

## ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DOS FLUXOS E JATOS DE NÍVEL BAIXO NO PERFIL VERTICAL DO VENTO NA BAIXA ATMOSFERA EM MANAUS (AM).

CLEBER SOUZA CORRÊA<sup>1</sup>, FLAVIO WIEGAND<sup>2</sup>, RICARDO DALLAROSA<sup>3</sup> e RENATO CRUZ SENNA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Subdivisão de Pesquisa de Climatologia Aeronáutica (PCA)- ICEA  
DECEA - Comando da Aeronáutica – Ministério da Defesa – São Jose dos Campos/SP

<sup>2</sup> Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM/ Porto Alegre – RS

<sup>3</sup> Divisão de Meteorologia de Manaus - Sistema de Proteção da Amazônia – Manaus - AM  
cleber@icea.gov.br

Recebido Março 2007 - Aceito Janeiro 2008

### RESUMO

Este estudo apresenta uma análise sobre as estruturas verticais nos baixos níveis da atmosfera tropical, região norte do Brasil, utilizando dados de radiossondagem realizadas na cidade de Manaus. Foi descrito um modelo dinâmico que envolve fluxos/Jatos de Nível Baixo (JNB) entre os níveis de 950 hPa e 926 hPa, entre 860 hPa e 880 hPa (correspondendo aproximadamente ao nível intermediário de 850 hPa) e ao terceira camada mais alta entre 800 hPa e 700 hPa (níveis médios). Esses fluxos e Jatos caracterizam um processo dinâmico de intenso transporte de energia e massa, criando uma estrutura estratificada turbulenta muito eficiente na geração de convecção na região tropical, demonstrando a influência da Camada Limite Planetária Tropical (CLPT) na geração de convecção em meso escala.

**Palavras-Chaves:** Transporte, Convecção e Camada Limite Planetária Tropical.

**ABSTRACT:** ANALYSIS OF THE OCCURRENCE OF STREAMS AND LOW LEVEL JETS IN THE VERTICAL WIND PROFILE AT THE LOWER-ATMOSPHERE OF MANAUS CITY.

This study presents an analysis of the vertical structure of the low level tropical atmosphere, north region of Brazil, using radiosonde data at Manaus. A dynamical model involving flow/Low Level Jet (LLJ) between the 950hPa and 926 hPa levels, between 860 hPa and 880 hPa levels (corresponding to 850 hPa intermediary level) and in the third higher layer between 800 hPa and 700 hPa levels (middle levels) is described. These streams and jets characterise a dynamical process of intense energy and mass transport, creating a turbulent stratified structure which is very efficient in producing convection at tropical region, demonstrating the influence of the Tropical Planetary Boundary Layer (TPLB), in the mesoscale convection generation.

**Key-Words:** Transport, Convection and Tropical Planetary Boundary Layer.

## 1. INTRODUÇÃO

As principais características da circulação atmosférica da região tropical do norte do Brasil já foram estudadas. Os estudos de Molion (1987, 1993) caracterizaram as circulações de macro e mesoescalas que atuam na Amazônia, assim como os processos dinâmicos que organizam e promovem a precipitação naquela região. Estes mecanismos, que provocam chuva na Amazônia, foram agrupados em 3 tipos: a influência da convecção diurna

resultante do aquecimento da superfície e condições favoráveis de larga-escala; linhas de instabilidade originadas na costa N-NE do litoral do Atlântico; e aglomerados convectivos de meso e larga escala, associados com a penetração de sistemas frontais na região S/SE do Brasil, interagindo com a região Amazônica.

Kousky (1979, 1980) observou que a circulação atmosférica nessa região é caracterizada por um centro de máximo secundário costeiro, observado na parte leste da bacia Amazônica, próximo à Belém. O seu desenvolvimento possivelmente, está associado

às linhas de instabilidade, que se formam ao longo da costa durante o fim de tarde, forçado pela circulação de brisa marítima.

Esses estudos não levaram em conta a associação dos processos físicos da convecção e a influência da Camada Limite Planetária (CLP) nos processos sinóticos e dinâmicos. A CLP pode gerar convecção pelo aquecimento, condensação e advecção de calor na baixa troposfera. Este processo está associado às circulações do tipo fluxos/Jatos de Nível Baixo (JNB), que realizam este transporte, dominando a advecção de vorticidade diferencial na média troposfera, forçando movimentos ascendentes, resultando na organização de eventos convectivos e na geração de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) (Maddox e Doswell III, 1982).

Em latitudes médias, Chin et al. (1998) mostrou que os processos de transporte em baixos níveis na troposfera, associados ou não à circulação que está ocorrendo em alta troposfera, geram uma complexa estrutura, atuando na formação de tempo severo e intensa precipitação. Tal situação também pode ser válida para região tropical.

Em estudos observacionais e simulações numéricas, vários autores (Stensrud (1996), Whiteman et al. (1997), Parsons et al. (2000), Lackmann (2002) e Corrêa (2005)) observaram que os fluxos/JNB são responsáveis por parte deste aumento de vapor de água em baixos níveis na atmosfera, desempenhando importante papel na circulação geral da atmosfera, na geração e manutenção dos processos de convecção em latitudes média e próxima dos trópicos, podendo apresentar uma estrutura dinâmica e estratificada com a existência de diferentes escalas meteorológicas espaciais e temporais.

No sul do Brasil, Corrêa (2005) observou em dados de radiossondagem de Porto Alegre e Uruguaiana, uma estrutura dinâmica de fluxos/JNB no processo de transporte em baixos níveis. Os fluxos identificados no perfil vertical do vento, podem ser definidos como aqueles que apresentam velocidades horizontais variando da ordem de  $5 \text{ ms}^{-1}$  até velocidades de JNB, apresentando ou não estrutura vertical de JNB. Os fluxos são significativos, pois podem estar associados à convergência de massa e de energia, mesmo com magnitudes de velocidades mais baixas que de um JNB atuando em escalas sinóticas típicas de meso alfa ( $\alpha$ ) e meso beta ( $\beta$ ), correspondendo às escalas espaciais entre 100 km a 10 km, respectivamente (Orlanski (1975)).

Portanto, os fluxos e JNB no perfil vertical do vento em baixos níveis na troposfera, participam de diferentes escalas espaciais e temporais, caracterizando uma riqueza de combinações de estruturas na CLP e da baixa atmosfera, interligando processos de micro para mesoescala e de meso para escala sinótica. Esta dinâmica em baixos níveis na atmosfera resulta em uma estrutura estratificada, na qual existe tanto a influência do nível intermediário ( $\approx 850 \text{ hPa}$ ) como o nível mais baixo, em torno de  $950 \text{ hPa}$ , para os sistemas convectivos sobre

o Rio Grande do Sul. Assim, busca-se neste estudo, observar na região tropical do Brasil, a ocorrência de uma estrutura similar de fluxos/JNB através da análise de modelagem estatística, com o método das componentes principais do perfil vertical do vento, caracterizando uma estrutura vertical turbulenta, a qual mostre a existência de níveis predominantes e que implique na geração de um modelo conceitual dinâmico do processo físico que ocorre na CLP tropical. Como resultado espera-se o melhor entendimento das relações entre os fluxos /JNB na geração de convecção para a região tropical do Brasil.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados do perfil vertical do vento foram obtidos de radiossondagens realizadas no Aeroporto Internacional de Manaus, entre os meses de outubro de 2002 e maio de 2006. Foram gerado arquivos com a altura, direção e intensidade do vento, obtendo-se matrizes com três colunas de dados diários, entre as 08:30 e 09:00 horas. No tratamento, classificação e consistência dos dados de radiossondagem foi utilizada uma planilha eletrônica do software EXCEL, onde gerou-se arquivos em formato texto Lótus (\*.prn), que posteriormente foram submetidos para análise do software GENSTAT, em cuja sub-rotina padronizou-se os dados de radiossondagens. Os dados foram tratados através de interpolação linear obtendo-se valores da altura, direção e velocidade, no formato de uma matriz de três colunas por 80 linhas, com tamanho da ordem de 151 dias na média, por serem períodos com observações contínuas. Para esta análise, utilizou-se a técnica multivariada de Análise das Componentes Principais (ACP), que supõe que uma variável randômica  $X_1, \dots, X_p$  de interesse tem uma determinada distribuição multivariada, com um vetor médio  $\mu$  e matriz variância-covariância  $S$ .

O  $\lambda_q$  é o maior número de raízes características de  $S$ , as quais são todas independentes. A matriz variância-covariância  $S$  e o vetor  $X$  são de mesma ordem. Os coeficientes  $a$  são elementos de um autovetor da matriz variância-covariância  $S$ , correspondendo ao maior número de raízes de  $\lambda_{ij}$ , e seus autovalores, são menores em número que as  $p$  variáveis. Como os coeficientes das diferentes componentes são necessariamente ortogonais, as primeiras componentes explicam a maior parte do total da variância da amostra, permitindo correlacionar cada componente. Para extrair as componentes da matriz dos dados de radiossondagens e os escores das componentes, utilizou-se o software GENSTAT<sup>®</sup>. Após calcular os escores, os autovetores de  $S$  sofreram um ajuste através da rotação dos vetores em relação aos dados pelo uso de uma função "FACROTATE", que procura otimizar e minimizar, através dos mínimos quadrados, os resíduos da matriz.

A partir da análise dos coeficientes da matriz  $a$ , cada coluna representa uma componente da variância total e cada

**Tabela 1** – Análise das componentes principais da velocidade do vento em altitude sobre a cidade de Manaus.

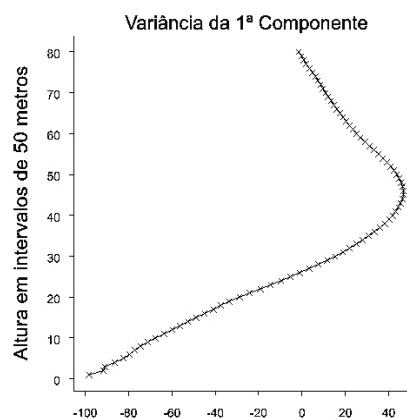
Período Mês/Ano	Dias	COMPONENTES					VARIÂNCIA EXPLICADA
		1°	2°	3°	4°	5°	
10/2002 a 02/2003	151	48,26	34,74	6,67	5,20	2,24	97,11
06/2003 a 11/2003	153	54,43	30,27	7,64	3,13	2,13	97,60
11/2004 a 03/2005	151	48,82	33,46	7,90	4,67	2,34	97,19
06/2005 a 11/2005	153	47,29	33,28	9,27	4,53	2,62	96,99
01/2006 a 05/2006	151	47,59	32,69	7,67	4,66	2,59	95,20

linha desta matriz pode representar a contribuição de cada componente para a ocorrência do evento. Geometricamente os coeficientes podem ser compreendidos como as projeções das amostras na direção da componente principal. Tal fato implica que na análise destes coeficientes da matriz  $a$  (os escores), o maior valor do coeficiente representa a maior contribuição de determinada componente. O ideal deste valor de escore é que ele seja próximo de uma unidade ( $\approx 1$ ). Este método resultante implica na classificação dos perfis verticais do vento por dia na série temporal dos dados de radiossondagem, através da variância vertical de cada componente. Portanto, para todos os períodos analisados foram gerados gráficos para cada componente da ACP. Nestes gráficos buscou-se observar níveis verticais (no eixo das ordenadas) com predominâncias de maior amplitude de variância, estando relacionadas com a existência de mínimos e máximos de intensidade no perfil vertical do vento. O eixo das abscissas mostra valores negativos e positivos, representando à análise de uma matriz multidimensional com base ortogonal, os dados estão alinhados em relação aos eixos deste sistema, o sinal negativo ou positivo, representa somente o sentido neste eixo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

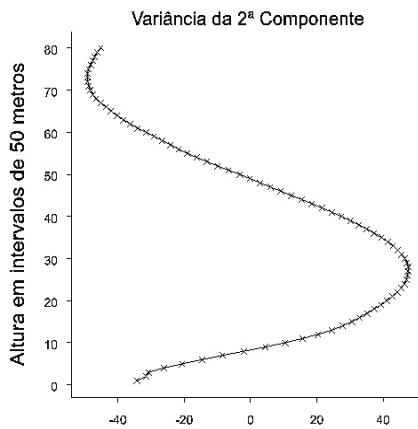
A Tabela 1 mostra as percentagens das componentes principais calculadas nos períodos de outubro de 2002 até maio de 2006 e apresenta também a variância explicada pela ACP superior a 95% nos período analisados.

A Figura 1 mostra a primeira componente do perfil vertical da variância da intensidade do vento no período de julho a novembro de 2005, sobre a cidade de Manaus. Este perfil caracteriza-se pela ausência de JNB, porém pode apresentar a presença de fluxos em níveis mais altos, em torno de 2000 m a 3500 m (níveis de pressão da ordem de 800 hPa a 700 hPa). O perfil vertical do vento apresentou valores fracos na superfície, que foram gradualmente intensificando-se em altitude.

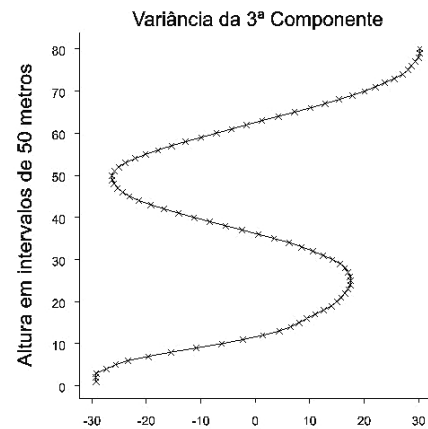
**Figura 1** – Perfil vertical da variância da intensidade do vento sobre a cidade de Manaus no período de julho a novembro de 2005, da 1ª Componente da ACP.

A Figura 2 apresenta o perfil vertical da variância da intensidade do módulo do vento para a segunda componente da ACP, no período de julho a novembro de 2005, evidenciando a existência de fluxos/JNB na altura de 1400 m (nível de pressão da ordem de 860 hPa). A Figura 3, para o mesmo período, apresenta a terceira componente da ACP com a existência de fluxo/JNB na altura de 1250 m (nível de pressão da ordem de 880 hPa). As Figuras 2 e 3 caracterizam a dinâmica local e mostram os fluxos/JNB, que ocorrem entre as alturas de 1000 m e 1500 m (os níveis de pressão acima de 900 até 850 hPa), correspondendo ao nível intermediário clássico de 850 hPa, onde apresenta nos períodos estudados, uma tendência da existência desta dinâmica nos níveis mais em baixos, da ordem de 860 a 880hPa.

A Figura 4 apresenta a quarta componente da ACP no período de julho a novembro de 2005. Mostra a existência de dois níveis com fluxos/JNB, o nível mais baixo ocorre na altura de 750 m (nível de pressão da ordem de 926 hPa). O segundo nível ocorre na altura da ordem de 3250 m (ao nível de pressão da ordem de 700 hPa). A Figura 5 apresenta a quinta componente



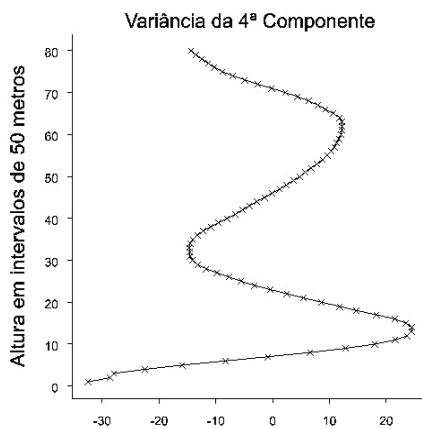
**Figura 2** – Perfil vertical da variância da intensidade do vento sobre a cidade de Manaus no período de julho a novembro de 2005, da 2ª Componente da ACP.



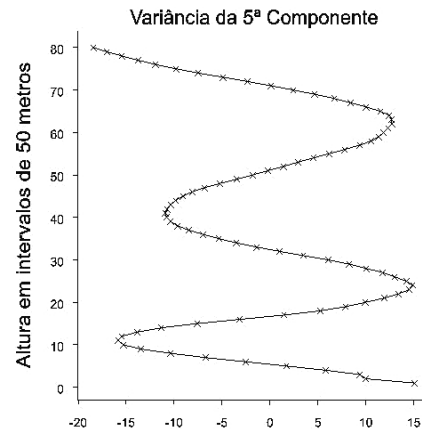
**Figura 3** - Perfil vertical da variância da intensidade do vento sobre a cidade de Manaus no período de julho a novembro de 2005, da 3ª Componente da ACP.

da ACP no período de julho a novembro de 2005, também mostra uma estrutura dinâmica com dois níveis de fluxo/JNB, o primeiro nível ocorre na altura de 500 m (correspondendo ao nível de pressão da ordem de 950 hPa). O segundo nível ocorre na altura de 2100 m (ao nível de pressão da ordem de 800

hPa). Tal estrutura pode caracterizar um modelo de circulação transversal na baixa troposfera, implicando na existência de um mecanismo de convecção diretamente associado à dinâmica de fluxos /JNB na CLP, caracterizando uma estrutura turbulenta horizontal na baixa troposfera.



**Figura 4** – Perfil vertical da variância da intensidade do vento sobre a cidade de Manaus no período de julho a novembro de 2005, da 4ª Componente da ACP.



**Figura 5** - Perfil vertical da variância da intensidade do vento sobre a cidade de Manaus no período de julho a novembro de 2005, da 5ª Componente da ACP.

Tal fato mostra que tanto a quarta como a quinta componente representam processos dinâmicos de interação na vertical entre os níveis, com possível ajustamento de massa com circulação transversal, entre os níveis baixos da CLP tropical com os níveis intermediários na baixa atmosfera, em estruturas sinóticas de mesoescala.

Em latitudes médias, Uccellini e Johnson (1979) mostraram que os Jatos de Nível Superior (JNS) e os JNB

podem estar frequentemente acoplados pelos ajustamentos de massa na vertical entre as duas camadas, especialmente quando a interação dos jatos ocorre através da interseção dos eixos de forma perpendicular na horizontal e ocorrendo dentro da região de saída dos JNS's. Este transporte realizado pelo JNB, aumenta a transferência de umidade por um fator de três e a transferência de calor sensível por um fator de dois, sendo um mecanismo efetivo de otimização dos processos físicos na baixa troposfera

ajudando a criar um ambiente favorável para o desenvolvimento de trovoadas severas.

Corrêa (2005) analisou dados de precipitação em 12 estações meteorológicas de superfície e 52 postos pluviométricos sobre o Rio Grande do Sul entre os anos de 1992 e 1998. Observou através de ACP do perfil vertical do vento, que as componentes de maior ordem estavam associadas ao maior valor de precipitação total, e na média, os perfis caracterizavam os fluxos/JNB no nível de 500 m ( $\approx 950$  hPa) isoladamente, ou em conjunto, nas alturas de 500 m e de 1500 m ( $\approx 850$  hPa) podendo caracterizar circulações transversais.

Entretanto, para a região tropical esta dinâmica pode não ser válida, pois não tem a atuação da força de coriolis nos movimentos sinóticos, devido aos baixos valores de latitude. Mesmo assim, obteve-se como resultado a existência de fluxos/JNB entre os níveis de 500 m e 750 m (mais baixos, da ordem de 950 hPa e 926 hPa), entre 1250 m a 1500 m (correspondendo aproximadamente ao nível intermediário de 850 hPa) e a terceiro camada mais alta, entre os níveis de 2000 m a 3250 m, correspondendo aproximadamente aos níveis da ordem de 800 hPa a 700 hPa (níveis médios). Estes fluxos/JNB realizam uma dinâmica similar com intenso transporte de energia e massa, criando uma estrutura estratificada em níveis baixos, intermediários e médios, a qual é muito eficiente na geração de convecção na região tropical no norte do Brasil. Tais resultados mostram que os processos de convecção são compostos por diferentes sistemas meteorológicos com diferentes escalas espaciais e temporais, apresentando uma estrutura vertical estratificada, na qual ocorre a contribuição de diferentes escalas meteorológicas na geração e manutenção da convecção na baixa troposfera.

A Figura 6 apresenta o perfil vertical da variância para a segunda componente da ACP no período de novembro de 2004 a março de 2005. Entre os períodos analisados foi a única segunda componente que apresenta uma altura menor e com uma predominância de fluxos no nível de 750 m ( $\approx 926$  hPa) com 33% de ocorrência, as outras segundas componentes tiveram alturas da ordem de 1500 m ( $\approx 850$  hPa). Dos períodos analisados pela metodologia da ACP, o de novembro de 2004 a março de 2005, mostrou ser diferente à ocorrência das componentes da ACP. O ano de 2005 apresentou características atípicas em termos de precipitação sobre a Bacia Amazônica (muito seco). Esta condição deve-se a consistentes anomalias positivas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre o Oceano Atlântico Norte (mar do Caribe e costa norte da América do Sul) durante praticamente todo o ano (Janeiro a Outubro), o que causa grandes áreas de subsidência sobre a Amazônia. Por vezes, essa anomalia de TSM é superior a  $1,5^{\circ}\text{C}$  e como consequência deste aquecimento ocorreu a temporada de furacões mais catastróficos até hoje registrados sobre o continente Norte Americano,

concomitantemente uma pronunciada seca sobre o noroeste da América do Sul, notadamente na Bacia Amazônica. Souza et al. (2006) mostraram uma alteração na Circulação de Hadley, com movimentos subsidentes anômalos sobre grande parte da bacia amazônica, que se estabeleceu durante a estação chuvosa, no início do ano, e perdeu até a estação seca nos meses de julho, agosto e setembro de 2005.

A Tabela 2 mostra uma estimativa das escalas de tempo dos processos associados às estruturas de meso escalas ligadas aos fluxos/JNB. Esta tabela apresenta uma diagonal principal, a qual pode ser usada como referência de eficiência no transporte de massa e energia, com os valores entre 6 a 8 horas, pois a existência de fluxo/JNB implica fisicamente em um maior transporte. Este maior transporte ocorre em resposta aos forçantes sinóticos associados aos processos de instabilidade na convecção, os quais são muito frequentes. As velocidades típicas de fluxos/JNB entre 5 e  $10\text{ ms}^{-1}$  apresentam eficiência até 150 km, estando associados a processos de convecção com otimização no transporte para escalas sinóticas típicas de meso alfa ( $\alpha$ ) e meso beta ( $\beta$ ).

Velocidades próximas a  $10\text{ ms}^{-1}$  são eficientes em escalas espaciais entre 100 km e 300 km. Já as velocidades entre  $10\text{ ms}^{-1}$  e  $15\text{ ms}^{-1}$  são eficientes na camada de 100 km até 500 km, e as de  $15\text{ ms}^{-1}$  a  $20\text{ ms}^{-1}$  são eficientes entre as alturas de 100 km a 600 km. A Tabela 2 apresenta também valores para outras escalas espaciais com valores de velocidades que podem atingir escalas próximas a 1000 km, e velocidades da ordem  $30\text{ ms}^{-1}$ , caracterizando eficiência no transporte em uma escala a nível continental.

#### 4. CONCLUSÕES

Este estudo apresenta uma discussão sobre as estruturas verticais em baixos níveis na atmosfera tropical, região norte do Brasil, assim como se descreve um modelo dinâmico que envolve fluxos/JNB entre os níveis de 500 m e 700 m (mais baixos) e entre 1250 m e 1500 m (correspondendo aproximadamente ao nível intermediário de 850 hPa) e a terceira camada mais alta, entre os níveis de 2000 m e 3250 m (níveis médios). Este resultado apresenta uma estrutura física de um processo dinâmico, que caracteriza um intenso transporte de energia e massa, criando uma estrutura estratificada turbulenta, e fornecendo importantes informações dos processos sinóticos associados à convecção na região tropical. Tal estrutura de CLP associada a outras escalas sinóticas em escala continental e planetária (sistemas frontais em latitudes médias que atuam na região tropical), também influenciam na convecção, e criam uma sobreposição de processos complexos. Os sistemas de previsão de tempo devem adequar-se aos métodos de análise e previsão meteorológica, como utilizar o cálculo de índices

**Tabela 2** – Análise da escala temporal ( $T=L/U$ ,  $T$ =tempo,  $L$ =comprimento e  $U$ =velocidade) dos fluxos/JNB através das suas escalas espaciais e velocidades envolvidas, ( Os valores em horas foram arredondadas para o inteiro mais próximo).

Escala de comprimento em quilômetros			Escala de tempo em horas				
100	<b>6</b>	3	2	1	1	1	
150	<b>8</b>	4	3	2	2	1	
200	11	<b>6</b>	4	3	2	2	
300	17	<b>8</b>	<b>6</b>	4	3	3	
400	22	11	<b>7</b>	<b>6</b>	4	4	
500	28	14	9	<b>7</b>	<b>6</b>	5	
600	33	17	11	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	
700	39	19	13	10	<b>8</b>	<b>6</b>	
800	44	22	15	11	9	<b>7</b>	
900	50	25	17	13	10	<b>8</b>	
1000	56	28	19	14	11	9	
<b>Velocidade típica dos fluxos e JNB (<math>ms^{-1}</math>)</b>							
	5	10	15	20	25	30	

de instabilidade atmosférica, para agregarem estes processos físicos de transporte e de convergência de massa na baixa troposfera, os quais atuam na geração de convecção na região tropical do Brasil. Atualmente os sistemas de previsão de tempo não levam em consideração os processos da CLP, o que pode caracterizar uma subestimação dos processos físicos na geração e manutenção da convecção em meso escala na região tropical do Brasil.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHIN, H.-N. S. e WILHELMSON, R. B.. Evolution and structure of tropical squall line elements within a moderate CAPE and strong low-level jet environment. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v55 (20), p3089-3113, 1998.
- CORRÊA, C. S., Estudo estatístico da ocorrência de jatos no perfil vertical do vento na baixa atmosfera e a sua relação com eventos de intensa precipitação pluvial no Rio Grande do Sul. UFRGS, 2005. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- KOUSKY, V.E., 1979: Frontal influences on northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 107, 1142-1153.
- KOUSKY, V.E, 1980: Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 108, 488-498.
- LACKMANN, G. M. Cold-frontal potential vorticity maxima, the low-level jet, and moisture transport in extratropical cyclones. *Monthly Weather Review*, v130, p59-74, 2002.
- MADDOX, R. A. e DOSWELL III, C. A. An examination of jet stream configurations, 500mb vorticity advection and low-level thermal advection patterns during extended periods of intense convection. *Monthly Weather Review*, v110, p184-197, 1982.
- MOLION, L.C.B. Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2(1): 107 - 117, 1987;
- MOLION, L.C.B. Amazonia rainfall and its variability. In: *Hydrology and water management in the humid tropics*". Bonell, M., Hufschmidt, M.M., Gladwell, J.S. (eds.). International Hydrology Series, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, p. 99 - 111, 1993;
- ORLANSKI, I.. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bulletin of the American Meteorological Society*. v56(5), p527-534, 1975.
- PARSONS, D. B., SHAPIRO, M. A. e MILLER, E.. The mesoscale structure of a nocturnal dryline and of a frontal-dryline Merger. *Monthly Weather Review*, v128(11), p3824-3838, 2000.
- SOUZA, E. B., SENNA, R. C., DALLAROSA, R L G, GONCALVES, F.A. V., SARAIVA, J.M. B., LOPES, J.L. M., KUHN, P.A. F. On the 2005 drought in the Amazon River basin In: 8th International Conference on Southern Hemisphere, 2006, Foz do Iguaçu. *Proceedings of 8 ICSHMO*, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, 2006, INPE. , 2006. p.1206 - 1215

STENSRUD, D. J.. Importance of low-level Jets to Climate: A Review. *Journal of Climate*. v9, p1698-1711, 1996.

UCCELLINI, L. W.; JOHNSON, D. R.. The coupling of upper and lower tropospheric jet streaks and implications for the development of severe convective systems. *Monthly Weather Review*, v107(6), p662-703, 1979.

WHITEMAN, C. D., XINDI B. e SHIYUAN Z.. Low-level jet climatology from enhanced Rawinsonding observations at a site in the Southern Great Plains. *Journal of Applied Meteorology*, v36, p1363-1376, 1997.