

Relatório Final de Iniciação Científica

**Estudos da Estrutura da Circulação e da Precipitação
no Jato de Baixos Níveis do Sudoeste da Amazônia**

Bolsista: Daniel Heidi Yoshida

**Orientadores: Regina Célia dos Santos Alvalá
José Antônio Marengo Orsini**

INTRODUÇÃO

O jato de baixo nível (JBN) refere-se a um sistema de vento máximo que ocorre no primeiro ou segundo quilômetro da atmosfera e possui extensão horizontal que é comumente de dimensão sinótica. Os jatos de baixos níveis melhor documentados ocorrem a leste de topografias altas. Os exemplos incluem o jato da Somália, localizado a leste das terras altas africanas, o jato das Grandes Planícies situado a leste das Montanhas Rochosas, e os jatos do Pampa e da Amazônia encontrados a leste das montanhas dos Andes.

Por outro lado, distinção deve ser feita entre jatos que estão relacionados à forçantes de escala sinótica que apresentam zonas estreitas de alta velocidade de escoamento estendendo-se por centenas de quilômetros e os jatos que apresentam ciclos diurnos significativos ou ocorrem somente em regiões localizadas. Conforme salientado por Reiter em 1969 (Stensrud, 1996) os jatos que apresentam significantes ciclos diurnos associados com o desenvolvimento de inversões do vento máximo, já que eles apresentam cisalhamentos horizontais pequenos e portanto não são correntes de jatos lateralmente confirmados. Somente os jatos com considerável cisalhamento vertical e horizontal devem ser denominados JBNs. Além disso, Reiter afirmou que os processos de pequena escala que criam perfis verticais como jatos, em que a força de Coriolis não é importante, também não são considerados JBNs. Entretanto, o termo inversão do vento máximo não tem sido amplamente utilizados na literatura, ao passo que o termo JBN tem sido extensivamente usado para jatos de todos os tipos na baixa troposfera. Por exemplo, um JBN é tipicamente definido examinando-se o perfil vertical do vento horizontal para determinar se ou não ocorre velocidade máxima do vento em baixo nível, com nenhuma consideração para cisalhamento horizontal.

Talvez o aspecto mais freqüentemente estudado do JBN relaciona-se com a sua influência sobre a convecção. Cada um dos jatos mencionados anteriormente transporta vapor d'água dos trópicos para latitudes mais altas e, portanto, serve como canal de umidade conectando os trópicos quente e úmido às regiões de tempo convectivo intenso.

As circulações atmosféricas da região sudoeste da Amazônia caracteriza-se pela presença de JBNs, os quais correspondem a um padrão de circulação regional durante o verão e são importantes por serem uma esteira de transporte de umidade que se estende desde a Amazônia Central até as férteis terras do Sul do Brasil e norte da Argentina. Assim sendo, o objetivo deste trabalho consiste em identificar e estudar a estrutura da circulação atmosférica no JBN do sudoeste da Amazônia, durante o verão (janeiro e fevereiro) de 1999 na região Sudoeste da Amazônia.

ELEMENTOS TEÓRICOS

Um jato é definido como uma corrente de vento intensa, estreita e quase horizontal, a qual está associada com forte cisalhamento vertical. Segundo Chen et al. (1994), "intensa" significa, de modo geral, pelo menos 30 m/s para a porção superior da troposfera (acima do nível de 300 hPa) e 12,5 m/s para a porção mais baixa da troposfera (acima do nível de 600 hPa). Uma corrente "estreita" é aquela cuja razão largura - comprimento não deve ser maior que $\frac{1}{2}$. Cisalhamento vertical "forte" significa pelo menos $5 - 10 \text{ m s}^{-1} \text{ km}^{-1}$.

O jato na porção mais baixa da troposfera (abaixo no nível de 600 hPa) tem sido observado na Europa (Kraus et al., 1985), África (Hart et al., 1978), América do Norte e do Sul (Izumi, 1964; Djuric e Ladwig, 1983; Uccellini et al., 1987; Parish et al., 1988; Lapenta e Seaman, 1992; Berri e Inzunza, 1993); Austrália (Brook, 1985; Garratt, 1985); Nova Zelândia (Goulter, 1989) e leste da Ásia (Ninomiya e Murakami, 1987). Conforme ressaltado por Chen et al. (1994), o jato na baixa troposfera registrado nos diversos estudos mencionados podem ser classificados em 2 espécies:

- (1) Aqueles que ocorrem na camada limite planetária (CLP) com cisalhamento do vento vertical muito forte e apresentam considerável variação diurna alcançando intensidade máxima no início da manhã e dissipação ao entardecer - um fenômeno de camada limite que pode ser definido como o jato da camada limite (JCL).
- (2) Aqueles que ocorrem nos níveis entre 600 - 900 hPa, geralmente associados com sistemas de tempo de escala sinótica ou sub - sinótica, tais como frentes e ciclones. Estes jatos são definidos como jatos de baixos níveis.

Um jato de baixo nível (JBN) é um vento máximo no primeiro quilômetro acima da superfície e que estende-se na vertical por umas poucas centenas de metros. Os JBNs possuem diferentes origens, como por exemplo, resfriamento noturno, convergências de transferência de momentum, etc. Com escalas maiores, os jatos associados com os "ranges" montanhosos, tais como o jato da Somália sobre o Oceano Índico a leste da

África (Bannon, 1979) e o jato das Grandes Planícies à leste das Montanhas Rochosas na América do Norte (Bonner, 1968), resultam da interação entre a topografia alta e o ciclo diurno de aquecimento e fluatibilidade. Estes JBNs têm extensão horizontal de diversas centenas de quilômetros e velocidades dos ventos que excedem facilmente 10 ou 20 m s⁻¹. Estudos conduzidos nos casos mencionados acima revelaram um mecanismo efetivo para transferência de vapor d'água das regiões equatoriais úmidas para latitudes mais altas (Anthes et al., 1982). A convergência de momentum em baixo nível na parte frontal do jato, associado com a injeção de vapor d'água, parece desempenhar um papel muito importante na dinâmica da convecção e das tempestades. Por exemplo, Wallace (1975) mostrou que havia um máximo noturno de atividade convectiva (Astling et al., 1985) sobre as Grandes Planícies na América do Norte que poderia estar relacionadas com o JBN noturno.

Berri e Inzunza (1993) estudaram o JBN da região central da América do Sul, gerado pelo ciclo diário de convergência e divergência a leste dos Andes. Para o estudo, utilizaram dados de radiosondagens e de balão cativo, tendo sido selecionado 10 casos de JBNs e outros 10 casos em que não se observou JBNs, tendo os resultados revelado que os JBNs são mecanismos bastante efetivos para transportar vapor d'água para os pólos. Estudos anteriores, como os de Virji (1981) e de Fernandes e Necco (1985) já haviam revelado a existência de JBNs na região central daquele continente. Embora a existência do JBN sobre a América do Sul em escala sinótica seja conhecida, seu desenvolvimento e comportamento não é ainda completamente entendido. Isto deve-se parcialmente ao fato de que a rede de estações de tempo de ar superior não é suficientemente densa para representar a estrutura espacial do JBN. Apesar das características observacionais mais importantes do JBN na América do Sul não terem sido completamente exploradas, algumas informações preliminares sobre o ciclo diário e a extensão horizontal podem ser encontrados em Nogueira - Paegle e Mo (1997) e Seluchi e Marengo (1999).

Os JBNs nas Américas melhores documentados ocorreram a leste de alta topografia. O papel do JBN a leste dos Andes é similar àquele do JBN da Grandes Planícies, o qual transporta umidade através da região Central dos Estados Unidos (Berbery e Collini, 1999). Este JBN, o qual encontra-se entre as montanhas Rochosas e o Rio Mississippi, tende a estar associado com fenômeno convectivo intenso de verão,

tipo monção, sendo mais forte à noite. Um JBN menor e mais fraco foi encontrado acima do Golfo da Califórnia e segundo Douglas et al., (1993) e Douglas, (1995) foi responsável pelo transporte de umidade para os desertos baixos do centro do Arizona.

Nogues - Paegle e Mo (1997) salientaram as diferenças entre o JBN sobre as Grandes Planícies dos Estados Unidos e aquele sobre a América do Sul. Enquanto a fonte de umidade para o primeiro é uma massa de água (Golfo do México), o último parece ter uma fonte de umidade continental (Amazônia).

O JBN das Grandes Planícies dos Estados Unidos tem um marcado ciclo anual, com o jato desenvolvendo-se durante a estação quente, enquanto o jato Sul americano parece estar presente a maior parte do ano (Marengo et al., 2000).

O vapor d'água é um dos mais importantes constituintes atmosféricos. Tem papel fundamental no balanço de energia próximo à superfície do solo além de ser elemento decisivo no ciclo hidrológico, transferindo água da superfície para a atmosfera, ou retornando-a, sob forma de chuva. Atua como absorvedor de radiação infravermelha, reemitindo-a à sua temperatura. Portanto, desempenha o papel de um agente termorregulador, impedindo que a camada de ar junto ao solo se esfrie em demasia durante a noite. Ao passar da fase líquida para a gasosa, absorve calor do ar circunvizinho, resfriando-o, e, ao retornar da fase gasosa para a líquida, libera calor latente acumulado; desta maneira, estará aquecendo a atmosfera. Possuindo máximas concentrações nas regiões tropicais e equatoriais úmidas e mínimas nas latitudes elevadas e polares, acaba por estabelecer um fluxo de vapor d'água das baixas para as altas latitudes e, ao condensar e precipitar, aquece aquelas regiões. Quando o ar é forçado a subir para as camadas superiores da atmosfera, o que é mais intenso nas regiões tropicais e equatoriais, o vapor d'água, ao condensar, desempenha duplo papel: forma pesadas nuvens e transfere calor para a atmosfera superior, alimentando, assim, não apenas chuvas intensas, mas também alguns dos mais temíveis fenômenos atmosféricos - os tufões e os furacões. O vapor d'água é a maior fonte de energia latente da atmosfera tropical.

Recentemente, Dias (2000) discutiu o possível papel da liberação de calor latente na organização e intensificação dos JBNs de ambos os lados dos Andes. O

mecanismo para a variação diurna do JBN foi discutido com base no impacto do ciclo diurno da liberação de calor latente. Para este propósito, utilizou-se o modelo Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) e dados da campanha WETAMC/LBA coletados em janeiro e fevereiro de 1999. Os resultados indicaram que o JBN foi particularmente intenso durante 4 episódios: (a) período I - de 18 a 22 de janeiro, ; (b) período II - de 27 a 28 de janeiro, (c) período III - de 30 de janeiro a 03 de fevereiro e (d) período IV - de 11 a 14 de fevereiro. Os resultados de re-análises mostraram concordância aceitável quando comparado com as observações. Um impacto significativo da fonte de calor sobre as inclinações mais altas dos Andes foi também identificado, além dos mecanismos tradicionais de formação dos JBNs. Além disso, ressaltou-se que mais estudos são necessários para que se possa estabelecer melhor conexão entre a liberação de calor latente sobre o topo dos Andes e sobre o Brasil Central sobre o JBN de sul.

MÉTODOS E DADOS

Os dados necessários para o estudo proposto fazem parte do conjunto obtido durante o experimento Interação Biosfera - Atmosfera em Mesoescala na Amazônia - WET - AMC, realizado na estação úmida de 1999, em Rondônia. Este experimento é parte do Projeto Experimento de Grande - Escala da Biosfera - Atmosfera na Amazônia - LBA.

O Projeto LBA é uma iniciativa de pesquisa internacional liderada pelo Brasil e foi concebido para gerar novos conhecimentos para entendimento do funcionamento climatológico, ecológico, biogeoquímico e hidrológico da Amazônia, o impacto das mudanças no uso da terra nesses funcionamentos e as interações entre a Amazônia e o sistema biogeofísico global da Terra (INPE, 2000).

Os dados considerados nas análises foram obtidos a partir de radiossondagens realizadas nas estações: Reserva Biológica do Jaru ($10,14^{\circ}$ S; $61,91^{\circ}$ W; altitude de 130 m) e Rolim de Moura ($11,70^{\circ}$ S; $61,78^{\circ}$ W; altitude de 225 m). Neste estudo considerou-se um JBN como sendo aquele com velocidade acima de 10 m/s, direção entre 45° - 330° (norte), com alta umidade relativa (acima de 80%) e alcançando altitude de até 2000 metros.

Dados adicionais de radiossondagens e de observações com balão-piloto, obtidos na Bolívia pela rede do Projeto "Pan American Climate Studies" (PACS-SONET) da "National Oceanic and Atmospheric Administration" (NOAA) e "National Aeronautics and Space Administration" (NASA), também foram considerados. As observações da rede de sondagens do ar superior PACS-SONET foram incorporadas pela NASA durante a campanha de missão de Medição de Chuvas Tropicais (TRMM-LBA). Um dos sítios (Santa Cruz) continua coletando observações até o presente. Observações de radiossondagens foram feitas no Aeroporto Internacional de Viru - Viru em Santa Cruz, Bolívia ($17^{\circ}38'S$; $63^{\circ}08'W$), enquanto observações de balão-piloto foram coletados em Uyuni, Trinidad, Roboré, La Paz e também em Santa Cruz (somente às 13 horas). Observações de balão piloto foram feitas entre 6:30 - 7:00 e 17:00 - 17:30 horas local a

cada dia. Observações com radiossondas foram feitas em Viru - Viru duas vezes ao dia (aproximadamente 11:00 e 21:00 GMT).

A missão TRMM - Brasil faz parte do programa que pretende estudar as características dinâmicas, microfísicas, elétricas e de aquecimento diabático da convecção tropical em duas regiões no país: Estado de Rondônia, na região Amazônica, e no Estado do Paraná. Os dados coletados pelo programa serão utilizados, em parte, para a validação de produtos de satélite do TRMM, que passou repetidamente sobre as regiões. Paralelamente, os dados coletados no programa de campo possibilitarão responder as questões científicas relacionadas ao estudo da convecção tropical na região (INPE, 2000).

RESULTADOS

A identificação e o estudo dos Jatos de Baixos Níveis (JBNs) que caracterizam as circulações atmosféricas da região sudoeste da Amazônia são importantes por constituírem uma esteira de transporte de umidade para as regiões sul do Brasil e norte da Argentina. O transporte de vapor d'água é essencial para o desenvolvimento da agricultura, bem como da pecuária; portanto, são muito importantes para a economia local. Esses jatos correspondem a um padrão de circulação regional durante o verão.

Neste estudo considerou-se um JBN como sendo aquele com velocidade acima de 10 m/s, direção entre 45°-330° (norte), com alta umidade relativa (acima de 80%) e alcançando altitude de até 2000 metros.

A Tabela 1 apresenta dados de radiossondas obtidas no dia 08/02/1999, às 14:33 UTC em Rolim de Moura, Brasil. Este dia caracterizou-se por apresentar um JBN, com velocidades do vento de até 15 m/s à altitude de aproximadamente 2000 m.

Tabela 1 - Dados de radiossondagem obtida no dia 08/02/00, às 14:33 UTC em Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

Hgt/MS m	Press hPa	Temp degC	RH %	Dir deg	Speed m/s
225,0	988,9	26,9	87,0	44,0	1,5
277,0	983,0	25,3	73,0	29,0	1,9
311,0	979,2	25,1	76,0	24,0	2,2
348,0	975,1	24,9	77,0	19,0	2,6
384,0	971,1	24,5	78,0	14,0	2,9
425,0	966,6	23,9	80,0	10,0	3,2
466,0	962,1	23,4	82,0	6,0	3,5
511,0	957,2	23,0	83,0	3,0	3,7
560,0	951,8	22,5	86,0	1,0	3,9
611,0	946,3	22,0	88,0	359,0	4,2
666,0	940,3	21,6	90,0	358,0	4,5
726,0	933,9	21,0	92,0	358,0	5,0
785,0	927,5	20,5	95,0	1,0	5,6
834,0	922,3	20,1	96,0	360,0	6,1
880,0	917,4	19,7	97,0	359,0	6,5
925,0	912,7	19,4	96,0	359,0	6,9
969,0	908,0	19,0	95,0	360,0	7,4
1011,0	903,6	18,6	95,0	1,0	7,8
1051,0	899,4	18,5	94,0	3,0	8,2
1097,0	894,6	18,6	92,0	4,0	8,7
1142,0	890,0	18,7	86,0	6,0	9,1

1186,0	885,5	19,0	81,0	8,0	9,4
1228,0	881,2	19,1	76,0	10,0	9,8
1272,0	876,7	18,8	77,0	12,0	10,1
1314,0	872,4	18,4	78,0	14,0	10,5
1356,0	868,1	18,1	79,0	16,0	10,7
1400,0	863,7	18,5	73,0	17,0	11,0
1442,0	859,5	18,6	67,0	18,0	11,3
1486,0	855,1	18,5	68,0	18,0	11,5
1530,0	850,7	18,2	69,0	19,0	11,8
1574,0	846,4	18,0	69,0	19,0	12,2
1616,0	842,3	17,9	69,0	19,0	12,7
1662,0	837,7	17,8	68,0	19,0	13,2
1708,0	833,3	17,6	67,0	20,0	13,9
1754,0	828,8	17,3	67,0	20,0	14,3
1804,0	824,0	17,0	68,0	21,0	14,6
1854,0	819,1	16,7	69,0	21,0	14,9
1904,0	814,4	16,5	68,0	23,0	15,1
1958,0	809,2	16,4	67,0	24,0	15,1
2010,0	804,3	16,1	67,0	26,0	15,0
2064,0	799,2	15,7	68,0	28,0	14,8
2120,0	793,9	15,6	68,0	30,0	14,4
2176,0	788,7	15,2	69,0	31,0	13,9
2230,0	783,7	14,7	71,0	33,0	13,4
2286,0	778,6	14,3	73,0	36,0	12,7
2342,0	773,5	13,9	74,0	39,0	11,8
2395,0	768,6	13,5	75,0	40,0	11,2
2447,0	763,9	13,4	75,0	41,0	10,9
2496,0	759,4	13,3	74,0	41,0	10,6
2544,0	755,2	13,1	73,0	41,0	10,3
2595,0	750,6	12,7	74,0	40,0	10,6
2646,0	746,0	12,3	74,0	41,0	10,9
2696,0	741,7	12,2	73,0	42,0	10,8
2743,0	737,5	12,0	72,0	44,0	10,8
2794,0	733,0	11,8	72,0	44,0	10,6
2845,0	728,6	11,4	74,0	43,0	10,2
2896,0	724,1	11,0	76,0	43,0	9,9
2947,0	719,7	10,7	77,0	41,0	9,7
2998,0	715,3	10,3	78,0	40,0	9,5
3049,0	711,0	10,0	78,0	39,0	9,4
3104,0	706,3	9,6	79,0	40,0	9,4
3157,0	701,8	9,2	80,0	42,0	9,3
3210,0	697,4	8,9	80,0	45,0	9,3
3264,0	692,8	8,4	83,0	48,0	9,5
3319,0	688,3	7,9	85,0	49,0	9,7
3371,0	683,9	7,6	86,0	49,0	9,6
3424,0	679,6	7,2	88,0	50,0	9,5
3480,0	675,0	6,9	89,0	50,0	9,4
3534,0	670,5	6,6	88,0	49,0	9,1
3586,0	666,3	6,4	87,0	50,0	8,6
3641,0	661,9	5,9	87,0	50,0	8,4
3699,0	657,2	5,6	87,0	50,0	8,1
3757,0	652,6	5,4	87,0	50,0	7,8
3813,0	648,1	5,1	88,0	51,0	7,6

3871,0	643,6	4,8	86,0	52,0	7,4
3926,0	639,2	4,5	85,0	53,0	7,2
3986,0	634,5	4,1	84,0	55,0	7,1
4050,0	629,6	3,7	83,0	57,0	7,0
4111,0	624,8	3,3	83,0	60,0	6,9
4167,0	620,6	3,0	83,0	62,0	6,8
4222,0	616,4	2,6	85,0	64,0	6,8
4282,0	611,9	2,0	87,0	66,0	6,8
4341,0	607,4	1,5	89,0	69,0	6,7
4398,0	603,1	1,2	89,0	72,0	6,7
4457,0	598,7	1,1	87,0	75,0	6,7
4510,0	594,8	0,8	85,0	78,0	6,7
4565,0	590,7	0,4	85,0	79,0	6,8
4624,0	586,4	0,0	85,0	81,0	7,0
4682,0	582,1	-0,6	86,0	83,0	7,2
4741,0	577,9	-0,9	87,0	85,0	7,4
4800,0	573,7	-1,4	87,0	86,0	7,6
4856,0	569,6	-1,3	76,0	87,0	7,8
4911,0	565,7	-1,3	71,0	88,0	8,0
4963,0	562,0	-1,5	65,0	89,0	8,1

Na tabela acima, as informações em cada coluna correspondem a:

Hgt/MS- altitude em metros;

Press- pressão em hecto pascal

temp- temperatura em graus Celsius;

RH- umidade relativa;

Dir- direção do vento em graus;

Speed- velocidade do vento em metros por segundo;

Como exemplo, apresenta-se abaixo dados de balão piloto obtidos na estação Trinidad, Bolívia, no dia 30/01/99, às 17:00 UTC (Tabela 2). Observa-se a ocorrência de um JBN neste local, com velocidades do vento alcançando 14 m/s entre as altitudes de 500 e 2000 m.

Tabela 2 - Dados de balão piloto na Estação Trinidad, Bolívia, no dia 30/01/99, às 17:00 UTC

t[s]	zt[m]	zm[m]	x[m]	y[m]	dir[o]	mag[m/s]	U[m/s]	V[m/s]
0,5	111	267	69,4	-162,8	337,70	6,281	2,383	-5,812
1,0	222	378	143,0	-348,7	336,93	7,234	2,835	-6,656
1,5	333	489	239,5	-562,1	334,34	9,101	3,942	-8,203
2,0	444	600	379,5	-840,9	331,88	12,516	5,899	-11,038
2,5	555	711	593,5	-1224,4	330,47	14,359	7,077	-12,494
3,0	666	822	804,1	-1590,5	330,21	13,851	6,882	-12,021
3,5	777	933	1006,4	-1945,7	328,28	14,030	7,376	-11,935
4,0	888	1044	1246,7	-2306,6	325,09	14,432	8,259	-11,835
4,5	999	1155	1501,9	-2655,7	325,52	14,050	7,954	-11,582
5,0	1110	1266	1723,9	-3001,6	328,11	13,740	7,258	-11,667
5,5	1221	1377	1937,4	-3355,7	329,16	13,152	6,742	-11,292
6,0	1332	1488	2128,4	-3679,1	329,33	12,730	6,493	-10,950
6,5	1443	1599	2327,0	-4012,7	330,08	12,933	6,451	-11,209
7,0	1554	1710	2515,5	-4351,7	331,36	13,630	6,533	-11,962
7,5	1665	1821	2719,0	-4730,4	331,70	14,149	6,708	-12,458
8,0	1776	1932	2917,9	-5099,1	330,71	13,750	6,728	-11,991
9,0	1998	2154	3324,5	-5809,7	330,96	13,538	6,572	-11,836
10,0	2220	2376	3706,5	-6519,4	333,47	12,109	5,408	-10,834
11,0	2442	2598	3973,5	-7109,8	338,75	10,996	3,985	-10,248
12,0	2664	2820	4184,7	-7749,2	338,86	10,637	3,836	-9,921
13,0	2886	3042	4433,8	-8300,3	333,18	10,282	4,640	-9,175
14,0	3108	3264	4741,5	-8850,2	330,52	10,405	5,120	-9,059
15,0	3330	3486	5048,2	-9387,3	330,03	10,558	5,274	-9,147
16,0	3552	3708	5374,3	-9947,9	327,44	9,393	5,055	-7,916
17,0	3774	3930	5654,8	-10337,3	324,53	8,261	4,793	-6,728
18,0	3996	4152	5949,5	-10755,3	325,52	8,069	4,568	-6,651
19,0	4218	4374	6203,0	-11135,5	323,34	7,581	4,526	-6,082
20,0	4440	4596	6492,6	-11485,0	318,07	7,225	4,827	-5,375
21,0	4662	4818	6782,3	-11780,5	300,93	5,771	4,950	-2,966

Na Tabela acima, as informações em cada coluna correspondem a:

- t- tempo em segundos após o lançamento;
- zt- altura em metros (relação à superfície);
- zm- altura em metros (relação ao nível do mar);
- x- distância leste - oeste do ponto de lançamento em metros;
- y- distância norte - sul do ponto de lançamento em metros;
- dir- direção do vento em graus;
- mag- velocidade do vento em m/s;
- U- componente zonal do vento em metros;
- V- componente meridional do vento em metros;

Da análise dos vários dias, verificou-se ocorrência de jatos nos dias 31/01/99 (14:35 UTC), 02/02/99 (11:30 UTC) e 03/02/99 (17:30 UTC) na Reserva Jaru, enquanto em Rolim de Moura os jatos ocorreram nos dias 28/01/99 (2:30 UTC), 30/01/99 (2:30 UTC), 31/01/99 (5:30 UTC), 02/02/99 (11:25 e 14:40 UTC), 03/02/99 (14:30 UTC) e 08/02/99 (8:30 e 14:30 UTC).

A partir dos casos encontrados, comparações foram feitas com os dados das estações Trinidad e Roboré, na Bolívia, para os mesmos dias. As componentes utilizadas para a comparação foram velocidade e direção do vento, por serem estas observadas tanto por radiossondas, quanto por balão piloto. As Figuras 1 e 2, apresentadas abaixo, ilustram respectivamente a variação da velocidade e da direção do vento no dia 28/01/99 nas Estações de Rolim de Moura e Roboré.

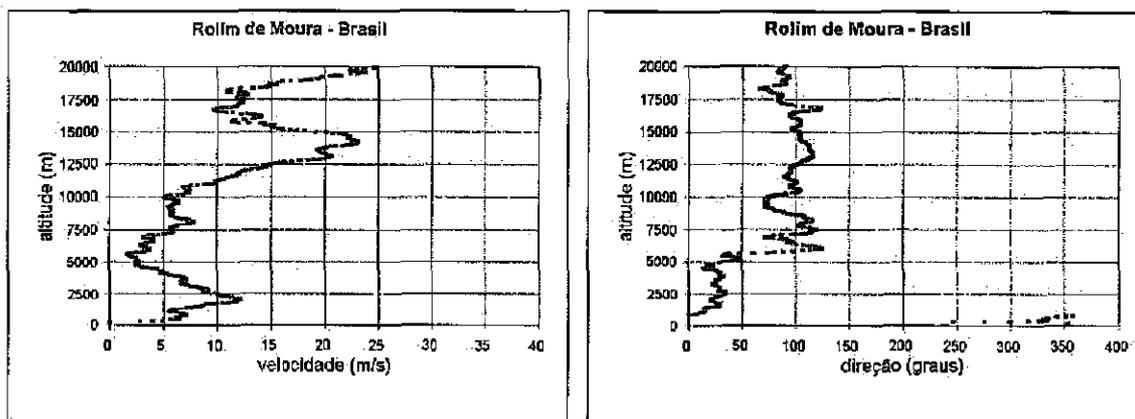


Figura 1 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 28/01/99, às 2:30 UTC, em Rolim de Moura, Brasil.

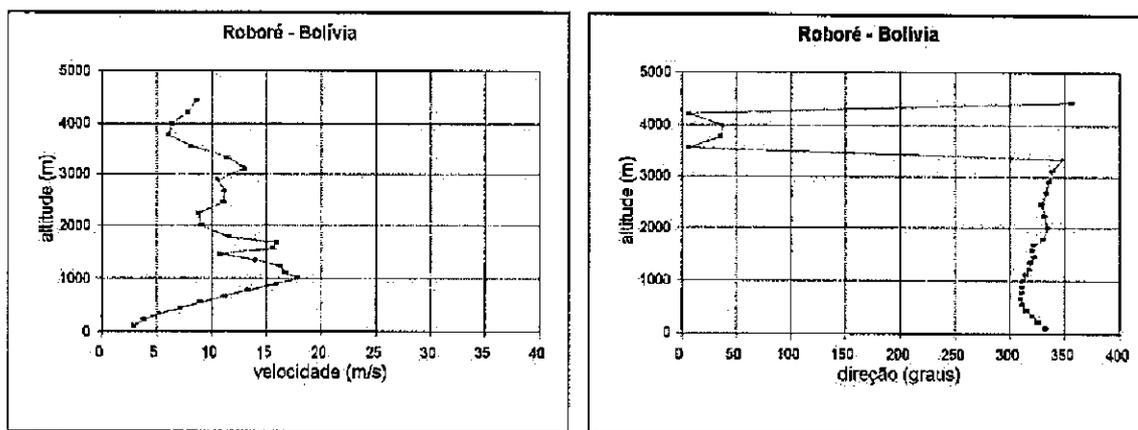


Figura 2 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 28/01/99, às 11:00 UTC, em Roboré, Bolívia.

Comparando a variação da velocidade do vento entre as Figuras 1 e 2 podemos notar que os ventos de Roboré chegam a ter valores de até 18m/s enquanto que em Rolim de Moura alcançam no máximo 12m/s.

As Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8, apresentadas abaixo, ilustram respectivamente a variação da velocidade e da direção do vento no dia 30/01/99 nas Estações de Rolim de Moura (2:30UTC), Trinidad (11:00 e 17:00UTC) e Roboré (11:00, 17:00 e 22:00UTC). Os ventos com maior intensidade foram encontrados em Roboré, aproximadamente da ordem de 16 m/s. Em Trinidad, os ventos máximos foram de até 15 m/s e, em Rolim de Moura, iguais a 10,5m/s. Em todas as localidades, a direção predominante é de noroeste, bem como as maiores flutuações na velocidade do vento ocorrem durante o período diurno.

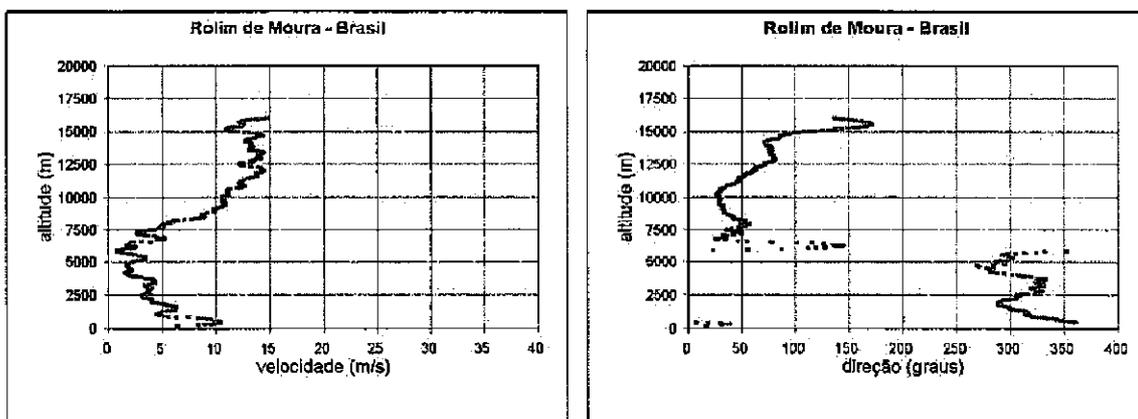


Figura 3 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 30/01/99, às 2:30 UTC, em Rolim de Moura, Brasil.

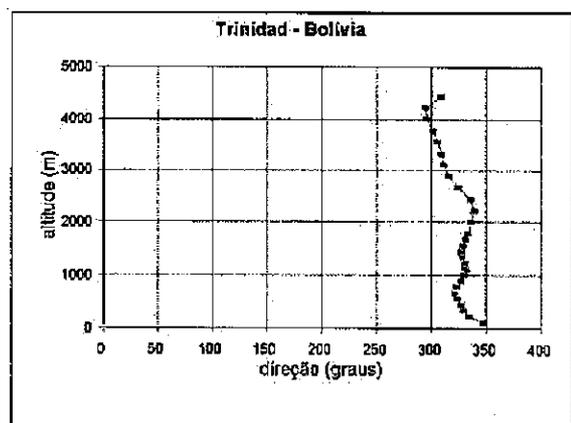
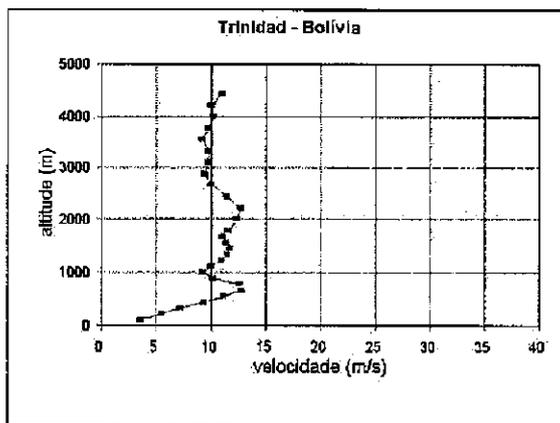


Figura 4 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 30/01/99, às 11:00 UTC, em Trinidad, Bolívia.

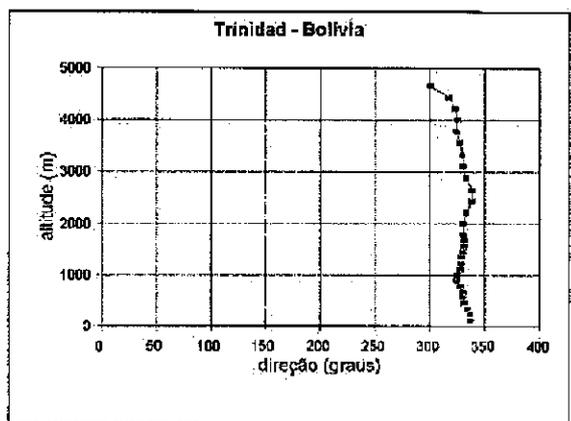
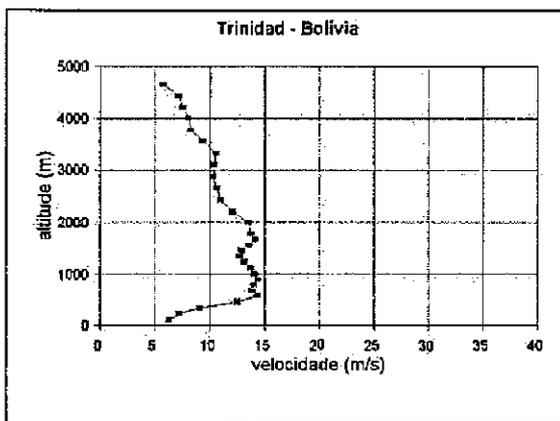


Figura 5 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 30/01/99, às 17:00 UTC, em Trinidad, Bolívia.

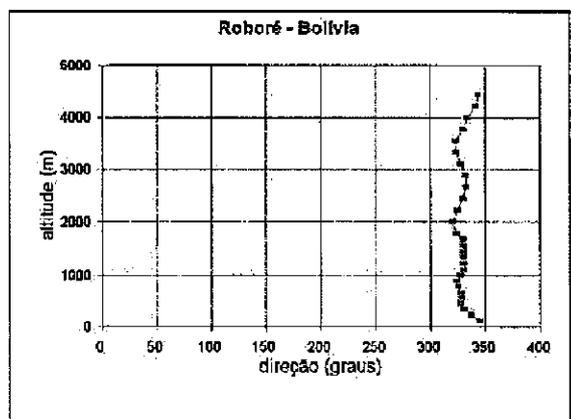
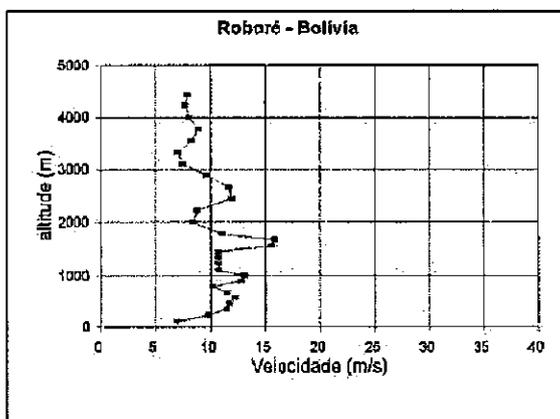


Figura 6 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 30/01/99, às 11:00 UTC, em Roboré, Bolívia.

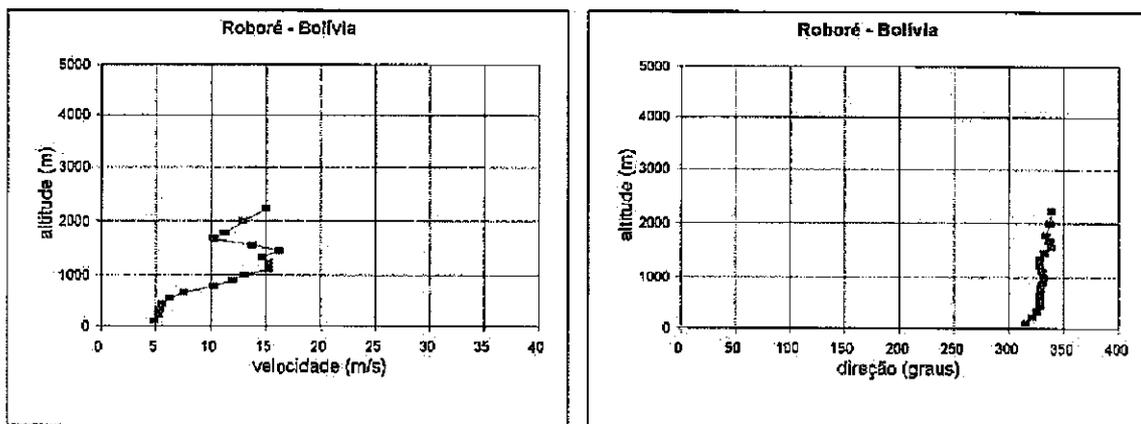


Figura 7 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 30/01/99, às 17:00 UTC, em Roboré, Bolívia.

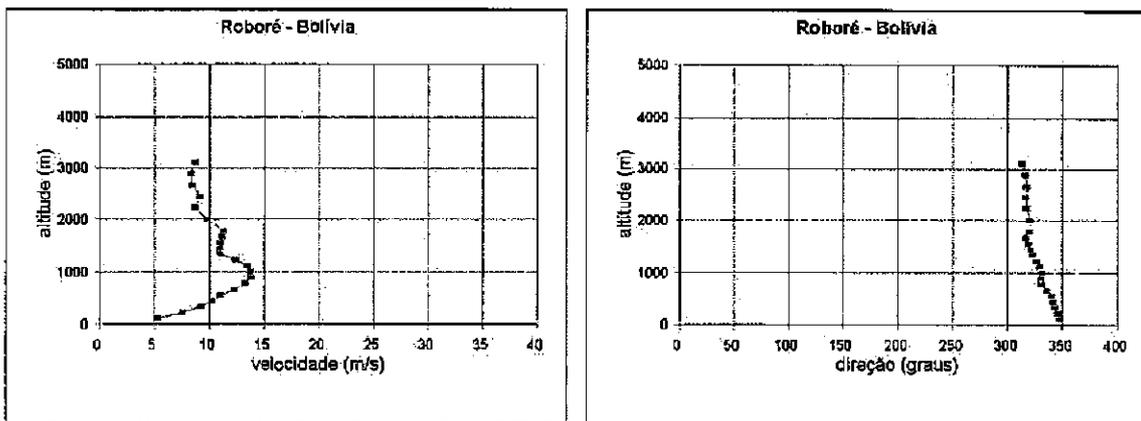


Figura 8 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 30/01/99, às 22:00 UTC, em Roboré, Bolívia.

As Figuras 9, 10, 11 e 12 apresentadas abaixo, ilustram respectivamente a variação da velocidade e da direção do vento no dia 31/01/99 nas Estações de Rolim de Moura (5:30 UTC), Trinidad (11:00 e 22:00 UTC) e Roboré (11:00 UTC). Os ventos com maior intensidade foram observados em Roboré, com cerca de 23 m/s. Em Trinidad, ventos de até 20 m/s forma observados, enquanto em Rolim de Moura, os ventos mais intensos foram de aproximadamente 11m/s.

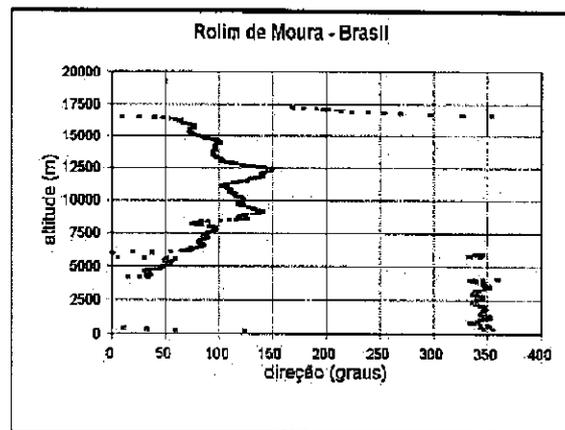
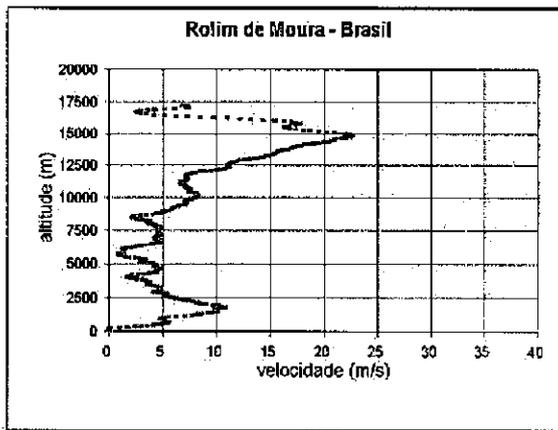


Figura 9- Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 31/01/99, às 5:30 UTC, em Rolim de Moura, Brasil.

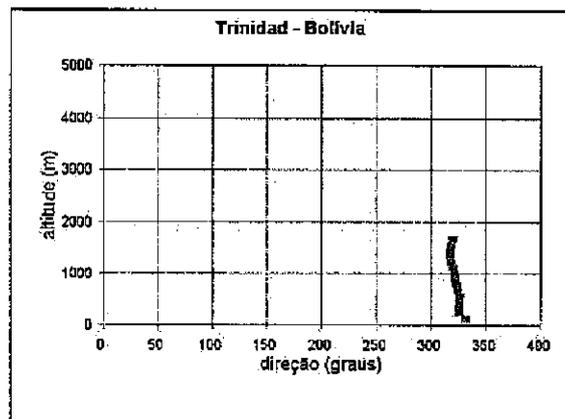
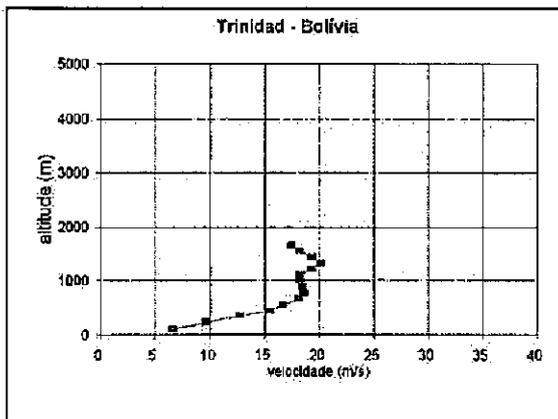


Figura 10 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 31/01/99, às 11:00 UTC, em Trinidad, Bolívia.

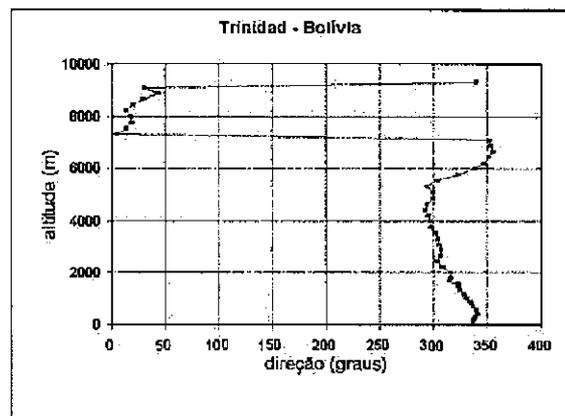
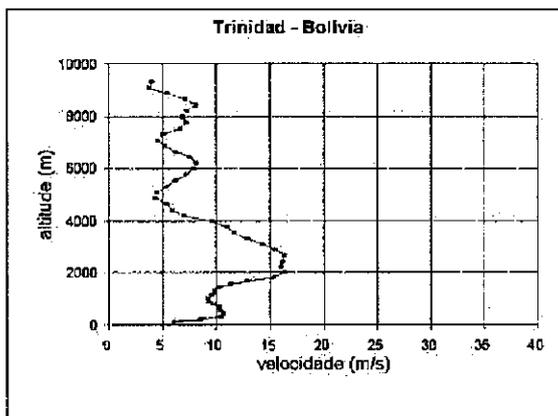


Figura 11 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 31/01/99, às 22:00 UTC, em Trinidad, Bolívia.

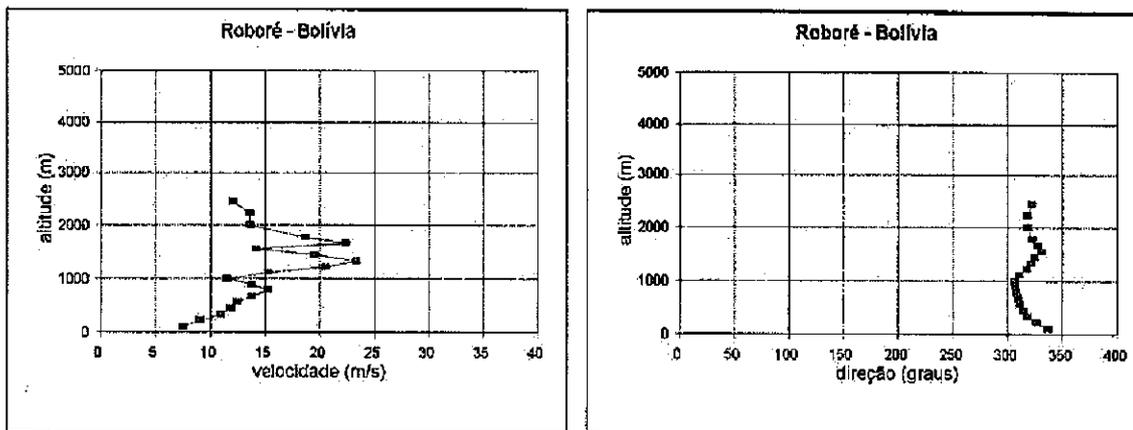


Figura 12 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 31/01/99, às 11:00 inUTC, em Roboré, Bolívia.

As Figuras 13, 14, 15 e 16 apresentadas abaixo, ilustram respectivamente a variação da velocidade e da direção do vento no dia 02/02/99 nas Estações Reserva Biológica do Jaru (11:30 UTC), Rolim de Moura (11:25 e 14:40 UTC), e Trinidad (11:00 UTC). Os ventos com maior intensidade foram encontrados em Trinidad, da ordem de 21 m/s. Em Rolim de Moura observaram-se ventos de até 12 m/s, enquanto na Reserva Biológica do Jaru os ventos máximos não foram superiores a 10m/s.

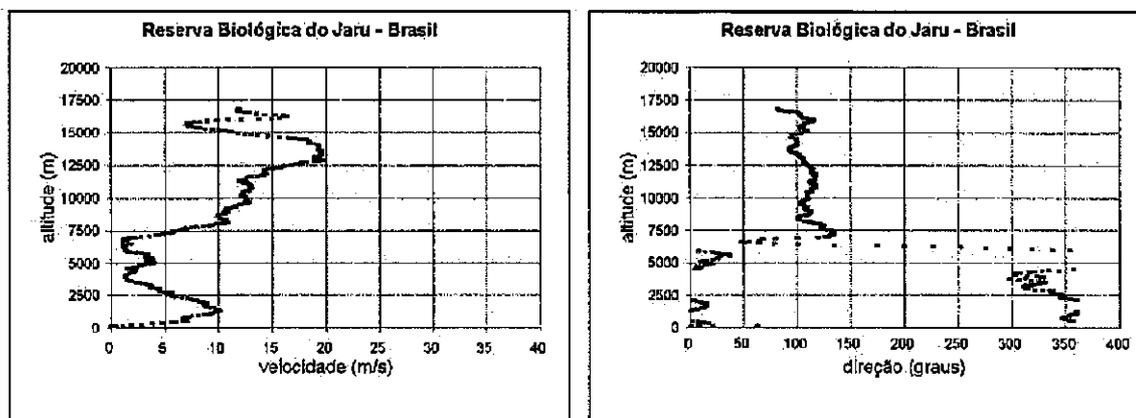


Figura 13 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 02/02/99, às 11:30 UTC, na Reserva Biológica do Jaru, Brasil.

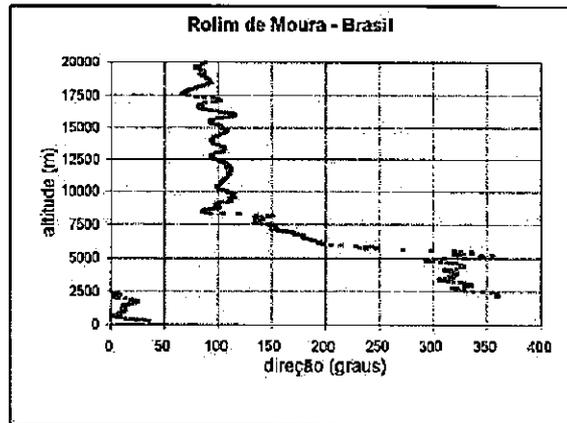
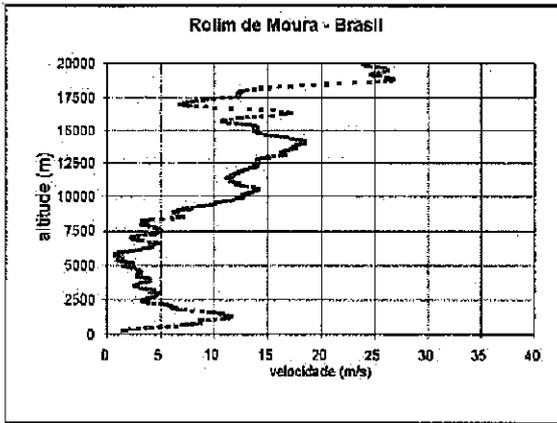


Figura 14 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 02/02/99, às 11:25 UTC, em Rolim de Moura, Brasil.

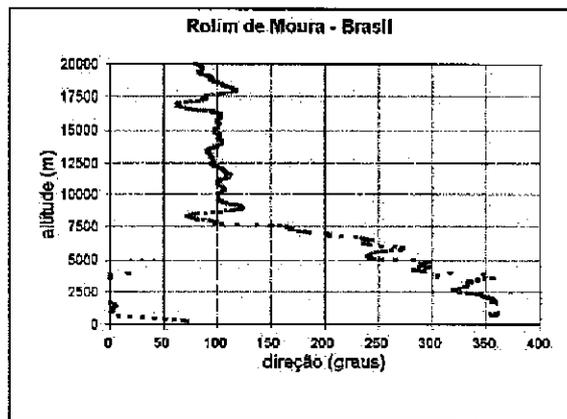
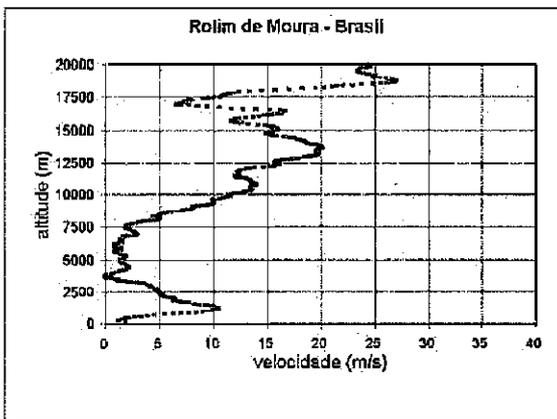


Figura 15 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 02/02/99, às 14:40 UTC, em Rolim de Moura, Brasil.

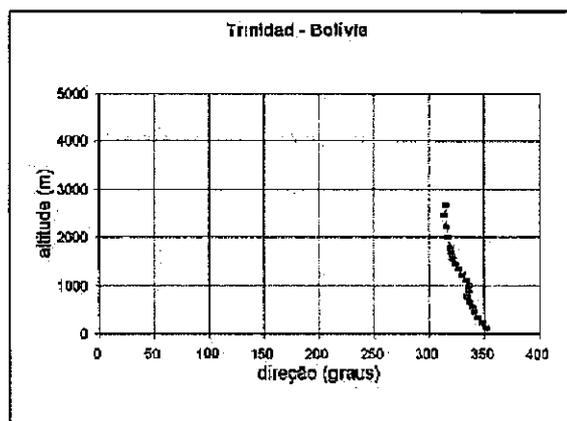
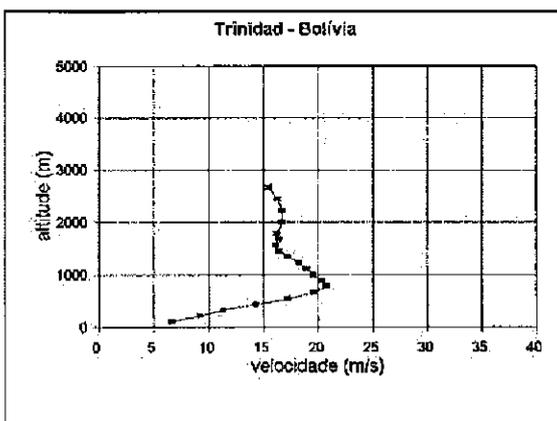


Figura 16 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 02/02/99, às 11:00 UTC, em Trinidad, Bolívia.

A variação da velocidade e da direção do vento no dia 03/02/99 nas Estações Reserva Biológica do Jaru (17:30 UTC), Rolim de Moura (14:30 UTC) e Trinidad (22:00 UTC), estão ilustradas nas Figuras 17, 18 e 19, respectivamente. Observa-se neste dia que os ventos mais intensos foram encontrados em Rolim de Moura (17 m/s). Em Trinidad e na Reserva Biológica do Jaru, os ventos máximos não ultrapassaram 11 m/s.

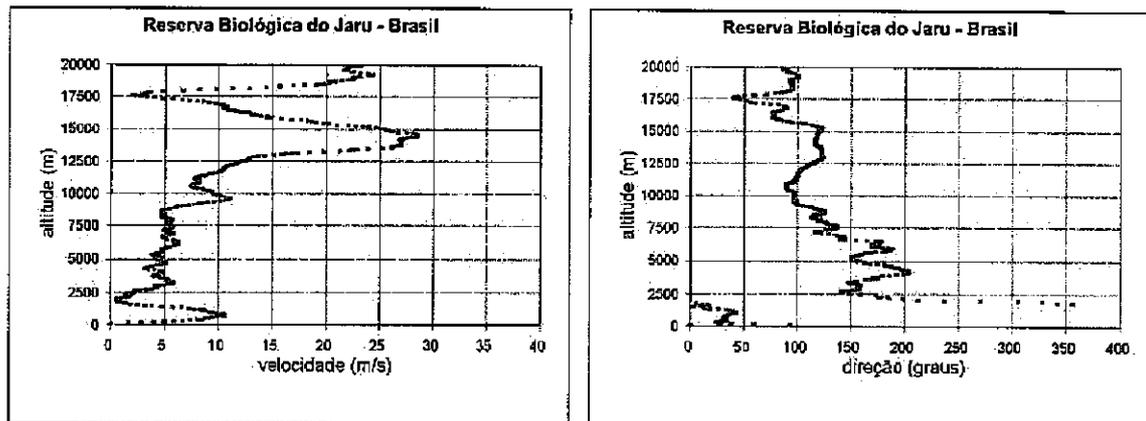


Figura 17 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 03/02/99, às 17:30 UTC, na Reserva Biológica do Jaru, Brasil.

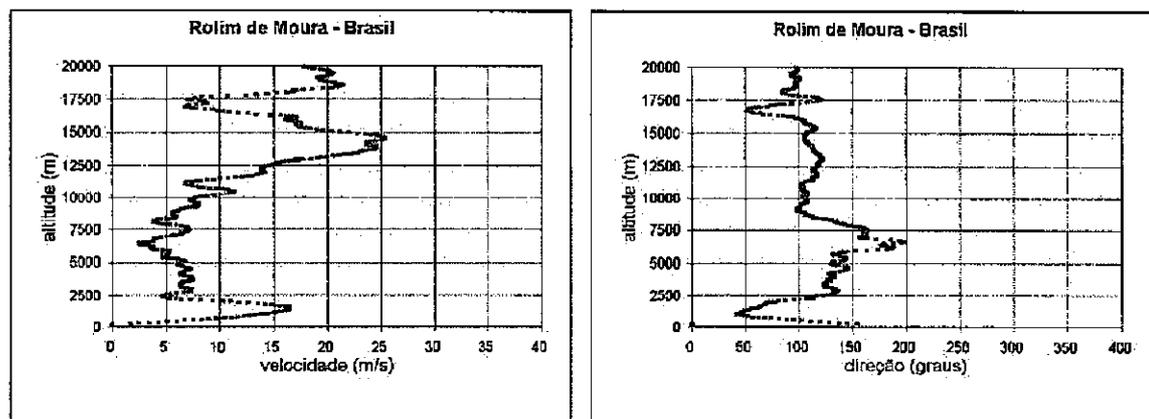


Figura 18 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 03/02/99, às 14:30 UTC, em Rolim de Moura, Brasil.

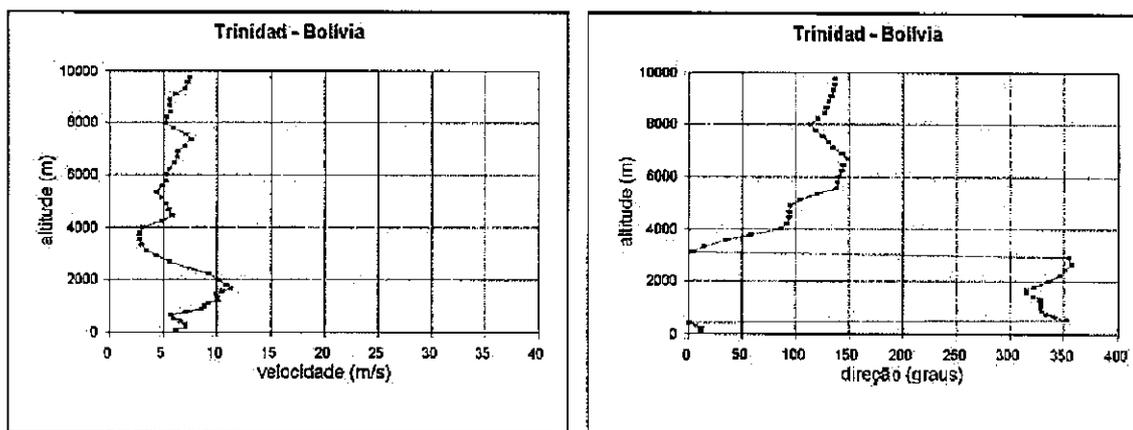


Figura 19 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 03/02/99, às 22:00 UTC, em Trinidad, Bolívia.

Jatos de baixos níveis também foram observados durante o dia 08/02/99 às 8:30 e às 14:30 UTC na Estação de Rolim de Moura, conforme pode ser visto nas Figuras 20 e 21, respectivamente. Observa-se que ventos mais fortes foram registrados no perfil da tarde, alcançando 15 m/s, valor este da ordem de 36% superior ao valor máximo registrado durante a manhã. Acima de 2,5 km ambos os perfis são similares, com os valores do perfil de vento à tarde apresentando maiores variações.

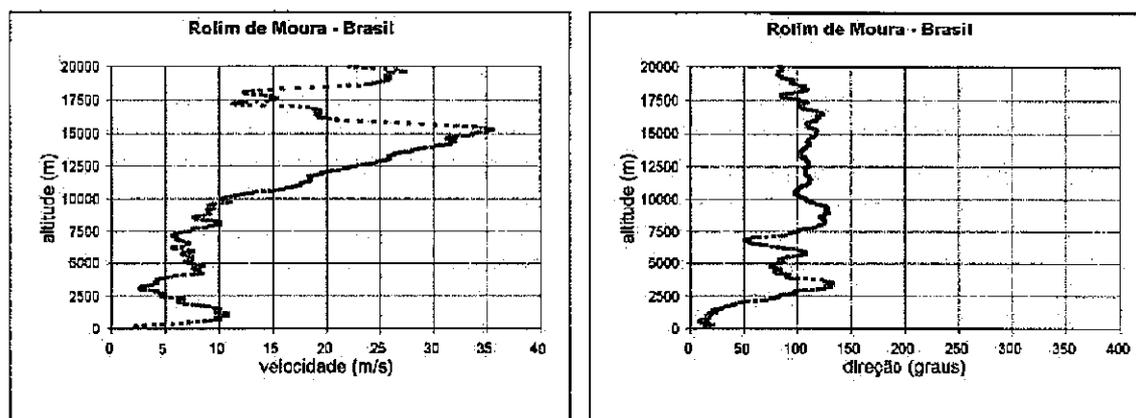


Figura 20 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 08/02/99, às 8:30 UTC, em Rolim de Moura, Brasil.

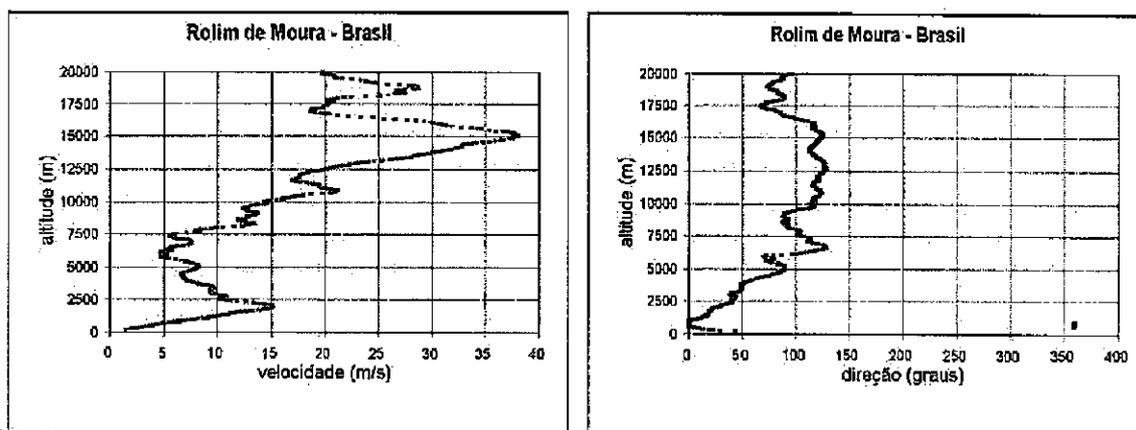
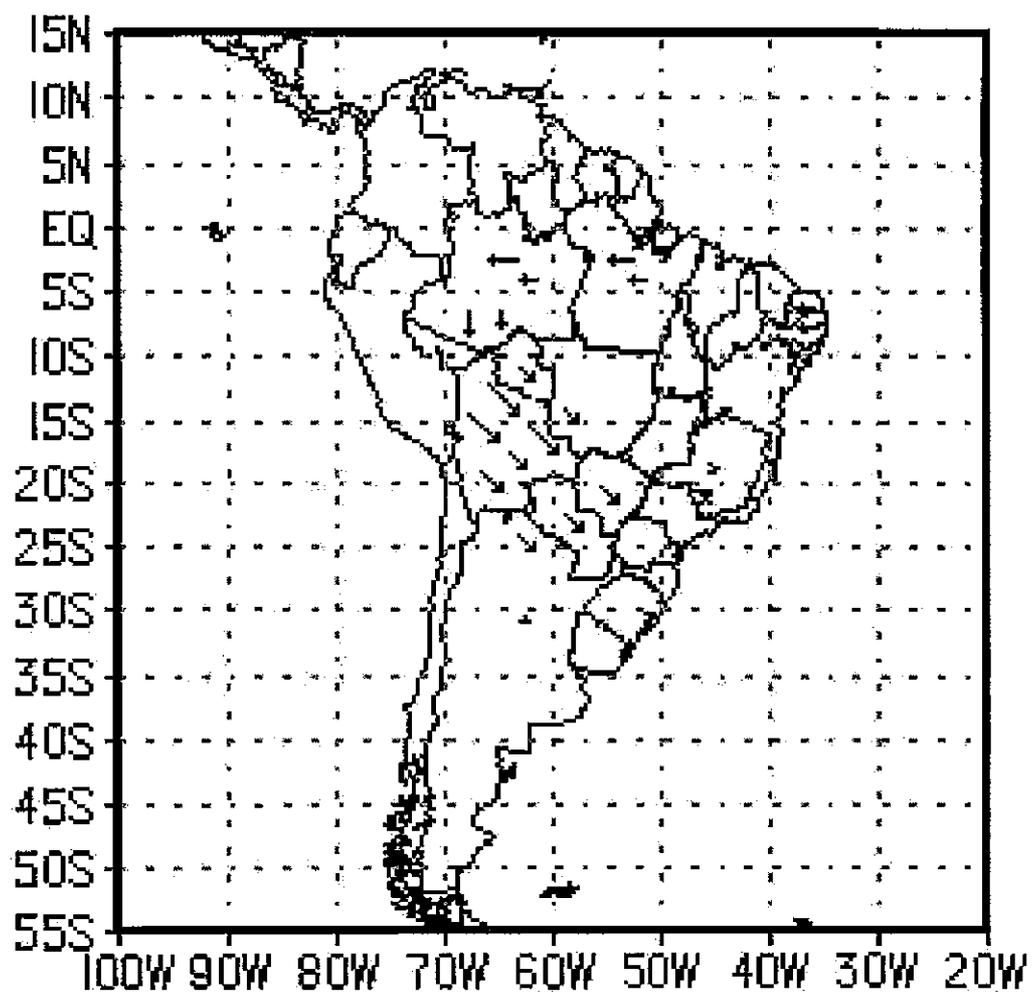


Figura 21 - Perfil vertical da velocidade e da direção do vento no dia 08/02/99, às 14:30 UTC, em Rolim de Moura, Brasil.

A partir das figuras apresentadas acima, verifica-se que os ventos mais intensos foram observados nas Estações de Trinidad e Roboré, na Bolívia, com velocidades quase duas vezes superiores àquelas observadas nas estações localizadas em Rondônia. O conteúdo de umidade nestes dias foi da ordem de 80%. Os ventos, com componentes de norte e noroeste, são típicos de jatos de baixos níveis de verão, indicando, portanto, que houve a passagem de uma frente fria que trouxe ar seco e frio do Sul durante os meses de inverno. Em alguns dias do verão e do outono, durante episódios em que o jato não esteve presente, a queda de temperatura observada deve-se à interação trópicos - latitudes médias e ao transporte meridional de ar, onde o ar seco e frio do Sul pode afetar a parte sul da Amazônia, a leste dos Andes.

O mapa abaixo mostra as direções predominantes dos ventos, ilustrando portanto o transporte de umidade da Amazônia para o sul do Brasil e norte da Argentina.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ressalta-se que, em função da grande massa de dados obtida, nem todos os casos de jatos de baixos níveis puderam ser avaliados até o presente, entretanto, um banco de dados, compatível com outros sistemas, foi elaborado. Estes dados servirão de subsídios para um melhor conhecimento da climatologia da Amazônia e dos mecanismos de transporte de umidade para o sul do Brasil e sua influência na estrutura da atmosfera da região, o que deverá ser feito oportunamente. Além disso, um experimento de campo está sendo planejado para ser realizado futuramente, cujo objetivo é medir os JBNs a leste dos Andes, envolvendo Brasil, Bolívia, Peru, Argentina e Paraguai, como parte do Projeto "Variability of American Monsoon Systems" (CLIVAR-VAMOS). Este experimento de campo está sendo preparado com o intuito de melhor entender a estrutura, características e variabilidade dos JBNs, e as influências locais e remotas associadas à evolução dos JBNs. O papel do JBN como um mecanismo dirigente e modulador da convecção profunda também será um importante foco de atenção.

Agradecimentos: Este trabalho é parte do Projeto LBA, financiado pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) - Processo No. 1997/9926-9, sob coordenação da Dra. Maria Assunção F. S. Dias. O aluno e os orientadores expressam seus agradecimentos ao Sr. João L. Esteves (INCRA/Ji-Paraná e C. Brandão (IBAMA/Ji-Paraná) e seu estafe pelo suporte durante o experimento de campo realizado na Reserva Jaru e em Rolim de Moura. A Dra. Regina C. S. Alvalá é bolsista do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anthes, R. A.; Kuo, Y. H.; Benjamin, S. G.; Li, Y. F. The evolution of the mesoscale Environment of severe local storms: preliminary modeling results. *Monthly Weather Review*, 110, 1187-1210, 1982.
- Bannon, P.R. On the dynamics of the East African jet I: simulation of mean conditions for July. *Journal of Atmospheric Science*, 36, 2139-2152, 1979.
- Berberi, H.; Collini, E. Springtime precepitation and water vapor flux over southeastern South America. *Monthly Weather Review*, 1999. In press.
- Berri, G. J.; Inzunza, J. B. The effect of the low-level on the poleward water vapour transport in the Central Region of South America. *Atmospheric Environment*, 27A,335-341, 1993.
- Bonner, W. Climatology of the low-level jet. *Monthly Weather Review*, 96, 833-850, 1968.
- Brook, R. R. Koorin nocturnal low-level jet. *Boundary Layer Meteorology*, 32, 133154, 1985.
- Chen, Y. L.; Chen, X. A.; Zhang, Y. X. A diagnostic study of the low-level jet during TAMEX IOP 5 *Monthly Weather Review*, 122, 2257-2284, 1994.
- Dias P. L. S. The role of latent heat release in the dynamics of the LLJ's along the Andes. *Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*, 163-164, Santiago, Chile, 2000.
- Djuric, D.; Ladwig, D. S. Southerly low-level jet in the winter cyclones of the southwestern Great Plains. *Monthly Weather Review*, 111, 2275-2281, 1983.
- Douglas, M. W. The summertime low-level jet over the Gulf of California. *Monthly Weather Review*, 123, 2334-2347, 1995.
- Douglas, M. W.; Maddox, R.; Howard, K.; Reyes, S. The Mexican monsoon. *Journal of Climate*, 6, 1665-1667, 1993.
- Douglas, M. W.; Peña M.; Villarpando W. R. Special observations of the low-level flow over Eastern Bolivia during the 1999 Atmospheric Mesoscale Campaign. *Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*, 157-158, Santiago, Chile, 2000.
- Douglas, M. W.; Peña M.; Norman. The Pan American Climate Studies Sounding Network (PACS-SONET) recent history and planned improvements. *Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*, 258-259, Santiago, Chile, 2000.

- Fernandes, A.; Necco, G. Características del campo de viento en la atmósfera libre de las estaciones oeste y sur de la Argentina. *Meteorológica*, XV, 1, 31-50, 1985.
- Garratt, J. R. Inland Boundary layer at low latitudes. Part I, the nocturnal jet. *Boundary Layer Meteorology*, 32, 307-327, 1985.
- Goulter, S. W. Some evidence for inertial oscillations in the lower troposphere. *Monthly Weather Review*, 117, 2612-2619, 1989.
- Hart, J. E.; Rao, G. V.; Van de Boogaard, H.; Young, J. A.; Findlater, J. Aerial observations of the E. African low-level jet. *Journal of Weather Review*, 106, 1714-1724, 1978.
- Izumi, Y. The evolution of temperature and velocity profiles during breakdown of a nocturnal inversion and a low-level jet. *Journal of Applied Meteorology*, 3, 70-82, 1964.
- Kraus, H.; Malcher, J.; Schaller, E. Nocturnal low-level jet during PUKK. *Boundary-Layer Meteorology*, 31, 187-195, 1985.
- Lapenta, W. M.; Seaman, N. L. A numerical investigation of East Coast Cyclogenesis during the cold-air damming event of 27-28 february 1982. Part II: importance of Physical mechanisms. *Monthly Weather Review*, 120, 52-76, 1992.
- Marengo, J. A.; Douglas, M. W.; Silva Dias, P. L. On The circulation features associated with the low level jet episode of april 14-15, 1999, during the TRMM-LBA, April 2000.
- Ninomiya, K.; Murakami, T. The early summer rainy season (Baiu) over Japan. *Monsoon Meteorology*, C. P. Chang e Krishnamurti, Eds. Oxford University Press, 93-121, 1987.
- Nogues-Paegle, J.; Mo, K. Alternating wet and dry conditions over South America during summer. *Monthly Weather Review*, 125, 279-291, 1997.
- Paegle, J. American low-level jets in observation and theory: The ALLS Project. Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, 161-162, Santiago, Chile, 2000.
- Parishi, T. R.; Rodi, A. R.; Clark, R. D. A case study of the summertime Great Plains low-level jet. *Monthly Weather Review*, 116, 94-105, 1988.
- Seluchi, M.; Marengo, J. Tropical-mid latitude exchange of air masses during summer and Winter in South America: climatic aspects and extreme events. Submitted to *International Journal of Climatology*, 1999.
- Uccellini, L. W.; Petersen, R. A.; Brill, K. F.; Kocin, P. J.; Tuccillo, J. J. Synergistic Interactions between an upper-level jet streak and diabatic processes that influence the development of a low-level jet and a secondary coastal cyclone. *Monthly Weather Review*, 115, 2227-2261, 1987.

Virji, H. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. *Monthly Weather Review*, 109, 167-178, 1981.

Wallace, J. M. Diurnal variations in precipitation and thunderstorm frequency over the Conterminous United States. *Monthly Weather Review*, 103, 406-419, 1975.

ESTUDOS DA ESTRUTURA DA CIRCULAÇÃO E DA PRECIPITAÇÃO NO JATO DE BAIXOS NIVEIS DO SUDOESTE DA AMAZÔNIA

ORIENTADORES: Regina Célia dos Santos Alvalá e José Antônio Marengo

BOLSISTA (PIBIC/INPE): Daniel Heidi Yoshida

PERÍODO: Fevereiro de 1999 a junho de 2000

RELATÓRIO FINAL

Neste segundo semestre do projeto, o bolsista Daniel desempenhou suas atividades de forma bastante satisfatória, conforme pudemos verificar acompanhando seu trabalho. Ele demonstrou responsabilidade, dedicação e organização, principalmente em virtude da grande quantidade de dados envolvidos em seu trabalho. Embora o projeto não tenha sido completamente concluído, um banco de dados, compatível com outros sistemas, foi elaborado, o qual servirá de subsídios para trabalhos futuros, particularmente para melhor conhecimento da climatologia da Amazônia.



Regina C. S. Alvalá e José Antônio Marengo