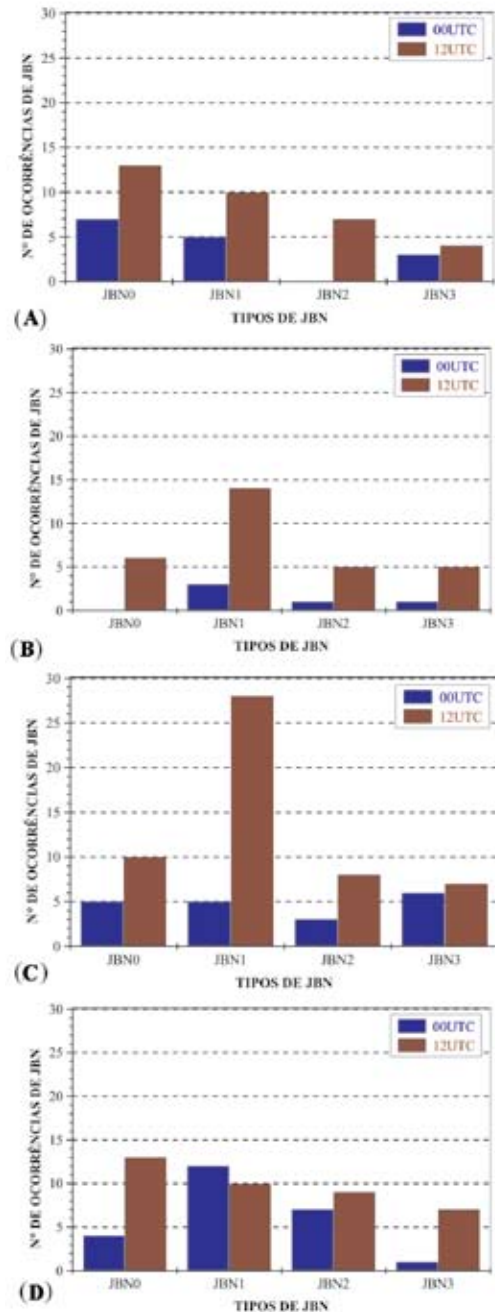


Figura 1 Tipos de JBN observados, nas quatro estações do ano: outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D), no período de 1989 a 2003, na região metropolitana de Porto Alegre.

Neste estudo também é analisada a altura de ocorrência do vento máximo associada aos JBN. Assim, para as 00:00 UTC e 12:00 UTC, os casos de JBN observados, nas quatro estações do ano (Tabela 1), no período de 1989 a 2003 na região metropolitana de Porto Alegre, foram separados em função da altura de ocorrência e são apresentados na Figura 2.

No outono (Figura 2A), pode-se observar as 00:00 UTC que a ocorrência mais freqüente de JBN se deu na altura de 250 m (20% do total de JBN observados). Neste horário, cerca de 93% dos JBN (14 casos) localizaram-se até 900 m de altura. Por outro lado, às 12:00 UTC, a máxima predominância dos JBN se deu na altura de 900 m (15% do total de casos observados). Também se observou, para este horário, que em 300 m e 600 m, (cada uma com 12% de total ocorrência) houve ocorrências mais freqüente de JNB. Neste horário, aproximadamente 59% dos JBN ocorreram em alturas de até 900 m.

No inverno (Figura 2B), as 00:00 UTC a ocorrência mais freqüente de JBN se deu na altura de 700 m. Aproximadamente 80% dos JBN observados estavam localizados em alturas de até 700 m. Por outro lado, às 12:00 UTC as alturas em que ocorreram os JBN foram distribuídas da seguinte forma, 17% em 1550 m e 10% em 600 e 900 m. As demais alturas não registraram ocorrências superiores a duas. Cerca de 57% dos JBN observados neste horário estavam localizados até 900m.

Na primavera (Figura 2C), as 00:00 UTC na altura de 600 m foi observada a maior freqüência de JBN (6 casos, ~32%), seguida da altura de 350 m (3 casos, ~16%). Aproximadamente 95% dos JBN observados neste horário, ocorreram em alturas até 900 m. As 12:00 UTC, a altura mais freqüente de ocorrências dos JBN foi 900 m (9 casos, ~17%), sendo detectada a ocorrência de JBN em outras alturas, a saber: 300 m (9% dos casos), 800 m (7% dos casos), 1500 m (7% dos casos) e 1550 m (9% dos casos). Neste horário, cerca de 55% dos JBN estavam localizados até 900 m de altura.

No verão (Figura 2D), verificou-se no horário das 00:00 UTC que os JBN foram mais freqüentes na altura de 600 m (29% dos casos), para as demais alturas, não foram registradas mais do que duas ocorrências. Dos JBN observados neste horário, aproximadamente 96% ocorreram em alturas até 900 m. As alturas que se destacam no horário das 12:00

UTC foram: 900 m, (11 casos, ~28%) e 1500 m (5 casos, ~13%), as demais alturas não ultrapassaram 3 ocorrências (~8%). Cerca de 67% dos JBN observados neste horário, ocorreram em alturas até 900 m.

Os resultados relativos à altura de ocorrência dos JBN mostraram que nos dois horários analisados e em todas as estações do ano, os JBN ocorrem com mais freqüência em alturas até 900 m. Estes resultados concordam com aqueles obtidos por Bonner (1968) e Whiteman *et al.* (1997) para os EUA, com aqueles obtidos por Corrêa *et al.* (2002 e 2002a) para a região de Porto Alegre e com aqueles obtidos por Cavalcanti *et al.* (2002) que utilizaram dados de reanálise do NCEP e dados de simulação climática com modelo.

Analisou-se também, neste estudo a direção predominante dos JBN. Assim, para as 00:00 UTC e 12:00 UTC, os casos de JBN observados, nas quatro estações do ano (Tabela 1), no período de 1989 a 2003 na região metropolitana de Porto Alegre, foram separados em função da sua direção predominante de ocorrência e são apresentados na Figura 3.

No outono (Figura 3A), a direção dos JBN apresentou grande variação entre os dois horários. Às 00:00 UTC, aproximadamente 93% das ocorrências foram verificadas no QE, com 60% das ocorrências observadas na direção ENE, 13% nas direções NE e E, e 7% na direção ESE. No horário das 12:00 UTC, os JBN foram observados em todas as direções. As direções predominantes foram SSE (QS) e NW (QN), correspondendo a aproximadamente 15% e 12% das ocorrências observadas, respectivamente.

No inverno (Figura 3B), as 00:00 UTC, 60% dos JBN foram observados no QE (2 casos na direção E e 1 na direção ENE). Também foram observados mais dois casos de JBN, um na direção SSE e outro na direção W. As 12:00 UTC, os JBN apresentaram duas direções predominantes, a primeira no QN (WNW com 40% dos JBN observados) e a segunda no QO (WNW com 27% dos JBN observados).

Na primavera (Figura 3C), as 00:00 UTC observou-se a predominância dos JBN no QE (79% dos casos observados). As direções predominantes deste quadrante foram E (37% dos casos) e ENE (26% dos casos). Ao analisar o horário das 12:00 UTC, verificou-se a ocorrência de JBN em todos os quadrantes, com predominância nos quadrantes: QO (34% dos casos), QE (32% dos casos) e QN (40% dos casos).

Climatologia Sazonal dos Jatos de Baixos Níveis na Região Metropolitana de Porto Alegre, no Período de 1989 a 2003, Utilizando Dados de Radiossondagens
Cláudia Rejane Jacondino de Campos & José Guilherme Martins dos Santos

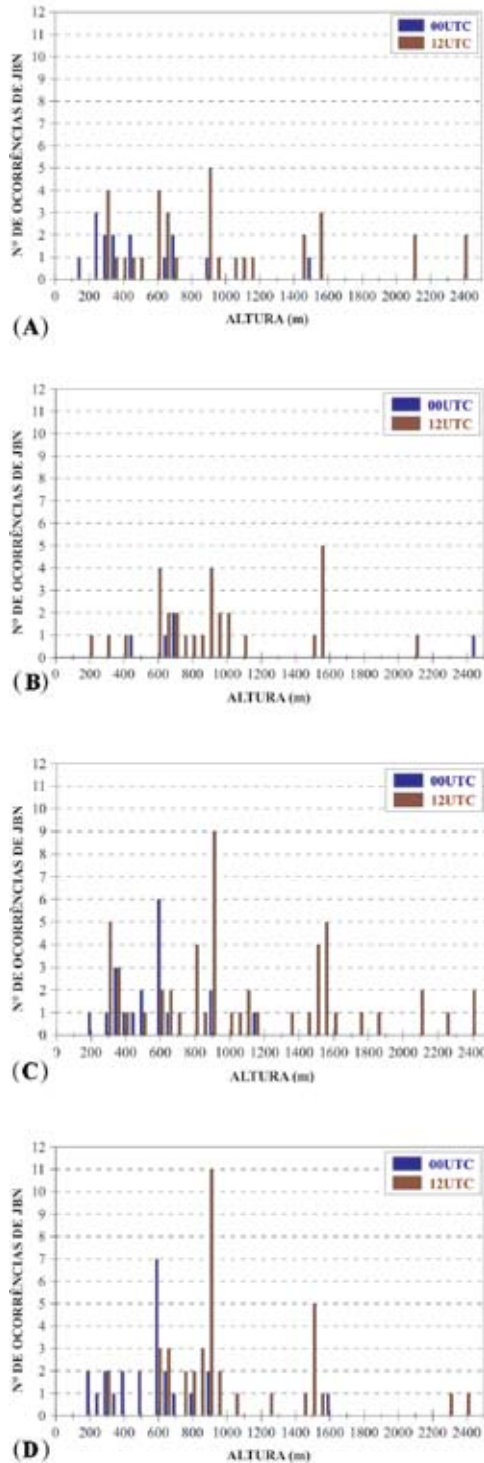


Figura 2 Altura (m) de ocorrência dos JBN observados, nas quatro estações do ano: outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D), no período de 1989 a 2003, na região metropolitana de Porto Alegre.

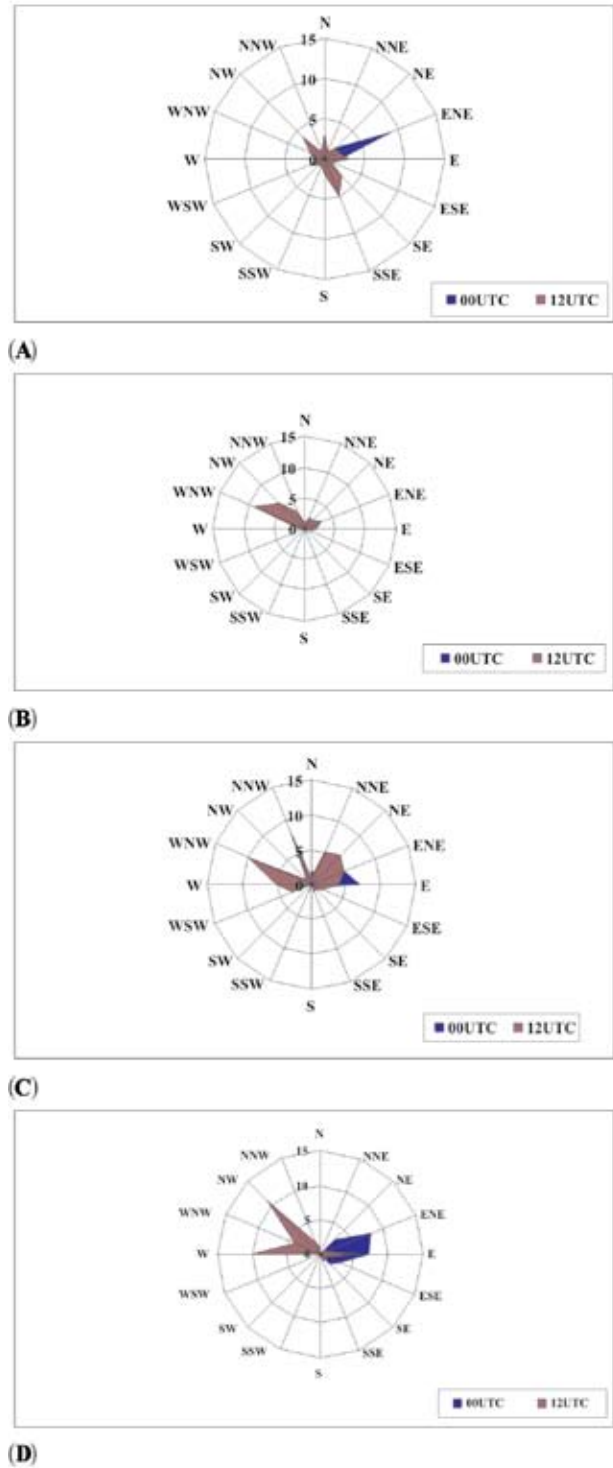


Figura 3 Direção predominante dos JBN observados, nas quatro estações do ano: outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D), no período de 1989 a 2003, na região metropolitana de Porto Alegre.

As direções predominantes foram WNW (19% dos casos), NE (11% dos casos) e NNW (15% dos casos), respectivamente, no QO, QE e QN.

No verão (Figura 3D), às 00:00 UTC, 87,5% das ocorrências de JBN foram observadas no QE, com predominância nas direções ENE (33,3% dos casos) e E (29% dos casos). As 12:00 UTC, os JBN apresentaram três direções predominantes, a primeira no QN, a segunda no QO (cada um com 36% dos JBN observados) e a terceira no QE (23% dos JBN observados). As direções preferenciais foram: NW (28% das ocorrências observadas), W (26% das ocorrências observadas) e E (15% das ocorrências observadas).

Os resultados relativos a direção predominante dos JBN mostraram que as 00:00 UTC em todas as estações do ano, o quadrante preferencial de ocorrência dos JBN foi o QE, com predominância nas direções ENE e E. As 12:00 UTC os quadrantes preferenciais de ocorrência dos JBN foram o QO (WNW) e o QN (NW). Observou-se a mudança na direção do JBN do dia (12:00 UTC – QO e QN) para a noite (00:00 UTC – QE), esta alteração também foi identificada por Stensrud *et al.* (1996). Estes resultados concordam com aqueles obtidos por Corrêa *et al.* (2001) para a região de Porto Alegre, que encontraram duas direções predominantes dos JBN: uma de N, que caracteriza os JBN dos Andes e a outra de E em associação com a retroalimentação e organização dos SCM.

4 Conclusões

Os principais resultados obtidos neste trabalho, que realizou um estudo climatológico observacional dos JBN sobre a região metropolitana de Porto Alegre, utilizando dados de radiossondagens no período de 1989 a 2003, foram:

- i) ocorreram, nos quinze anos analisados, 219 casos de JBN (71,2% as 12:00 UTC e 28,8% as 00:00 UTC);
- ii) as estações preferenciais para ocorrência de JBN, foram o verão (00:00 UTC) e a primavera (12:00 UTC). Tanto às 00:00 UTC quanto às 12:00 UTC, o inverno foi a estação do ano que apresentou menor ocorrência de JBN;
- iii) a maioria dos JBN selecionados, nos dois horários e em todas as estações do ano foi do tipo JBN0 e JBN1 (velocidades entre 10 e 16 m s⁻¹), com exceção do outono, onde o tipo preferencial de JBN foi o JBN3

(velocidades excederam os 20 m s⁻¹);
iv) as alturas preferenciais de ocorrência do vento máximo associado aos JBN foram 600 e 700 m às 00:00UTC, com exceção do outono, em que os JBN foram observados na sua maioria em 250 m. Às 12:00 UTC, os JBN ocorreram na sua maioria na altura de 900 m, exceção ocorrida no inverno, onde a maioria dos JBN selecionados foram observados na altura de 1500 m;

v) as direções predominantes de ocorrência dos JBN mostraram que a maioria dos JBN foram observados no QE no horário das 00:00 UTC ; enquanto que às 12:00 UTC, esta predominância foi verificada nos quadrantes QO e QN, exceto no outono, onde a predominância se verificou no QS.

Este estudo mostra para esta região duas situações: a noite (00:00 UTC) os JBN com altura predominante de 600 m, contribuem para o transporte de vapor d'água do Atlântico Sul para regiões do interior do continente, com uma circulação de sentido E-NE, com intensidade em torno de 10-16 m s⁻¹; e durante o dia (12:00 UTC) os JBN com altura predominante de 900m, atuam otimizando os mecanismos de transporte de vapor d'água de regiões próximas do equador para latitudes médias, com uma circulação mais intensa de sentido WNW-NW. Este quadro pode ajudar a melhor descrever a contribuição dos JBN na geração e manutenção de SCM, que se desenvolvem no sul da América do Sul, na região de saída do JBN.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro (Bolsa PQ-1º autor e bolsa de mestrado- 2º autor).

6 Referências

- Berberi, H., & Collini, E. 2000. Springtime precipitation and water vapor flux over southeastern South America. *Monthly Weather Review*, 128: 1328-1346.
- Bonner, W. A. 1968. Climatology of the low level jet. *Monthly Weather Review*, 96: 833-850.
- Carneiro, G.M.; Nobre, C.A.; Seluchi, M.E. & Herdies, D. 2004. Análise do impacto dos dados observados coletados no SALLJEX na reanálise do modelo global CPTEC/INPE. *In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEO-*

- ROLOGIA, Fortaleza, 2004. *Artigo completo*, Fortaleza, SBMET, CDROM no. 763.
- Cavalcanti, I.F.A.; Sousa C.A. & Kousky, V.E. 2002. Características atmosféricas associadas ao Jato em Baixos Níveis a leste dos Andes em uma simulação com o MCGA CPTEC/COLA e em dados de reanálise NCEP/NCAR. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, 12, Foz do Iguaçu, 2002. *Artigo completo*, Foz do Iguaçu, SBMET, p. 934-939.
- Corrêa, C. S.; Dallarosa, R. L. G. & Degrazia, G. A. 2001. Estudo observacional dos jatos de baixos níveis sobre a região metropolitana de Porto Alegre. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 6 (4): 52-60.
- Corrêa, C. S.; Clark, R. T. & Silveira, A. L. 2002. Análise e classificação não-hierárquica dos jatos de baixos níveis e dos ventos máximos no perfil vertical do vento sobre Porto Alegre. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, 12, Foz do Iguaçu, 2002. *Artigo completo*, Foz do Iguaçu, SBMET, p. 841-848.
- Corrêa, C. S.; Clarke, R. T. & Silveira, A. L. L. 2002a. Análise Espectral do decréscimo da Velocidade do Vento acima do Jato de Nível Baixo em situações de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) sobre Porto Alegre, Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 17 (2): 153-163.
- Custódio, M.A. & Herdies, D.L. 1994. O Jato de Baixos Níveis a leste da Cordilheira dos Andes: um estudo de caso. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, 8, Belo Horizonte, 1994. *Artigo completo*, Belo Horizonte, SBMET, p. 617-619.
- Douglas, M. W. 1995. The summertime low-level jet over the Gulf of California. *Monthly Weather Review*, 123: 2334-2347.
- Ferreira, S. H. S. & Calbete, N. O. 2002. Estudo de caso de jatos de baixos níveis na América do sul ocorridos em 1999. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, 12, Foz do Iguaçu, 2002. *Artigo completo*, Foz do Iguaçu, SBMET, p. 1483-1487.
- Higgins, W.; Yao, Y.; Yartosh, E.; Janowiak, J. & Mo, K. 1997. Influence of the Great Plains Low-Level Jet on summertime precipitation and moisture transport over the Central United States. *Journal of Climate*, 10: 481-507
- Herdies, D.L.; Silva Dias, P.L.; Carneiro, G.M. & Mendonça, M. 2004. Assimilação de dados durante o experimento SALLJEX utilizando o modelo global do CPTEC/INPE. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, 13, Fortaleza, 2004. *Artigo completo*, Fortaleza, SBMET, CDROM no.797.
- Marengo, J. A. & Soares, W. R. 2002. Episódios de jatos de baixos níveis ao leste dos Andes durante 13-19 de abril de 1999. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 17 (1): 35-52.
- Marengo, J. A.; Soares, W. R. & Saulo, C. 2002. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, 13, Foz do Iguaçu, 2002. *Artigo completo*, Foz do Iguaçu, SBMET, p. 885-891.
- Marengo, J. A.; Soares, W. R.; Saulo, C. & Nicolini, M. 2004. Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. *Journal of Climate*, 17 (12): 2261-2280.
- Means, L. L. 1952. On thunderstorm forecasting in the central United States. *Monthly Weather Review*, 80: 165-189.
- Nicolini, M.; Waldron, K. M. & Paegle, J. 1993. Diurnal oscillations of low-level jets, vertical motion, and precipitation: A model case study. *Monthly Weather Review*, 121: 2588-2610.
- Orlanski, I. 1975. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bulletin of American Meteorological Society*, 56: 527-530.
- Peagle, J. 1998. A comparative review of South American low level jets. *Meteorologica*, 3: 73-82.
- Salio, P.; Nicolini, M. & Saulo, A.C. 2002. Chaco low-level jet events characterization during the austral summer season. *Journal of Geophysical Research*, 107(D24), 4816, doi:10.1029/2001JD001315.
- Silva Dias, P. L. 2002. American Low-Level Jet. *In: VAMOS/CLIVAR/WCRP CONFERENCE ON SOUTH AMERICAN LOW-LEVEL JET*, Santa Cruz de la Sierra, 2002. *Resumos*, Santa Cruz de la Sierra, p.44.
- Silva Dias, M.A. 1996. Complexos convectivos de mesoescala sobre a região sul do Brasil. *In: Climanálise Especial: Edição Comemorativa de 10 anos*, Cachoeira Paulista, MCT/INPE/CPTEC, p.173-179.
- Stensrud, D. J. 1996. Importance of low level-jet to climate: A review. *Journal of Climate*, 9:1698-1711.
- Sugahara, S.; Rocha, R.P. & Rodrigues, M. L. 1994. Condições atmosféricas de grande escala asso-

Climatologia Sazonal dos Jatos de Baixos Níveis na Região Metropolitana de Porto Alegre, no Período de 1989 a 2003, Utilizando Dados de Radiossondagens
Cláudia Rejane Jacondino de Campos & José Guilherme Martins dos Santos

- ciadas a jato de baixos níveis na América do Sul. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2, Belo Horizonte, 1994. *Artigo completo*, Belo Horizonte, SBMET, p. 573-577.
- Vera, C.; Baez, J.; Douglas, M.; Emmanuel, C.B.; Marengo J.; Meitin, J.; Nicolini, M.; Noguez-Paegle, J.; Paegle, J.; Penalba, O.; Salio, P., Saulo, C.; Silva Dias, M.A.; Silva Dias, P. & Zipser, E. 2006. The South American Low-Level Jet Experiment. *Bulletin of American Meteorological Society*, 87 (1): 63-77.
- Whiteman, C. D.; Bian, X. & Zong, S. 1997. Low-Level Jet climatology from enhanced rawinsonding observations at a site in the Southern Great Plains. *Journal of Applied Meteorology*, 36: 1363-1376.
- Wu, Y. H. & Raman, S. 1997. Effect of land-use pattern on the development of low-level jets. *Journal of Applied Meteorology*, 36 (5): 573-590.