



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

**Nº de Ordem: MET – UFAL – MS – 72**

**MODELOS CONCEITUAIS DE FORMAÇÃO DA CORRENTE DE JATO NO  
NORDESTE BRASILEIRO**

**ANTONIO MARCOS VIANNA CAMPOS**

**MACEIÓ, ALAGOAS, BRASIL  
FERVEIRO, 2010**

**ANTONIO MARCOS VIANNA CAMPOS**

**MODELOS CONCEITUAIS DE FORMAÇÃO DA CORRENTE DE JATO NO  
NORDESTE BRASILEIRO**

Dissertação submetida ao colegiado do curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas, para obtenção do título de **Mestre em Meteorologia** – área de concentração em **Processos de Superfície Terrestre**.

**Orientadora:** Prof. Dr<sup>a</sup>. Natalia Fedorova

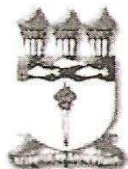
**MACEIÓ, ALAGOAS, BRASIL  
FEVEREIRO, 2010**

**Catálogo na fonte  
Universidade Federal de Alagoas  
Biblioteca Central  
Divisão de Tratamento Técnico**

**Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale**

- C198m Campos, Antonio Marcos Vianna.  
Modelos conceituais de formação da corrente de jato no nordeste brasileiro /  
Antonio Marcos Vianna Campos, 2010.  
xiv, 79 f : il.
- Orientador: Natalia Fedorova.  
Dissertação (mestrado em Meteorologia : Processos de Superfície Terrestre) -  
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Instituto de Ciências Atmosféricas,  
2010.
- Bibliografia: f. 56-62.  
Anexos: f. [63]-79.
1. Meteorologia sinótica ó Modelos conceituais. 2. Ventos ó Brasil, Nordeste.  
3. Ventos ó Corrente de jato. 4. Meteorologia aeronáutica. I. Título

CDU: 551.555(812/813)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

N.º de ordem: MET-UFAL-MS-072.

*“MODELOS CONCEITUAIS DE FORMAÇÃO DA CORRENTE DE JATO NO  
NORDESTE BRASILEIRO.”*

*Antônio Marcos Vianna Campos*

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

Prof.ª Dr.ª Natalia Fedorova  
(orientadora)

Prof.ª Dr.ª Maria Luciene Dias de Melo  
(membro interno)

Prof. Dr. Heliofábio Barros Gomes  
(membro externo – SEMARH)

Fevereiro/2010

## RESUMO

O objetivo principal deste trabalho baseou-se na elaboração e estudo das frequências de distribuições espaciais das Correntes de Jato próximo do Nordeste Brasileiro (CJNEB) e sistemas sinóticos associados. Esta pesquisa foi realizada devido à necessidade de um maior conhecimento sobre a influência desse sistema na região e a pouca quantidade de artigos relacionados a este tipo de pesquisa. O período escolhido contou com 16 anos de análises entre os anos de 1994 e 2009. Foram utilizados os dados de reanálise do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) no nível de 200 hPa e imagens de satélite no canal infravermelho do banco de dados do Space Science and Engineering Center (SSEC) da University of Wisconsin. A partir daí foram encontrados 1.100 casos desta corrente, representando um total de 19% dos dias analisados e 4.740 (81%) casos de ventos com velocidades entre 20 e 30 m/s. Apesar de serem registrados ventos acima de 30 m/s em todas as estações do ano, os meses que contaram com as maiores frequências e ocorrências deste vento foram os de outono e inverno. O vento máximo registrado para esta corrente de ar em nível superior ocorreu no mês de inverno, alcançando 64 m/s (230 km/h). Em todo período foram notadas variações anuais com ciclos de 4 ou 5 anos de maiores ou menores ocorrências. Os sistemas associados à CJNEB foram os vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN's), cavados (CAV), alta da Bolívia (AB), ciclones do hemisfério norte (CHN) e anticiclones no atlântico sul (AAS) próximo ao equador. As distribuições espaciais encontradas das CJNEB foram referentes às direções de NW-SE, SW-NE, SE-NW, W-E, S-N e N-S. As direções de NW-SE e SW-NE foram os casos mais observadas durante todo o estudo. Foram elaborados modelos conceituais dos três tipos de CJNEB associados com seguintes sistemas sinóticos: I) AB junto com VCAN do tipo clássico perto do NEB no Atlântico e ou cavado; II) Anticiclone do Atlântico junto com VCAN no NEB tipo clássico e ou cavado; III) cavado perto do NEB junto com ciclone do hemisfério norte. Estes tipos de CJNEB tinham seguintes direções: tipo 1 de sul, sudeste e sudoeste; tipo 2 de norte e noroeste; e tipo 3 de leste e sudoeste.

Palavras-chave: Meteorologia Sinótica – Modelos Conceituais; Ventos - Brasil, Nordeste; Ventos – Corrente de Jato; Meteorologia Aeronáutica.

## ABSTRACT

The main objective of this study was based on the elaboration and study of the frequencies of spatial distributions of the jet streams near the Brazilian Northeast (CJNEB) and associated synoptic systems. This research was carried out by the need of a greater knowledge about the influence of this system in the region and the low number of articles related to this type of research. The period chosen includes 16 years of analysis between the years of 1994 and 2009. It were used the reanalysis data from National Centers for Environmental Prediction (NCEP) in the level of 200 hPa and satellite images in the infrared channel from the database of the University of Wisconsin Space Science and Engineering Center (SSEC). From these were found 1,100 cases of this stream, representing a total of 19% of the days analyzed and 4,740 (81%) cases with wind speeds between 20 and 30 m / s. Despite being registered winds above 30 m / s in all seasons, the months with the highest frequencies and occurrences of this were the wind of autumn and winter. The maximum wind registered for this air stream at a higher level occurred in the winter months, reaching 64 m / s (230 km / h). At the whole period were noticed annual variations including cycles of four or five years with minor or major occurrences. The systems associated to the CJNEB were the high level cyclonic vortices (UTCv's), troughs (CAV), the Bolivian high (BH), northern hemisphere cyclones (CHN) and anticyclones in the South Atlantic (ASA) near the equator. The CJNEB spatial distributions found, were related to the directions of NW-SE, SW-NE, SE-NW, W-E, S-N and N-S. The directions of NW-SE and SW-NE were the most observed cases throughout the study. Conceptual models were elaborated from the three types of CJNEB associated with the following synoptic systems: I) AB with the classical type VCAN near the NEB in the Atlantic and/or trough; II) Atlantic Anticyclone with VCAN in the NEB classical type and/or trough, III) trough close to the NEB with northern hemisphere cyclone. These types of CJNEB had the following directions: type 1 towards south, southeast and southwest; type 2 towards north and northwest, and type 3, towards east and southwest.

Word-key: Synoptic Meteorology - Conceptual Models; Winds - Brazil, Northeast; Winds – Jet Stream; Aeronautical Meteorology.

## SUMÁRIO

RESUMO -----	IV
ABSTRACT -----	V
LISTA DE FIGURAS -----	VIII
LISTA DE TABELAS-----	XII
LISTA DE ABREVIATURAS -----	XIV
<b>1. INTRODUÇÃO</b> -----	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> -----	2
2.1. Corrente de Jato -----	2
2.1.1. Corrente de Jato Subtropical, Polar e CJNEB -----	5
2.2. Estrutura da Corrente de Jato Subtropical -----	8
2.3. Circulações Transversais -----	17
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> -----	25
3.1. Localização da área de estudo -----	25
3.1.1 Análise de ocorrência da corrente de jato próximo do Estado de Alagoas-----	25
3.2. Dados utilizados-----	27
3.2.1. Mapas através dos dados de reanálise do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) -----	27
3.2.2. Imagens de Satélite -----	27
3.3 – Ferramentas Utilizadas -----	27
3.4 – Análises das ocorrências da corrente de jato e sistemas sinóticos associados -----	27
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> -----	29
4.1 – Variações anuais e mensais das ocorrências da CJNEB com velocidades maiores do que 30 m/s no período entre 1994 e 2008 -----	29
4.2 – Variações anuais e mensais das ocorrências da CJNEB com velocidades entre 20 e 30 m/s no período entre 1994 e 2008 -----	30
4.3 – Climatologia da velocidade da CJNEB -----	32
4.4 – Variações anuais e mensais da distribuição espacial da CJNEB -----	34
4.5 – Variações anuais e mensais dos sistemas associados à CJNEB -----	38
4.6 – Tipos de CJNEB – Distribuição espacial e sistemas associados -----	40

4.6.1 – CJNEB S-N e sistemas sinóticos associados -----	41
4.6.2 – CJNEB SE-NW e sistemas sinóticos associados -----	42
4.6.3 – CJNEB SW-NE e sistemas sinóticos associados -----	43
4.6.4 - CJNEB N-S e sistemas sinóticos associados -----	44
4.6.5 – CJNEB NW-SE e sistemas sinóticos associados-----	45
4.6.6 – CJNEB SW-NE e sistemas sinóticos associados -----	46
4.6.7 – CJNEB W-E e sistemas sinóticos associados -----	47
4.7 – Modelos conceituais dos três tipos de CJNEB e sistemas associados:	48
<b>5 – CONCLUSÕES -----</b>	<b>53</b>
<b>6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS -----</b>	<b>63</b>



## LISTA DE FIGURAS

		Página
<b>FIGURA 01</b>	Posicionamento da corrente de jato em relação às massas de ar quente e fria. FONTE: Google Earth (mapa).	2
<b>FIGURA 02</b>	Posicionamento da corrente de jato Polar e Subtropical. FONTE: CPTEC/INPE	3
<b>FIGURA 03</b>	Posição geográfica da corrente de jato. FONTE:	4
<b>FIGURA 04</b>	Seção vertical idealizada da CJP. Linhas tracejadas são as isotermas (°C); linhas cheias, as camadas frontais ou tropopausas; linhas sólidas, as isotacas do vento observado em intervalos 10 m/s, sem levar em conta a direção. FONTE: Palmén (1969).	6
<b>FIGURA 05</b>	Posição da corrente comparada com a frente polar. FONTE: BBC, 2002.	6
<b>FIGURA 06</b>	Secção transversal vertical através do HN mostrando a posição do jato polar acima da frente polar (Jp) e do jato subtropical (JT). FONTE: Notas de aula, Departamento de Física - UFPR.	7
<b>FIGURA 07</b>	Seção vertical, mostrando a zona de forte baroclinia na troposfera (entre A e C); zona frontal e corrente de jato (J), situada sobre a vertical B. FONTE: Palmén, Newton, 1969.	8
<b>FIGURA 8</b>	Visão perspectiva da crista-cavado de parte de uma onda gradiente. No topo, confluência das linhas de corrente próximo ao vento máximo; abaixo uma linha de corrente tridimensional ao longo do eixo do jato na média troposfera, mostrando a descida e inclinação que diz respeito à linha de corrente central acima. Isotacas são sólidas, e nas seções finais um par de linhas isentrópicas tracejadas. Na secção central, a circulação transversal é exibida por setas. Setas abertas (double-shafted) mostram movimento vertical na troposfera superior e, no topo, de componentes de movimento lateral relativo as linhas de corrente central na troposfera média. FONTE: Newton e Trevisan (1984)	9
<b>FIGURA 09</b>	Representação esquemática do eixo da corrente de jato. FONTE: Medina (1976).	10
<b>FIGURA 10</b>	Diagrama esquemático que relaciona o vento ageostrófico ao longo da corrente (setas) ao padrão de divergência associado com o sistema cavado/crista em altos níveis e a alta e baixa pressão em superfície. FONTE: Bjerknes e Holmboe, 1944.	12
<b>FIGURA 11</b>	Dimensões laterais da corrente de jato. FONTE: BBC, 2002.	12

<b>FIGURA 12</b>	Mecanismo de formação “Roll-over cycle”, adaptado para o Hemisfério Sul. As setas indicam ventos fortes associados ao jato nos ventos do oeste. FONTE: (Weldon, 1991)	15
<b>FIGURA 13</b>	Corte transversal da temperatura potencial. FONTE: CPTEC/INPE	18
<b>FIGURA 14</b>	Representação esquemática da estrutura da corrente de jato para o hemisfério sul. FONTE: University of North Carolina at Chapel Hill.	19
<b>FIGURA 15</b>	Representação esquemática da circulação transversal da corrente de jato para o hemisfério sul. FONTE: Adaptado de HAKIN and UCCELLINI (1992)	19
<b>FIGURA 16</b>	Plano vertical ao longo da linha A-A’, entrada da corrente de jato, indicando um vento ageostrófico que entra no plano da figura. FONTE: HPC/NCEP.	20
<b>FIGURA 17</b>	Plano vertical ao longo da linha B-B’, saída da corrente de jato, indicando um vento ageostrófico que sai no plano da figura. FONTE: HPC/NCEP.	21
<b>FIGURA 18</b>	Esquemática de uma seção vertical normal jet streak (J): (a) Local de desenvolvimento da SCS em relação à circulação direta na região de entrada, (b) vento isalobárico de nível superior (Uis) forçado pelo aquecimento diabático diferencial no SCS maduro, com tendências de pressão na superfície, e (c) Resultante da convergência do vento isalobárico em baixo nível no SCS. FONTE: Keyser e Johnson 1984	22
<b>FIGURA 19</b>	Máximo de vento e redemoinhos ou vórtices. FONTE: HPC/NCEP.	23
<b>FIGURA 20</b>	Localização da área de estudo. FONTE: MORAES, M. C. S., 2003.	25
<b>FIGURA 21</b>	Grade 1 – localização da área de identificação dos sistemas sinóticos associados (a) e Grade 2 – localização da área de estudo ampliada (b). FONTE: NCEP/NCAR	26
<b>FIGURA 22</b>	Mapas climatológicos do verão de 2009, sem filtro (a) e com filtro (b). FONTE: NCEP/NCAR	27
<b>FIGURA 23</b>	Variação anual das ocorrências da CJNEB maiores que 30m/s entre 1994 e 2008. FONTE: NCEP/NCAR	29
<b>FIGURA 24</b>	Variação mensal das ocorrências da CJNEB maiores do que 30 m/s entre 1994 e 2008. FONTE: NCEP/NCAR	30
<b>FIGURA 25</b>	Variação anual das ocorrências da CJNEB com velocidade do vento entre 20 e 30 m/s entre 1994 e 2008. FONTE: NCEP/NCAR	31

<b>FIGURA 26</b>	Variação mensal das ocorrências da CJNEB com velocidade do vento entre 20 e 30 m/s entre 1994 e 2008. FONTE: NCEP/NCAR	31
<b>FIGURA 27</b>	Climatologia da evolução mensal das ocorrências da CJNEB entre 1994 e 2008. FONTE: NCEP/NCAR	34
<b>FIGURA 28</b>	Variação anual da distribuição da CJNEB entre 1994 e 2008. FONTE: NCEP/NCAR	35
<b>FIGURA 29</b>	Variação anual do número de casos da CJNEB entre 1994 e 2008. FONTE: NCEP/NCAR	36
<b>FIGURA 30</b>	Variação mensal da distribuição da CJNEB entre 1994 e 2008. FONTE: NCEP/NCAR	37
<b>FIGURA 31</b>	Variação mensal do número de casos da CJNEB entre 1994 e 2008. FONTE: NCEP/NCAR	38
<b>FIGURA 32</b>	Ocorrência anual de sistemas associados à CJNEB entre 1994 e 2008. FONTE: NCEP/NCAR	39
<b>FIGURA 33</b>	Ocorrência mensal de sistemas associados à CJNEB entre 1994 e 2008. FONTE: NCEP/NCAR	40
<b>FIGURA 34</b>	Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de S-N: AB (♣) e Cavado (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 13/12/2000 às 0530Z. FONTE: NCEP/NCAR	41
<b>FIGURA 35</b>	Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de SE-NW: AB (♣) e VCAN (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 01/01/2001 às 0545Z. FONTE: NCEP/NCAR	42
<b>FIGURA 36</b>	Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de SW-NE: AB (♣) e Cavado (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 28/12/2001 às 0245Z. FONTE: NCEP/NCAR	43
<b>FIGURA 37</b>	Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de N-S: VCAN (♣) e Alta sobre o Atlântico Sul (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 24/02/2004 às 0245Z. FONTE: NCEP/NCAR	44

<b>FIGURA 38</b>	Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de NW-SE: Cavado (♣) e Alta sobre o Atlântico Sul (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 01/08/1996 às 0545Z. FONTE: NCEP/NCAR	45
<b>FIGURA 39</b>	Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de SW-NE: Ciclone do Hemisfério Norte (♣) e Cavado (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 12/09/1994 às 1500Z. FONTE: NCEP/NCAR	46
<b>FIGURA 40</b>	Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de W-E: Ciclone do Hemisfério Norte (♣) e Cavado (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 28/07/1997 às 0545Z. FONTE: NCEP/NCAR	47
<b>FIGURA 41</b>	Modelos conceituais do tipo I. CJNEB S-N (a), CJNEB SE-NW (b) e CJNEB SW-NE (c).	50
<b>FIGURA 42</b>	Modelos conceituais do tipo II. CJNEB N-S (a) e CJNEB NW-SE (b).	51
<b>FIGURA 43</b>	Modelos conceituais do tipo III. CJNEB SW-NE (a) e CJNEB W-E (b).	52
<b>FIGURA 44</b>	Mapas climatológicos das estações do ano entre 1994 e 2009. FONTE: NCEP/NCAR	74

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b>	Velocidade do vento (média, mínima e máxima) da CJNEB próximo ao Estado de Alagoas durante o ano de 2004.	15
<b>TABELA 2</b>	Velocidade do vento média e máximo na região do estudo durante os anos de 1994 a 2009 e ocorrência do vento nos seguintes limites: entre 20 e 30 m/s (20-30 m/s) e maior que 30 m/s (>30 m/s).	64
<b>TABELA 3</b>	Climatologia da velocidade (m/s) do vento (média e máximo) no centro da corrente de ar, na área de estudo, frequência da quantidade de dias com velocidade do vento menor que 30 m/s e maior que 30 m/s entre os anos de 1994 e 2008.	34
<b>TABELA 4</b>	Ocorrências das distribuições espaciais durante as estações entre os anos de 1994 e 2009.	67
<b>TABELA 5</b>	Número de caso durante os ciclos. 1ª (1994 a 1997) - 2ª (1998 a 2002) - 3ª (2003 a 2007) e os anos de 2008 e 2009 na região de estudo.	68
<b>TABELA 6</b>	Número de casos relativos à distribuição espacial durante as estações do ano na região do estudo durante o período de 1994 a 2009.	68
<b>TABELA 7</b>	Porcentagem anual de ocorrências das distribuições entre os anos de 1994 e 2009.	69
<b>TABELA 8</b>	Porcentagem média mensal e casos entre os anos de 1994 e 2009.	70
<b>TABELA 9</b>	Ocorrências dos sistemas sinóticos associados durante as estações entre os anos de 1994 e 2009.	71
<b>TABELA 10</b>	Percentual anual das ocorrências dos sistemas sinóticos associados entre os anos de 1994 e 2009.	72

<b>TABELA 11</b>	Percentual mensal dos sistemas sinóticos associados entre os anos de 1994 e 2009.	72
<b>TABELA 12</b>	Número de casos relativos aos sistemas associados durante as estações do ano durante o período de 1994 a 2009.	73
<b>TABELA 13</b>	Número de caso durante os ciclos. 1ª (1994 a 1997) - 2ª (1998 a 2002) - 3ª (2003 a 2007) e os anos de 2008 e 2009.	73

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>AAS</b>	<b>Alta do Atlântico Sul</b>
<b>AB</b>	<b>Alta da Bolívia</b>
<b>CAV</b>	<b>Cavado</b>
<b>CCM</b>	<b>Complexo convectivo de mesoescala</b>
<b>CHN</b>	<b>Ciclone do hemisfério norte</b>
<b>CJP</b>	<b>Corrente de Jato Polar</b>
<b>CJS</b>	<b>Corrente de Jato Subtropical</b>
<b>CJNEB</b>	<b>Corrente de Jato do Nordeste Brasileiro</b>
<b>GOES</b>	<b>Geostationary satellite server</b>
<b>CPTEC</b>	<b>Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos</b>
<b>GrADS</b>	<b>Grid Analysis and Display System</b>
<b>INPE</b>	<b>Instituto nacional de pesquisas espaciais</b>
<b>IR</b>	<b>Infra Vermelho</b>
<b>METEOSAT</b>	<b>European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites</b>
<b>N-S</b>	<b>Norte para sul</b>
<b>NCAR</b>	<b>National Center for Atmospheric Research</b>
<b>NCEP</b>	<b>National Centers for Environmental Prediction</b>
<b>NEB</b>	<b>Nordeste do Brasil</b>
<b>NW-SE</b>	<b>Noroeste para sudeste</b>
<b>S-N</b>	<b>Sul para norte</b>
<b>SE-NW</b>	<b>Sudeste para noroeste</b>
<b>SW-NE</b>	<b>Sudoeste para nordeste</b>
<b>VCAN</b>	<b>Vórtice Ciclônico de Altos Níveis</b>
<b>W-E</b>	<b>Oeste para leste</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

A corrente de jato é um escoamento estreito com ventos fortes, de intensidades superiores a 30m/s, concentrando-se ao longo de um eixo quase horizontal na troposfera superior ou estratosfera, caracterizada por um forte cisalhamento vertical e lateral do vento (REITER, 1969). Contrastes de temperatura na superfície produzem maiores gradientes de pressão em altitude e conseqüentemente ventos mais fortes em ar superior (GRIMM, 1999). Em cada hemisfério Bandas de vento estão presentes, a banda mais próxima aos pólos é chamada de Jato Polar, nos subtrópicos é chamada de Jato Subtropical e nos Trópicos de Jato do Nordeste Brasileiro (GOMES 2003 e CAMPOS 2005). Essas bandas de vento contribuem para a troca de energia na atmosfera (levando calor aos pólos e frio para os trópicos) e também como um ingrediente chave para a previsão do tempo.

Durante a estação de inverno onde a circulação média meridional é mais intensa o jato é mais desenvolvido (HASTENRATH, 1990). A corrente de jato do nordeste brasileiro (CJNEB) localiza-se geralmente próximo dos 200 hPa na tropopausa tropical, entre as latitudes de 20°S e o Equador, tendo maior ocorrência e desenvolvimento durante os meses de inverno (GOMES 2003 e CAMPOS 2005). A posição do centro de velocidades máximas varia e a corrente pode persistir por 24h e, às vezes, por 3 a 4 dias (FEDOROVA, 1999).

Poucos estudos sobre suas características e frequências, são encontrados na literatura, assim verificando a necessidade de um banco de dados com um número razoável de informações desses fortes ventos zonais em altos níveis sobre o Nordeste Brasileiro. Analisar suas variações sazonais relacionadas às estações do ano é de fundamental importância para o entendimento da dinâmica deste sistema sinótico na região, porém em relação ao foco climatológico, nada ainda foi feito.

O objetivo desta pesquisa foi aprimorar os conhecimentos sobre a CJNEB a fim de beneficiar vários setores da comunidade, principalmente aqueles envolvidos com meteorologia aeronáutica. Para isso, realizou-se uma análise climatológica das ocorrências, orientações espaciais e ligações com sistemas sinóticos próximo do nordeste brasileiro, através de campos de vento em 200 hPa durante 16 anos, e a partir disto, obteve-se a sazonalidade da corrente e dos sistemas sinóticos responsáveis pela sua manutenção e formação.



## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – Corrente de Jato

A corrente de jato é um escoamento estreito com ventos fortes, superiores a 30m/s, concentra-se ao longo de um eixo quase horizontal na troposfera superior ou estratosfera, acima do nível de 500 hPa, caracterizado por forte cisalhamento vertical e lateral do vento (REITER, 1969). Essa corrente de jato é uma faixa de vento forte, com uma velocidade mínima de 120 km/h, bem abaixo da tropopausa (AYOADE, 1998, p. 83). O jato é uma zona de ventos máximos e a geração de máximos de vento em altura depende diretamente do gradiente horizontal de temperatura (HOLTON, 1979). A presença do mesmo é um sinal da existência de massas de ar com uma fronteira que as separa (Figura 1), para o hemisfério sul, o ar frio se localiza à direita do jato (FORTUNE, 1980), enquanto, no hemisfério norte o ar frio se localiza a esquerda. A importância da corrente de jato foi reconhecida por Rossby (1947) aproximadamente a 63 anos atrás, a partir de então numerosos esforços tem sido feito para explorar os mecanismos e estrutura dessa corrente.



FIGURA 1 – Posicionamento da corrente de jato em relação às massas de ar quente e fria.

FONTE: Google Earth, 2009

A posição do centro de velocidades máximas varia e a corrente pode persistir por 24h e, às vezes, por 3 a 4 dias (FEDOROVA, 1999). É notado que, em algumas regiões (Figura 2), mais de uma corrente de jato pode estar presente (PALMÉN e NEWTON, 1969).

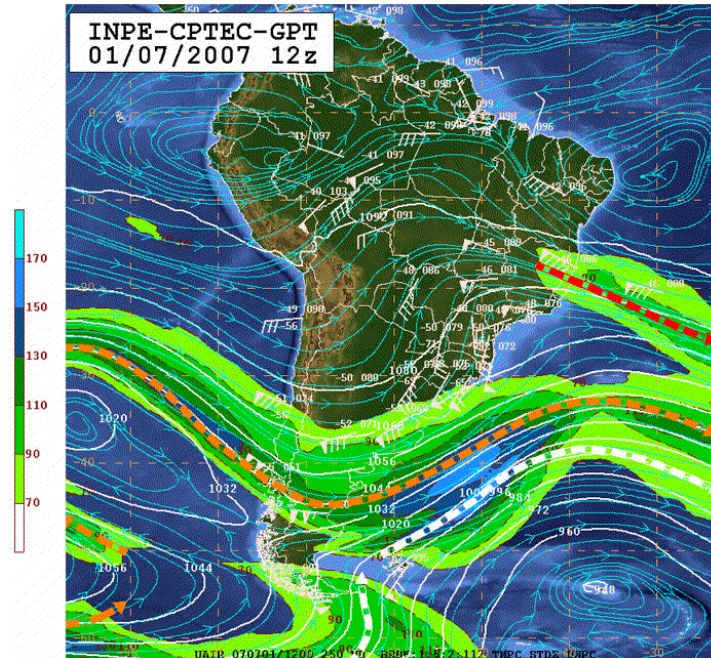


FIGURA 2 – Posicionamento da corrente de jato Polar (seta laranja e branca) e Subtropical (seta vermelha).

FONTE: CPTEC/INPE

Muitos sistemas sinóticos de latitudes médias parecem desenvolver-se como conseqüência da instabilidade da corrente de jato. Esta instabilidade baroclínica depende principalmente do cisalhamento vertical do vento (HOLTON, 1979).

Desde sua identificação, até os dias de hoje, muitos estudos foram realizados sobre essa região de fortes ventos zonais em altos níveis, porém poucos para a América do Sul. Atualmente é sabido que existem duas Correntes de Jato distintas (REITER, 1969) (Figura 3), uma delas é a Corrente de Jato Polar a qual não é muito regular e está associada ao forte gradiente horizontal de temperatura que ocorre nas estreitas zonas frontais, localizando-se no lado equatorial destas. A outra corrente, Jato Subtropical está associada à circulação da Célula de Hadley (Figura 3a) e geralmente fica localizada no limite polar dessa célula. As correntes de jato se formam no limite entre as três células em cada hemisfério, onde há o encontro de massas de ar de temperaturas diferentes, originando variações de pressão e fortes ventos (Figura 3b). No inverno, as diferenças de temperatura aumentam à medida que se intensificam as correntes de jato (CIVITA et al., 1995).

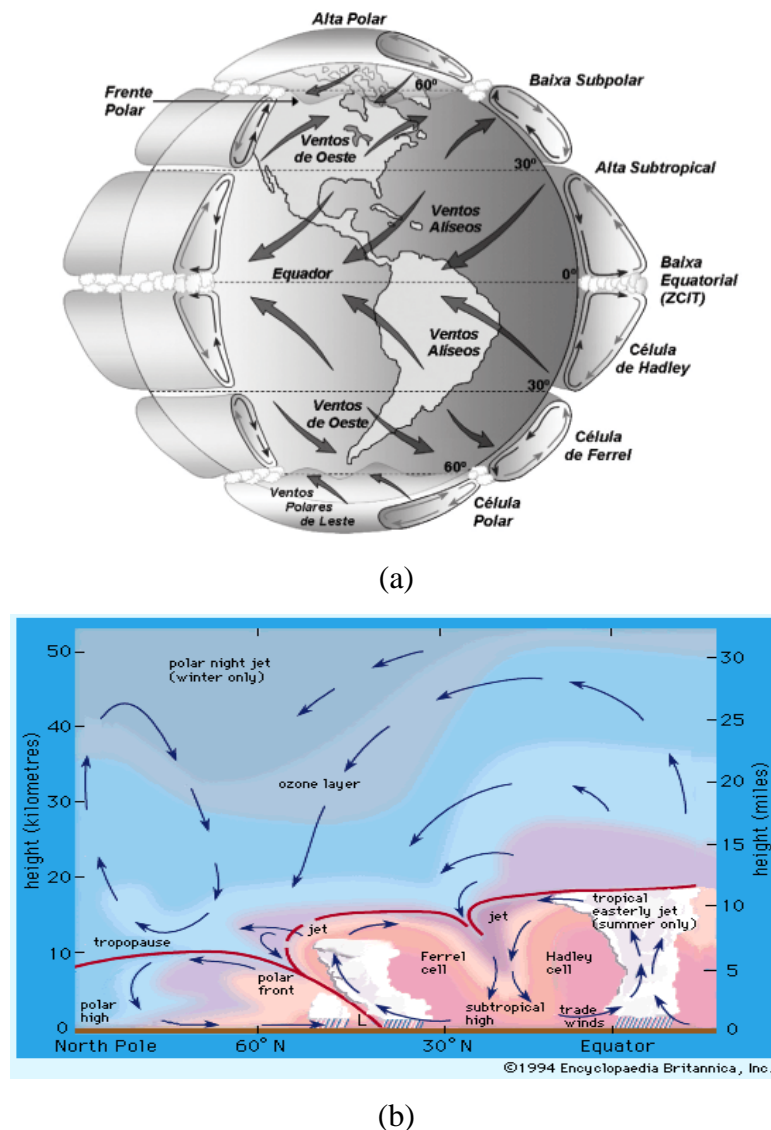


FIGURA 3 – Circulação Global (a) e posição geográfica da corrente de jato (b)  
 FONTE: F.K. Lutgens e E.J. Tarbuck, 1995 (a) e Enciclopédia Britânica, 1994 (b)

Revisões históricas sobre a Corrente de Jato foram feitas por Riehl (1969) e Reiter (1969). Beebe e Bates (1955) modificaram o modelo de Riehl et al. introduzindo efeitos de curvatura. Uma revisão sobre essa circulação vertical da corrente de jato foi feita por Reiter (1969), onde ele restabelece o interesse em sistemas de tempo que se desenvolvem nas vizinhanças do jato na alta troposfera. Progressos nessa época também foram alcançados por Newton (1954), através de estudos observacionais.

A importância da Corrente de Jato é ressaltada por Browning (1985) que associa alguns casos de precipitação com a Corrente de Jato. Kousky e Cavalanti (1984) relacionaram o padrão do escoamento em altos níveis a um bloqueio ocorrido na América do Sul durante o

evento ENOS de 1983, ressaltando o papel do Jato Subtropical nas intensas precipitações sobre a Região Sul. Porém, do ponto de vista climatológico, do ar superior, pouco se fez.

Chu (1985) apresentou em seu trabalho uma climatologia dos altos níveis da atmosfera, usando altura geopotencial, temperatura e vento, obtidos a partir de várias estações de radiossonda, para o período de 1980 a 1984. Hoskins et al. (1989), apresentaram mapas diagnósticos da circulação global atmosférica, usando médias trimestrais dos dados do ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), no período de 1979 a 1989. Nestes mapas pôde-se notar a presença dos jatos no Hemisfério Sul. A posição longitudinal e a intensidade dos jatos no Hemisfério Sul apresentam uma variação interanual (JAMES e ANDERSON, 1984).

### **2.1.1 – Corrente de Jato Polar, Subtropical e CJNEB**

Bandas de vento estão presentes em cada hemisfério, a banda mais próxima aos pólos é chamada de Jato Polar, nos subtrópicos é chamada de Jato Subtropical e nos Trópicos de Jato do Nordeste Brasileiro (GOMES, 2003 e CAMPOS, 2005). Além desse sistema colaborar para troca de energia na atmosfera (levando calor aos pólos e frio para os trópicos), ele também é um ingrediente chave na previsão do tempo.

A corrente de jato polar (CJP) é encontrada em latitudes médias acima de 13 km de altura, não é semi-permanente, está associada com o forte gradiente horizontal de temperatura, e em qualquer instante tende a coincidir com as estreitas zonas frontais em altos níveis (PEZZI et al., 1996). A ocorrência de um núcleo de jato intenso acima da zona frontal em superfície é uma consequência do balanço do vento térmico. A CJP encontra-se geralmente entre as latitudes de 35°S a 70°S. A variação sazonal da sua posição é a mesma da CJS, ou seja, sua posição é mais próxima ao equador durante o inverno do que no verão.

A Figura 4 ilustra uma seção vertical idealizada da CJP, na qual perceber-se um aumento da velocidade do vento com altura, comportamento encontrado em camadas onde o gradiente meridional de temperatura é forte. Observa-se uma pronunciada diminuição da velocidade do vento com altura acima da tropopausa, onde o gradiente meridional de temperatura é invertido ao da troposfera.

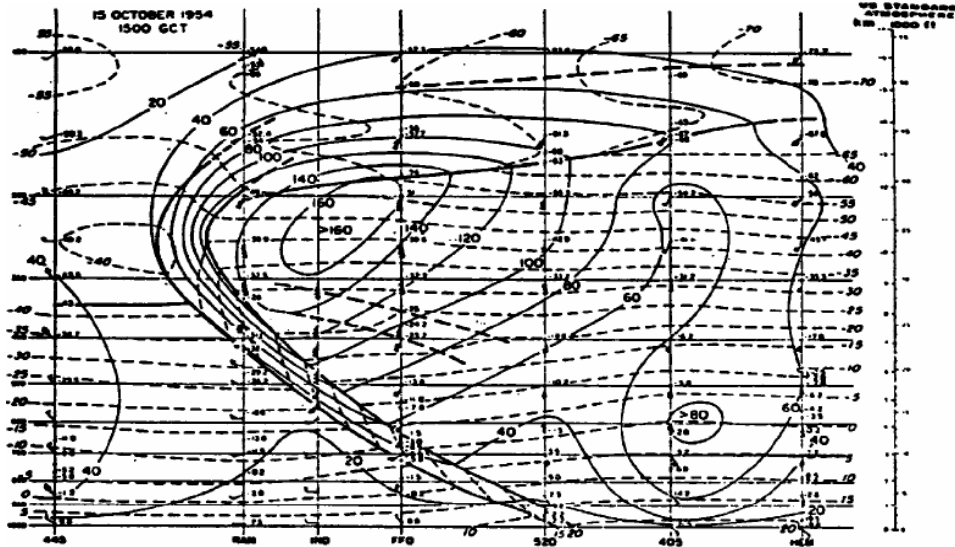


FIGURA 4 – Seção vertical idealizada da CJP. Linhas tracejadas são as isotermas ( $^{\circ}\text{C}$ ); linhas cheias, as camadas frontais ou tropopausas; linhas sólidas, as isotacas do vento observado em intervalos 10 m/s, sem levar em conta a direção.  
 FONTE: Palmén, 1969.

O papel do jato polar, na geração e manutenção de tempestades em escala sinótica, está ligado à produção de convergência e divergência em nível superior quando o ar é acelerado e desacelerado, ao entrar e sair de faixas de máxima velocidade do jato. Onde o jato produz divergência em altitude ele contribui para o desenvolvimento de ciclones que se formam e deslocam-se ao longo da frente polar. O jato polar não é a única corrente de jato. O jato subtropical ocorre próximo à descontinuidade da tropopausa, em torno de  $25^{\circ}$  de latitude, no extremo da célula de Hadley (Figura 5). Ele está localizado a aproximadamente 13 km de altitude. É mais forte e menos variável em latitude que o jato polar.

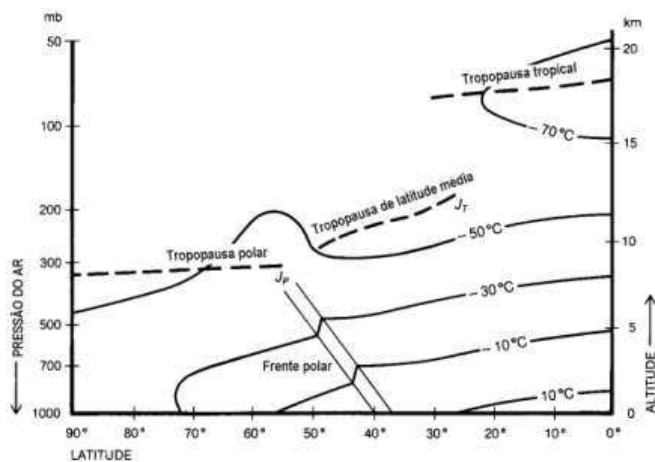


FIGURA 5 – Secção transversal vertical através do HN mostrando a posição do jato polar acima da frente polar ( $J_p$ ) e do jato subtropical ( $J_t$ )  
 FONTE: Notas de aula, Departamento de Física - UFPR.

As quatro Figuras a seguir apresentam o diagrama médio idealizado da evolução de uma corrente de jato de acordo com a evolução de uma da frente polar. A Figura 6a representa uma pequena ondulação da frente polar e a corrente de jato correspondente. O fluxo das correntes mais elevadas do oeste é mal formado e a corrente de jato é paralela com a frente. Na Figura 6b a amplitude da ondulação aumentou, a corrente de jato esta mais deformada do que na Figura 6a. Com a Figura 6c, a corrente de jato esta consideravelmente deformada, ela atravessa a oclusão e esta situada ao sul da zona de baixa pressão. O estágio final da oclusão é dado na Figura 6d, neste estágio, a corrente de jato é mais fraca do que nos estágios anteriores e frequentemente desaparece completamente. Com o curso de sua evolução, a corrente de jato move-se seguindo o movimento da invasão fria para as posições cada vez mais ao sul. Então, quando desaparecer, uma nova corrente de jato pode estar se formando mais no norte.

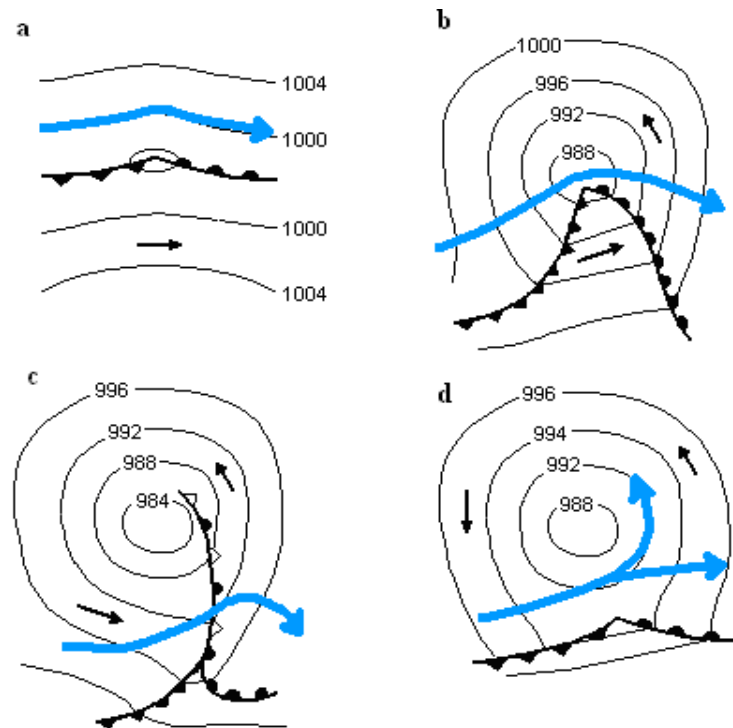


FIGURA 6 – Posição da corrente comparada com a frente polar.  
 FONTE: British Broadcasting Corporation (BBC), 2002.

A corrente de jato subtropical (CJS), que está geralmente confinada em latitudes de até  $30^{\circ}$  a aproximadamente 13 km de altura (ou aproximadamente 200 hPa), está associada à circulação de Hadley, normalmente encontrando-se acima da porção descendente dessa célula, entre as latitudes de  $20^{\circ}\text{S}$  e  $35^{\circ}\text{S}$ . Esse jato é mais desenvolvido na estação de inverno onde a circulação média meridional é mais intensa (HASTENRATH, 1990). A circulação de Hadley é um dos principais mecanismos para sua manutenção, esta corrente é semi-

permanente e a sua posição média desloca-se em direção ao equador no inverno e em direção aos pólos no verão, assim como toda a circulação atmosférica, devido à posição do sol (PALMÉN e NEWTON, 1969). No hemisfério sul, há menor variação sazonal da intensidade do jato, quando comparada com hemisfério norte (PALMÉN e NEWTON, 1969).

A corrente de jato do nordeste brasileiro (CJNEB) localiza-se geralmente próximo dos 200 hPa na tropopausa tropical entre as latitudes de 20°S e o Equador tendo maior ocorrência e desenvolvimento durante os meses de inverno e primavera (GOMES 2003 e CAMPOS 2005).

## 2.2 – Estrutura da Corrente de Jato Subtropical

A corrente de jato ocorre próximo à tropopausa, entre 9 e 13 km de altura, limitando-se a poucos milhares de metros de profundidade e a dezenas de quilômetros, horizontalmente. Situa-se entre as massas de ar frias e quentes, na região de máximos contrastes térmicos e localiza-se acima das áreas onde ocorrem grandes perturbações atmosféricas à superfície. A posição da corrente de jato com referência à posição da tropopausa e da zona baroclínica intensa é mostrada no esquema da seção vertical da atmosfera na Figura 7 (PALMÉN e NEWTON, 1969).

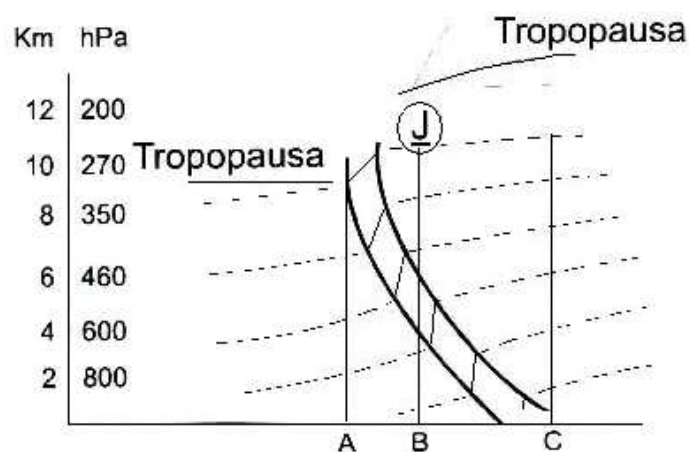


FIGURA 7 – Seção vertical, mostrando a zona de forte baroclinia na troposfera (entre A e C); zona frontal e corrente de jato (J), situada sobre a vertical B.

FONTE: Palmén e Newton, 1969.

A corrente de jato tem estrutura assimétrica do campo do vento e da temperatura em torno do eixo. Próximo da tropopausa, a distribuição da temperatura é mais complicada,

porque a altura da tropopausa no ar frio é menor do que no ar quente. Nos níveis em que a troposfera está em uma massa de ar e a estratosfera em outra, ocorre o nivelamento da temperatura e nos níveis mais altos o gradiente de temperatura inverte seu sinal (FEDOROVA, 2001). O posicionamento e a intensidade do jato em altos níveis são fatores importantes para o deslocamento dos sistemas frontais. Quanto mais ao sul e mais intenso estiver o jato, mais difícil será o avanço das frentes para latitudes baixas (ANDRADE, 2007).

A Figura 8 resume as características do campo de movimento que realizam mudanças na estrutura atual de uma onda de gradiente. Esta incorpora componentes de confluência, inclinação (representados por pontos no final das setas a partir de um determinado nível, na seção do meio em que estas representam o movimento global transversal no fluxo da crista para o cavado) e desvio (indicado por uma mudança na inclinação do eixo do jato e, correspondentemente, diferentes amplitudes das linhas de corrente no núcleo do jato e em baixos níveis). Isotacas e isotermas nas seções finais ilustram o estreitamento da corrente a jusante, com ciclogênese em seu flanco ciclônico nas formas de aumento do gradiente de temperatura lateral e cisalhamento vertical e lateral (NEWTON e TREVISAN, 1984).

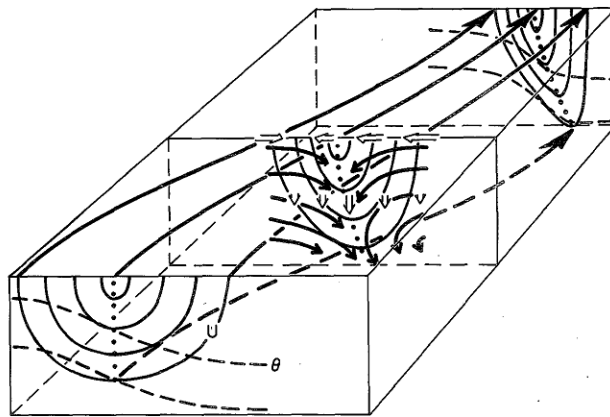


FIGURA 8 – Visão perspectiva da crista-cavado de parte de uma onda gradiente. No topo, confluência das linhas de corrente próximo ao vento máximo; abaixo uma linha de corrente tridimensional ao longo do eixo do jato na média troposfera, mostrando a descida e inclinação que diz respeito à linha de corrente central acima. Isotacas são sólidas, e nas seções finais um par de linhas isentrópicas tracejadas. Na secção central, a circulação transversal é exibida por setas. Setas abertas (double-shafted) mostram movimento vertical na troposfera superior e, no topo, de componentes de movimento lateral relativo as linhas de corrente central na troposfera média.

FONTE: Newton e Trevisan, 1984.



Jet Streaks (Corrente de Jato) (Figura 9) é definido como uma região de núcleos de ventos máximos (nvm) ao longo ou embebidos no eixo da corrente de jato (e.g., PALMÉN e NEWTON, 1969; BLUESTEIN, 1993) são um tema clássico na meteorologia sinótica e dinâmica. Estudos realizados por várias décadas, relacionaram jet streak em altos níveis a ciclogênese (e.g., BJERKNES, 1951; UCCELLINI et al., 1984, 1987; UCCELLINI e KOCIN, 1987; WASH et al., 1988; VELDEN e MILLS, 1990), mau tempo (e.g., BEEBE e BATES, 1955; UCCELLINI e JOHNSON, 1979; BLUESTEIN e THOMAS, 1984) e ao aumento da precipitação de mesoescala (e.g., CAHIR, 1971; UCCELLINI e KOCIN, 1987; HAKIM e UCCELLINI, 1992). Como a velocidade do vento no jato não é uniforme em toda a sua extensão horizontal existem máximos e mínimos locais nas isotacas, ao longo do eixo, nos quais a velocidade do vento pode atingir ou superar 125 nós (231 km/h). Frequentemente, esses máximos deslocam-se ao longo do eixo, no mesmo sentido do vento (MEDINA, 1976), mas a velocidade do vento no nvm de uma corrente de jato é maior do que a velocidade com que este núcleo se move. Esses nvm encontram-se presentes nos regimes de escoamento extratropical e, devido a sua importância como 28 precursores de ciclogênese e tempos severos, tem recebido significativa atenção da comunidade sinótica (CARLSON, 1991; BLUESTEIN, 1993).

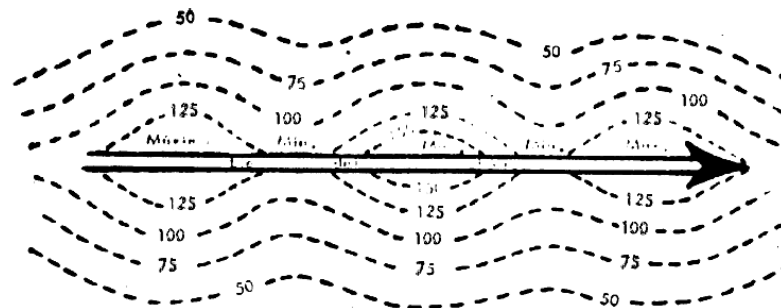


FIGURA 9 – Representação esquemática do eixo da corrente de jato. Isotacas -linhas tracejadas.

FONTE: Medina, 1976.

Constata-se, portanto, que as acelerações das partículas que entram no jato podem ser explicadas somente por uma componente ageostrófica da velocidade do vento dirigida para o lado polar e, na região de saída, dirigida para o lado equatorial (HOLTON, 1979).

Bjerknes e Holmboe (1944), Newton e Trevisan (1984) relacionam a estrutura dos cavados e cristas, nas ondas de altos níveis, associada com os componentes longitudinais (ou ao longo da corrente) do vento ageostrófico de divergência (convergência) em altos níveis e ventos em baixos (altos) níveis em relação a eixo do cavado que leva a ciclogênese

(anticiclogênese) na superfície (Figura 10). Esta Figura também ilustra como as configurações de divergência (convergência) na troposfera superior estão relacionadas aos movimentos verticais na troposfera média e a convergência (divergência) na troposfera inferior (KOUSKY et al., 1981). Em níveis troposféricos baixos o termo de variação local predomina relativamente sobre o termo de variação advectiva (KOUSKY e ELIAS, 1982).

A convergência induzida em baixos níveis favorece a formação de nuvens pelos movimentos ascendentes, desde que haja umidade suficiente na região para a formação deste processo, bem como a divergência induzida em baixos níveis provoca movimentos descendentes, subsidência, retardando a formação de nuvens.

O escoamento na corrente de jato, de um cavado para uma crista, determinou divergência em altos níveis troposféricos. Devido a essa divergência, estabeleceu-se uma região de considerável convergência na troposfera mais baixa. A identificação da corrente de jato como o mecanismo que estabelece divergência em altos níveis, induzindo convergência em níveis mais baixos, é mais fácil de ser reconhecida, neste caso, tendo em conta a ausência de outras forçantes tais como frentes. Este centro de convergência intensificou-se pelo transporte de calor associado às correntes de norte e de nordeste (BARBOZA et. al., 1998).

Blackmon et al. (1977), ajudou a entender como a corrente de jato climatológica é mantida, se por fluxos associados a vórtices transientes ou somente pelo escoamento médio no tempo. Ilustraram a manutenção da CJS usando a presença do escoamento ageostrófico médio meridional nas regiões de entrada e saída do jato para inferir a presença da circulação vertical.

Utilizando modelagem numérica para a simulação de um evento de incursão de ar frio sobre a América do Sul ocorrido em Maio de 1993, Garreaud (1999) identificou regiões de ascendência (lado equatorial) e subsidência (lado polar) do jato subtropical sobre o continente durante a ocorrência do fenômeno físico. O autor sugeriu que a região de subsidência do jato estaria contribuindo significativamente para a intensificação do anticiclone em baixos níveis que se propaga para o equador e caracteriza a incursão. Pelas simulações também foi observada uma forte contribuição da advecção horizontal de vorticidade anticiclônica e de ar frio durante a ocorrência da incursão.

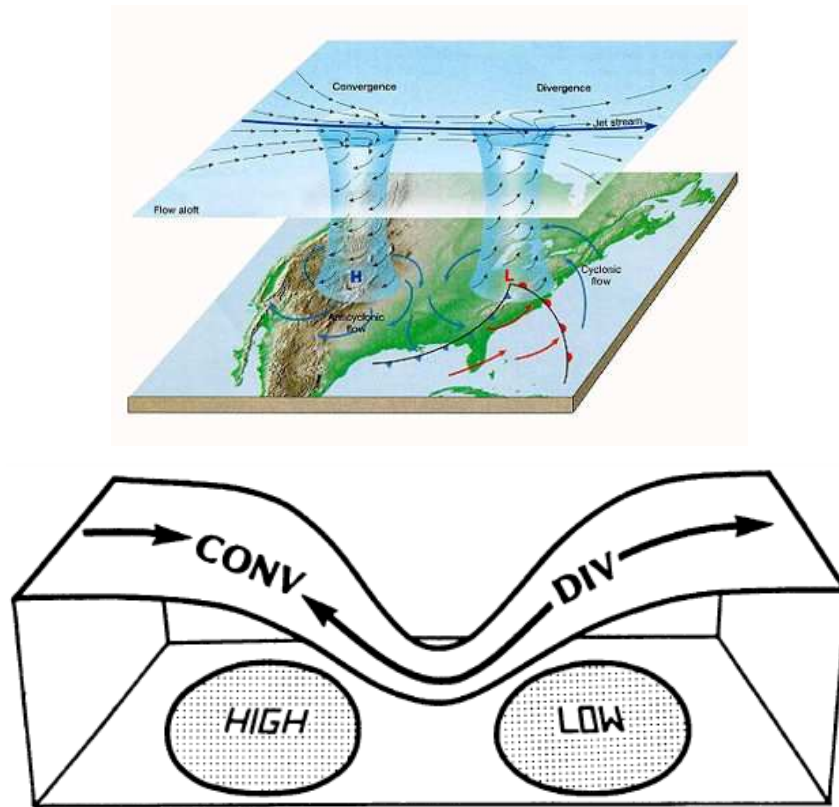


FIGURA 10 – Diagrama esquemático que relaciona o vento ageostrófico ao longo da corrente (setas) ao padrão de divergência associado com o sistema cavado/crista em altos níveis e a alta (HIGH) e baixa (LOW) pressão em superfície

FONTE: Bjerknes e Holmboe, 1944

Normalmente, as correntes de jato fluem por uma extensão de aproximadamente 1000 km, com aproximadamente 100 km de largura e apenas 1 km aproximadamente de espessura (Figura 11). O cisalhamento vertical do vento é da ordem de 5-10 m/s por km e o cisalhamento lateral, de 5 m/s por 100 km.



FIGURA 11 – Dimensões laterais da corrente de jato  
FONTE: British Broadcasting Corporation (BBC), 2002.

Kousky e Cavalcanti (1984) utilizaram cartas de superfície e de escoamento do vento em altos níveis, juntamente com imagens de satélite, para 1982-1983 e observaram uma CJS bem pronunciada sobre a América do Sul e o Pacífico Leste, como sugerido por Bjerknes (1966) e comprovado por Arkin (1982).

A análise climatológica do escoamento em altos níveis (200 hPa) sobre parte da América do Sul estudada da por Pezzi e Cavalcanti (1994), no trimestre de inverno (JJA), tentou identificar os principais padrões de circulação em altos níveis associados a CJ, a variação interanual e o comportamento da circulação em áreas distintas sobre a América do Sul. Usando 10 anos de dados diários do ECMWF, no período de 1980 a 1989, entre as latitudes de 60S e 20S e longitude de 40W a 80W. Pezzi e Cavalcanti (1994) verificaram que o maior número de casos com anomalias positivas, durante todo o inverno, ocorreu nas latitudes de 30S a 20S e o máximo ocorreu no mês de agosto, com 172 casos para os desvios (anomalias) maiores que 0 m/s.

Nobre et al.(1986), Severo (1994) e Severo et al. (1994), mostraram que dentre os sistemas meteorológicos responsáveis por chuvas intensas no Sul e Sudeste, estão aqueles em que é sugerida uma interação entre a CJS e sistemas frontais em baixos níveis. Severo e Silva (1992) analisando um caso de chuvas intensas no Vale do Itajaí em um ano de El Niño-Oscilação Sul, nos quais a presença da corrente de jato quase estacionária sobre a América do Sul, é fato já discutido em vários trabalhos, entretanto eles reforçam que a presença deste mecanismo de grande escala em conjunto com a advecção de ar quente e úmido desde a região amazônica, formam um coquetel ideal para o desenvolvimento de convecção intensa, linhas de instabilidade e situações de tempo violento. O El Niño altera também a célula de circulação do tipo Hadley, sentido norte – sul, influenciando na corrente de jato (“jet stream”), a uma altitude de 10.000 m (CUNHA, 1999). O “jet stream”, segundo Cunha (1999), nos anos de El Niño, determina bloqueios na atmosfera, fazendo com que frentes frias fiquem semi-estacionadas, principalmente sobre o extremo sul do Brasil, causando excessos de chuva. Em anos de La Niña, a célula de tipo Hadley fica enfraquecida, fazendo com que frentes frias passem rapidamente pela região Sul ou desviem sua rota, diminuindo a quantidade de precipitação pluvial (CUNHA, 1999). Em anos de El Niño, o jato subtropical se intensifica devido ao aumento do gradiente de temperatura norte-sul, bloqueando o avanço das frentes para as latitudes mais baixas (CAVALCANTI, 1996).

Pezzi et al. (1996) realizaram um trabalho sobre a climatologia da corrente de jato sobre a América do Sul de 1985 a 1994. No trimestre de verão a CJS praticamente desaparece prevalecendo a CJP. No trimestre de outono CJS apresenta-se bem definida e em processo de

intensificação. No inverno a CJS atinge a sua máxima intensidade sobre a América do Sul com configuração zonal ou uma suave inclinação de noroeste para sudeste. Na primavera a CJS começa a perder a força e o escoamento começa a apresentar uma curvatura anticiclônica em resposta ao aparecimento da Alta da Bolívia.

Segundo Gomes (2003), as correntes de jato no Nordeste do Brasil (CJNEB) foram encontradas em todas as estações do ano sobre o Estado de Alagoas. Nos meses de janeiro (verão) e abril (outono), a velocidade média da CJNEB ficou abaixo de 30m/s. Já nos meses de julho (inverno) e outubro (primavera) os ventos médios foram superiores a 30m/s. As CJNEB no período seco do ano (novembro-dezembro-janeiro) mostraram ter ligações com os VCAN. A existência da CJNEB não altera as condições do tempo em baixos níveis.

Segundo Campos (2005), nos meses de maio, junho, agosto e setembro, ocorreram uma maior frequência de ventos acima de 30m/s (Tabela 1). Nesses meses, inverno e primavera, os valores máximos de velocidade do vento são os maiores em relação aos outros meses do ano. No mês de setembro foi registrado o maior valor da CJ que chegou a 52m/s, o menor valor foi registrado no mês de dezembro e atingiu 10m/s, durante o ano de 2004.

TABELA 1 – Velocidade do vento (média, mínima e máxima) da CJNEB próximo ao Estado de Alagoas durante o ano de 2004.

Velocidade do Vento			
Mês	Média	Mínimo	Máximo
Jan	26	18	36
Fev	23	12	34
Mar	22	12	32
Abr	26	16	32
Mai	28	18	38
Jun	29	16	46
Jul	29	18	40
Ago	29	14	38
Set	27	16	<b>52</b>
Out	26	12	36
Nov	25	16	32
Dez	20	<b>10</b>	28

FONTE: Campos, 2005.

Campos (2005) em sua pesquisa verificou que os movimentos verticais ascendentes na periferia leste do VCAN não seguiram a regra deste sistema, ao qual foram dominados pela circulação direta da entrada da CJNEB. Em relação aos movimentos verticais clássicos do VCAN, foram encontrados movimentos descendentes em sua periferia. A estrutura do centro do VCAN também foi modificada, provocando movimentos ascendentes em seu núcleo. O

estudo dessas circulações deve evidenciar áreas de divergência/convergência, tanto na alta como na baixa troposfera, e podem gerar instabilidades que favoreçam o surgimento e a manutenção dos sistemas convectivos associados ao VCAN. Fedorova e Fedorov (1998) analisaram a participação da corrente de jato na formação do VCAN e perceberam que na maioria dos casos, o estágio inicial de formação ocorre na entrada da corrente de jato ou próximo da mesma.

Fedorova et. al. (1999) verificaram que a corrente de jato acompanhou o processo de formação do vórtice no campo de nebulosidade em 88% dos casos. O vórtice foi observado freqüentemente (54% dos casos) na entrada da corrente de jato e também próximo ao núcleo da mesma (21 % dos casos); em outros casos (25 %) o núcleo foi pequeno. O primeiro estágio do vórtice formou-se na entrada da corrente de jato (64%) ou próximo do núcleo da mesma (36%). Comparando-se a posição da nebulosidade do vórtice com o centro do eixo da corrente de jato, observou-se que o vórtice formou-se sob (53,5%) ou no lado quente (46,5%) daquele eixo. Ramírez et. al (2000) O estudo sobre vórtices desprendidos, mostrou que o jato com curvatura ciclônica contribuiu para a intensificação da vorticidade ciclônica corrente abaixo, onde por sua vez o jato ao se estender anticyclonicamente ao redor da crista também contribuiu para a intensificação da vorticidade anticyclônica corrente acima da crista, amplificando-a. Isto contribuiu para a intensificação do setor norte do cavado dando origem ao vórtice desprendido (Figura 12). Dinamicamente este mecanismo de transporte de energia do jato para a onda pode ser explicado através da teoria de conservação da vorticidade potencial (BELL e BOSSART, 1993).

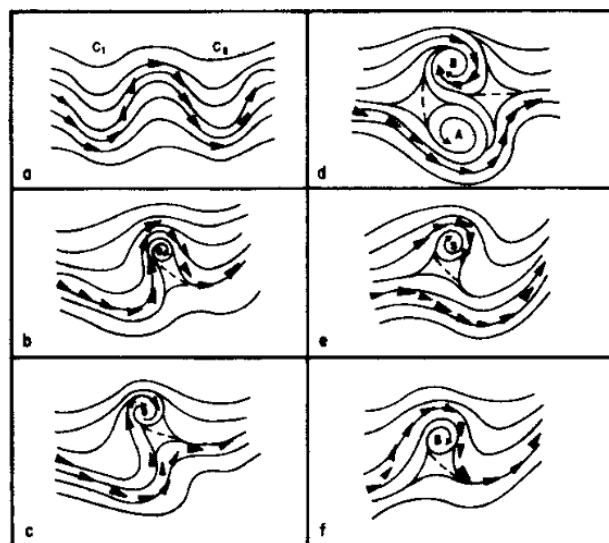


FIGURA 12 – Mecanismo de formação “Roll-over cycle”, adaptado para o Hemisfério Sul. As setas indicam ventos fortes associados ao jato nos ventos do oeste.  
 FONTE: Weldon, 1991.

Fedorova et. al (2009) mostraram no estudo sobre a precipitação sobre o Estado de Alagoas entre 2003 e 2006 que a CJNEB mesmo com fraca intensidade (com a velocidade do vento máximo entre 32-36 m/s), durante todo o período do estudo, esteve presente na periferia oeste de um vórtice ciclônico de altos níveis. Sua atuação auxiliou na formação de movimentos ascendentes influenciando no desenvolvimento da precipitação ( $\geq 5\text{mm}/24\text{h}$ ) em 114 eventos.

A CJNEB também esteve presente durante 9 eventos de complexos convectivos de mesoescala. Através das imagens de satélite e cartas sinóticas, foi analisado que um dos fatores sinóticos, que criou condições favoráveis para formação do complexo convectivo de mesoescala foi a presença do lado quente da CJNEB (FEDOROVA, 1999).

A formação de um CCM esteve associado com a corrente de ar no nível de 200hPa com velocidades próximas do limite inferior de uma corrente de jato que estava próxima do NEB (CJNEB) e foi formada através de um ramo da corrente de jato subtropical. Na CJNEB foi formada uma circulação acima de 400hPa com as circulações transversais sobre o Estado de Alagoas. As duas células da circulação, criadas pela CJNEB em altos níveis e pelos ventos Alísios em baixos níveis, foram responsáveis pela formação dos movimentos ascendentes em toda atmosfera sobre a parte leste do Estado de Alagoas, contribuindo para o desenvolvimento do CCM (FEDOROVA et. al., 2005).

Justi da Silva e Silva Dias (2002) analisaram a climatologia dos jatos em altos níveis sobre a região subtropical da América do Sul. Os campos médios para cada estação do ano com a frequência de jatos em 200 hPa, mostraram-se coerentemente com a climatologia, uma maior intensidade durante o inverno assim como um deslocamento desta frequência para o Equador nesta época do ano. Dias de Melo e Marengo verificaram que a corrente de jato intensifica-se e desloca-se para 30° no hemisfério de inverno.

Cruz (2003) utilizou dois métodos para explicar a manutenção da corrente de jato sobre a América do Sul na estação de inverno. O primeiro baseava-se na análise do balanço de energia cinética total através da circulação transversal em torno da CJ pelo vento ageostrófico, utilizando-se treze anos de dados mensais derivados da reanálise do NCEP de 1982 a 1994. No segundo, a manutenção da corrente de jato é estudada baseando-se no conceito de energia cinética do estado básico e turbulento utilizando seis anos de dados médios diários da reanálise do NCEP. A análise climatológica média realizada para a corrente de jato confirmou sua posição média e a variabilidade da intensidade da CJS e CJP, como descritas na literatura. A CJS encontrou-se centrada em aproximadamente 30°S, ao nível de 200 hPa, apresentando uma variabilidade maior do que a CJP, devido a sua localização na região preferencial para

passagens de sistemas sinóticos de médias latitudes. A CJP encontrou-se localizada entre as latitudes de 50-60°S, acima do nível de 200 hPa, estendendo-se além de 100 hPa.

### 2.3 – Circulações Transversais

A presença de uma corrente de jato assegura que algum processo de ajuste dos campos de massa e de vento está ocorrendo nas regiões de entrada e saída do jato. Obviamente, movimentos nessas regiões teriam alguma componente ageostrófica devido às mudanças de velocidade na entrada e saída da corrente de jato (SECHRIST e WHITAKER, 1979).

Mahlman (1973) examinou o balanço de energia cinética na CJP e revelou que a circulação transversal direta é provavelmente forte para manter a corrente de jato contra a dissipação, mas não o bastante para transportar uma grande quantidade de energia lateral. Embora, significantes quantidades de energia sejam transferidas para cima através da tropopausa, resultando em circulações transversais.

A circulação na entrada do jato é termicamente direta com movimento ascendente no lado equatorial. Dessa forma, a energia cinética do jato é mantida por fontes térmicas de energia (BLACKMON et al., 1977). A CJS é mantida pelo balanço entre a geração de energia cinética pela circulação ageostrófica e pela divergência do fluxo de energia cinética (HOLOPAINEN, 1978). O mecanismo de circulação ageostrófica proposto por Holopainen é relativamente um efeito regional, e que a interação inter-hemisférica entre a circulação rotacional e divergente é um importante fator na manutenção da CJS (KRISHNAMURTI, 1979). Ambos os mecanismos de Holopainen e Krishnamurti explicam a manutenção da CJS (CHEN et al., 1988).

Blackburn (1985) questiona a inferência direta da circulação vertical na entrada e saída da corrente de jato no padrão de vento ageostrófico, onde, problemas de interpretação surgem devido ao uso da definição de geostrofia usando o parâmetro de Coriolis variável ou constante em estudos teóricos e análises de dados atmosféricos.

Cruz (2003) verificou que a circulação transversal sobre a América do Sul mostrou-se bem definida na entrada da CJS, porém na saída nem sempre o padrão estava coerente, sendo observada a presença quase que permanente da CJP. Problemas de interpretação surgiram com o uso das circulações transversais nas regiões de entrada e saída da corrente de jato no padrão de vento ageostrófico, como: a proximidade da CJS nas regiões em que a geostrofia não é válida, processos computacionais imperfeitos e, como sugerido por Blackburn (1985).



As circulações transversais direta e indireta foram responsáveis pelas conversões de energia potencial disponível em cinética ( $Pm \rightarrow Km$ ) na entrada da corrente de jato, e pelas conversões de energia cinética para potencial disponível ( $Km \rightarrow Pm$ ). O estudo dessas circulações deve evidenciar áreas de divergência-convergência tanto na alta como na baixa troposfera. Esses padrões, dependendo da energia disponível, podem gerar instabilidades que favoreçam o surgimento e a manutenção dos sistemas convectivos de mesoescala (CRUZ, 2003).

Na Aviation Weather Center/Transition Aviation Program, no Centro de Prognósticos Mundiais em Washington D.C., se estabeleceu um critério para avaliar a posição do Jato Subtropical na carta de 250 hPa utilizando um valor médio do nível geopotencial, acima de 10,440mgp (tipicamente 10680mgp). Estabeleceu-se um critério usando uma escala de temperatura para distinguir os máximos e mínimos de vento. Fazendo um corte transversal no Jato (Figura 13), a temperatura potencial média associada às massas polares é de 320°K e a do Jato Subtropical 340°K (Nielsen, Texas A&M University).

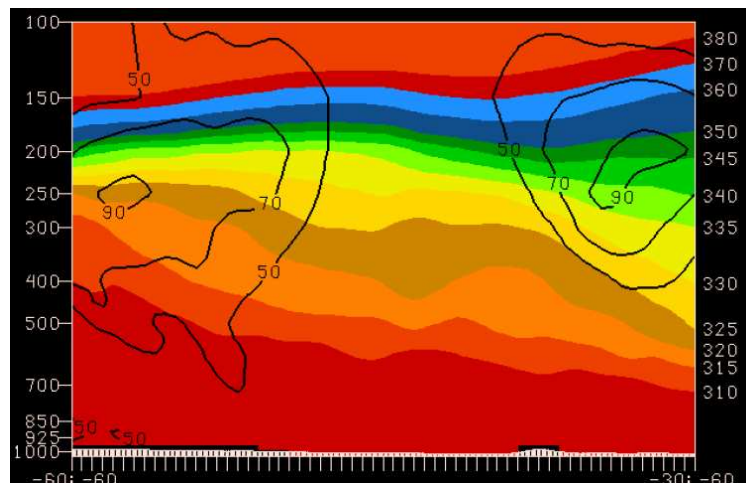


FIGURA 13 – Corte transversal da temperatura potencial (K).

FONTE: CPTEC/INPE

Um modelo ideal foi criado para a corrente de jato de nível superior. Nesse modelo podem-se identificar áreas características de divergência e convergência com relação à entrada e saída do jato, e a circulação vertical ageostrófica resultante. Este conceito pode adaptar-se ao hemisfério sul, como se vê na Figura 14. Em um jato orientado de oeste para leste, na entrada A, há uma área de divergência, enquanto que na entrada A', há uma zona de convergência. O oposto se cumpre na saída do jato, com uma área de convergência na saída

B, e uma região de divergência na saída B'. A avaliação dessas áreas de convergência e divergência na entrada na saída do jato sinaliza regiões de ascensão e subsidência de ar.

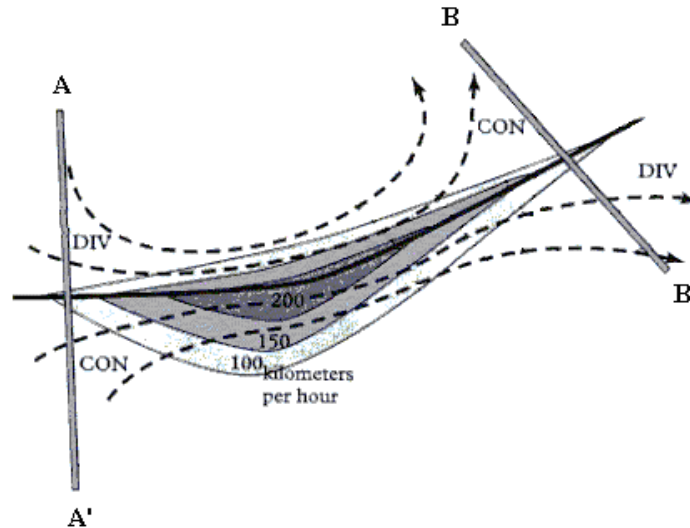


FIGURA 14 – Representação esquemática da estrutura da corrente de jato para o hemisfério sul.

FONTE: Adaptado da University of North Carolina at Chapel Hill

Foi revisto por Uccellini (1990) que existem numerosos estudos sobre a corrente de jato e sua relação com as circulações transversais (Figura 15) associadas com seus movimentos verticais padrões provocando convecção em larga escala e tempestades de inverno. Cahir (1971) utilizou um modelo de duas dimensões para relacionar as correntes de jato com o desenvolvimento de vários sistemas de precipitação de mesoescala, incluindo aqueles que produzem estreitas faixas de chuva moderada a forte que se estendem longitudinalmente de  $10^2$  a  $10^3$  km.

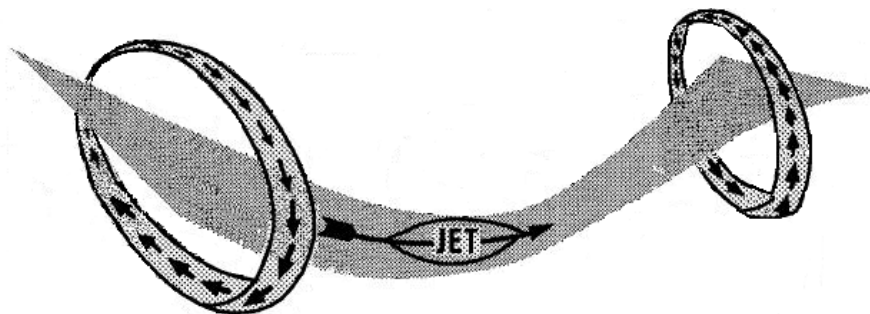


FIGURA 15 – Representação esquemática da circulação transversal da corrente de jato para o hemisfério sul.

FONTE: Adaptado de HAKIN e UCCELLINI, 1992.

Analisando o corte vertical (A-A') (Figura 16), na entrada da corrente de jato, pode-se notar uma circulação termicamente direta, onde o ar frio desce e o ar quente ascende. Assim, na entrada da corrente de jato, a energia potencial disponível é convertida em energia cinética. Através destas transformações de energia cinética para potencial disponível e vice-versa, pode-se entender como é feita à manutenção da corrente de jato através do padrão circulação ageostrófica.

A Figura 16 representa um plano vertical ao longo da linha (A-A') (Figura 14), que cobre a entrada da CJ, da esquerda para direita. Neste corte vemos o jato entrando na página, com o ar quente à esquerda e o ar frio a direita da página. No lado quente, nos níveis superiores, vemos a área de divergência, que se encontra acima da área de convergência nos níveis baixos. Isto favorece o levantamento vertical profundo, e teoricamente o levantamento de ar quente. No lado frio da entrada do jato observa-se uma área de convergência em níveis superiores, com divergência em superfície. Aqui, a convergência das parcelas de ar em altura são bloqueadas pela Tropopausa e forçadas a descer, ao chegar à superfície as parcelas se dividem; efetivamente o ar frio desce.

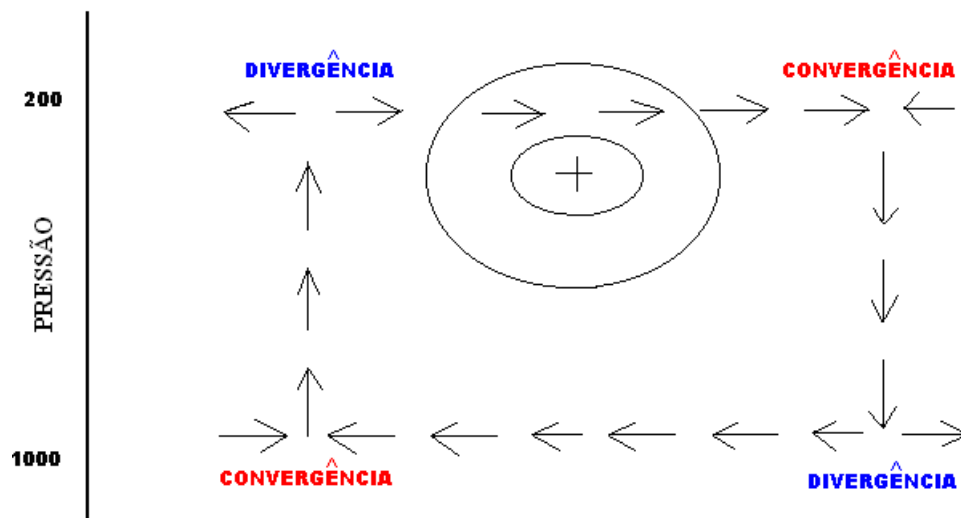


FIGURA 16 – Plano vertical ao longo da linha A-A', entrada da corrente de jato, indicando um vento ageostrófico que entra no plano da figura.  
 FONTE: HPC/NCEP.

Analisando o corte feito na seção vertical (B-B') (Figura 17), na saída da corrente de jato (Figura 14), pode-se notar uma circulação indireta, onde o ar frio ascende e a ar quente desce. Dessa maneira, tem-se uma perda de energia cinética com conseqüente aumento de energia potencial disponível.

A Figura 17 representa uma secção transversal ao longo da linha (B-B'), a qual cobre a saída, da esquerda para a direita, de nosso Jato ideal. No corte vemos o Jato entrando na página, com o ar quente à esquerda e o ar frio a direita da página. No lado quente, nos níveis superiores, vemos uma zona de convergência, e uma região de divergência em níveis baixos. Aqui, ao convergir às parcelas de ar, em altura, são forçadas a descer/subsidência e ao chegar à superfície as parcelas se dividem; efetivamente o ar quente está descendo. No lado frio do jato precisa-se uma área de divergência em níveis superiores, com uma área de convergência na superfície. O ar frio está ascendendo no lado frio do Jato.

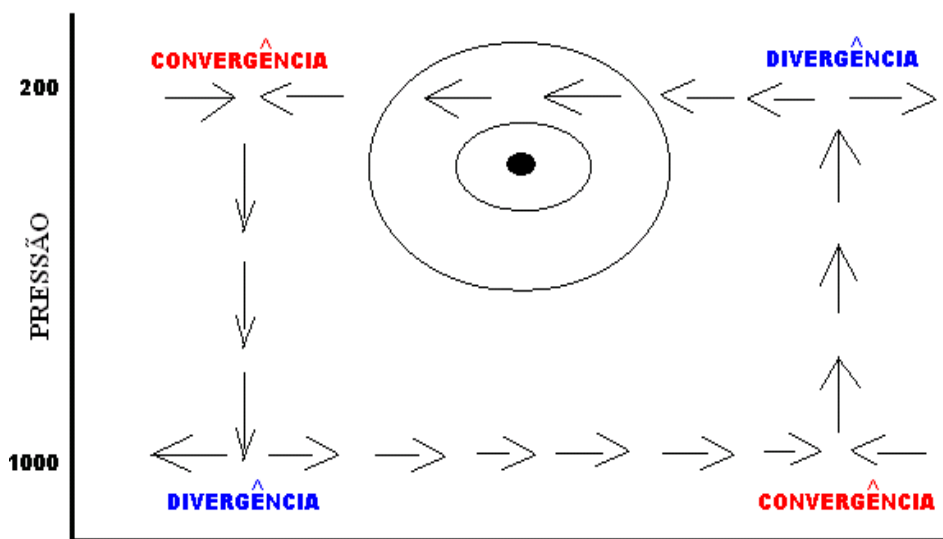


FIGURA 17 – Plano vertical ao longo da linha B-B', saída da corrente de jato, indicando um vento ageostrófico que sai no plano da figura.  
 FONTE: HPC/NCEP.

A figura 18 (KEYSER e JOHNSON, 1984) ilustra esquematicamente o efeito do aquecimento diabático dentro do sistema convectivo simulado (SCS) na criação de movimento isalobárico e modificando a circulação termicamente direta na região de entrada de um jet streak. O predomínio do movimento diabaticamente induzido no alto indica que a este nível, o movimento isalobárico é determinado principalmente pela distribuição do gradiente de aquecimento diabático. Dentro de um corrente cisalhamento verticalmente geostrófico de direção uniforme, o forte aumento da temperatura induzida diabaticamente, no interior da região convectiva, resulta numa diminuição para sua direita. Em resposta a força de gradiente de pressão crescente em cima, um componente diabático isalobárico do movimento ageostrófico é iniciado o que afasta o fluxo de massa divergente do SCS. Como

mostra a Figura 18b, este componente reforça a queda de pressão para baixo do SCS e aumenta a pressão sobre os flancos do sistema através de efeitos hidrostáticos. Esta tendência de distribuição de pressão causada pela redistribuição da massa quase horizontal induz um componente, convergente adiabático movimento isalobárico em baixos níveis, fornecendo massa e umidade. Assim, em resposta à liberação de calor latente, o SCS impulsiona a circulação de massa do sistema convectivo através do modo ageostrófico isalobárico sob a forma de um par pronunciado diabático-adiabático isalobárico.

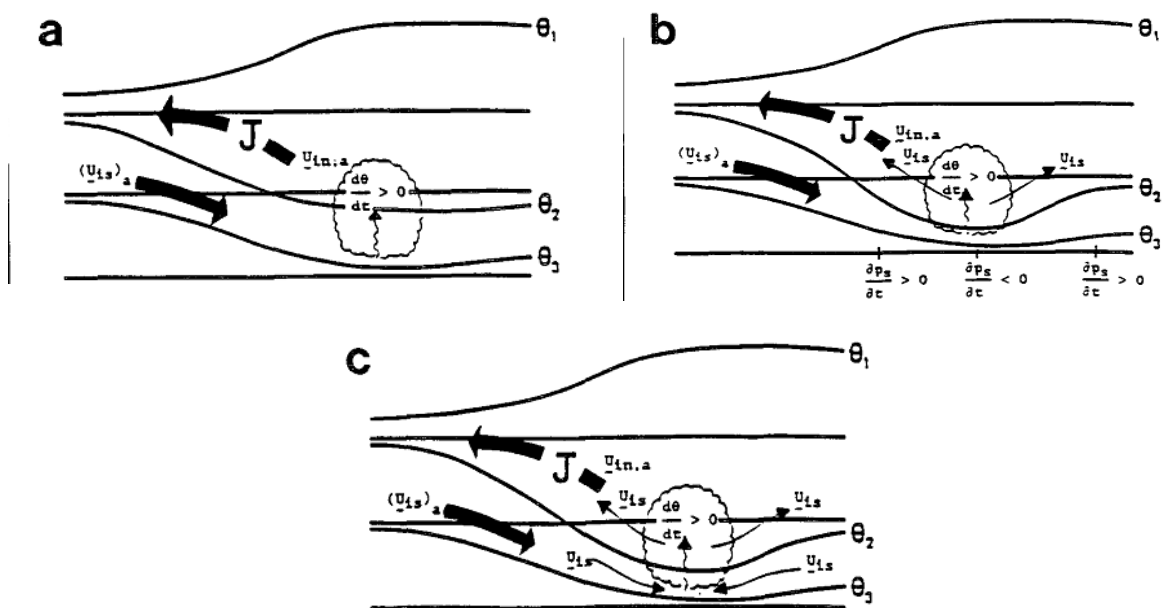


FIGURA 18 – Esquemática de uma seção vertical normal jet streak (J): (a) Local de desenvolvimento da SCS em relação à circulação direta na região de entrada, (b) vento isalobárico de nível superior ( $U_{is}$ ) forçado pelo aquecimento diabático diferencial no SCS maduro, com tendências de pressão na superfície, e (c) Resultante da convergência do vento isalobárico em baixo nível no SCS.

FONTE: Keyser e Johnson, 1984.

Em um máximo de vento, a tendência é que a magnitude do mesmo diminua em ambos os lados (frio e quente), sendo que, esta diminuição é mais drástica e pronunciada para o lado frio do máximo, devido ao gradiente horizontal de temperatura que é mais forte neste setor.

A Figura 19a representa um máximo de vento de 46m/s, com a intensidade do mesmo diminuindo para 36m/s em ambos os lados do máximo. Ao diminuir o máximo de vento, se

produz uma cortante de intensidade do vento, gerando redemoinhos ou vórtices, localizados e direcionados para zonas de diminuição de intensidade, afastando-se do máximo. Tipicamente, ao norte do máximo se produzirá uma cortante anticiclônica do vento, a qual se define como positiva no Hemisfério Sul. Contrariamente, ao Sul da máxima se produz uma cortante ciclônica, definida como negativa para o Hemisfério Sul.

Associado a este padrão de circulação está o movimento ascendente (descendente) do lado ciclônico ou frio (anticiclônico ou quente) do jato, que também está de acordo com os padrões de advecção de vorticidade (Figura 19b). Esquema de centros de vorticidade relativa máxima (anticiclônica) e mínima (ciclônica) e padrões de advecção relacionados associados com um jet streak contínuo. (NVA representa a advecção de vorticidade negativa ou anticiclônica; PVA representa advecção de vorticidade positiva ou ciclônica (RIEHL et al., 1952).

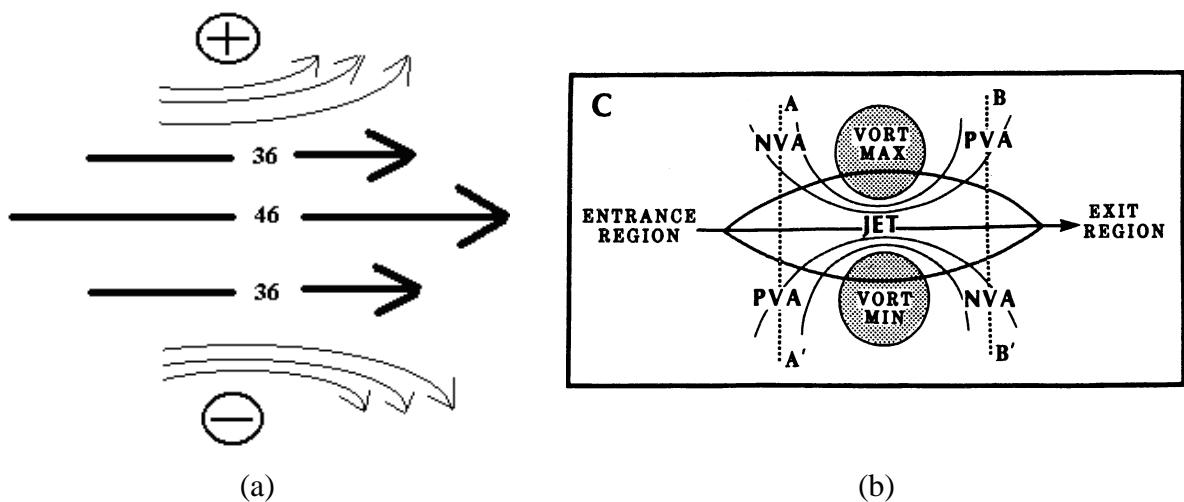


FIGURA 19 – Máximo de vento e redemoinhos ou vórtices.  
FONTE: HPC/NCEP e Uccellini e Kocin, 1987.

Beebe e Bates (1955), sugeriram que uma corrente de jato com curvatura ciclônica (localizada na base de um cavado) teria uma divergência e convergência mais pronunciada no lado ciclônico. O oposto é verdadeiro para jatos com curvatura anticiclônica (localizado na crista). Esse efeito de curvatura também foi estudado por Moore e Vanknowe (1992), os quais utilizaram um modelo simples de duas camadas (PE) de equações primitivas e encontraram a CJ com ambas as curvaturas ciclônica e anticiclônica, e acompanhada por um padrão de duas células de movimento vertical, o qual é significativamente maior que o encontrado no padrão

de quatro células na CJ retilínea. E ainda observaram que a curvatura anticiclônica gera divergência a leste do eixo da crista e convergência a oeste (H.S).

No estudo sobre ciclogênese na América do Sul (GAN, 1982) constatou a influência da circulação em altos níveis na formação e desenvolvimento de ciclones, devido ao cisalhamento vertical e zonal do vento, e a posição da onda, em altos níveis e define onde pode ocorrer a ciclogênese.

### 3 – MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 – Localização da área de estudo

O local escolhido para as análises é o Estado de Alagoas (Figura 20), localizado na região nordeste do Brasil.

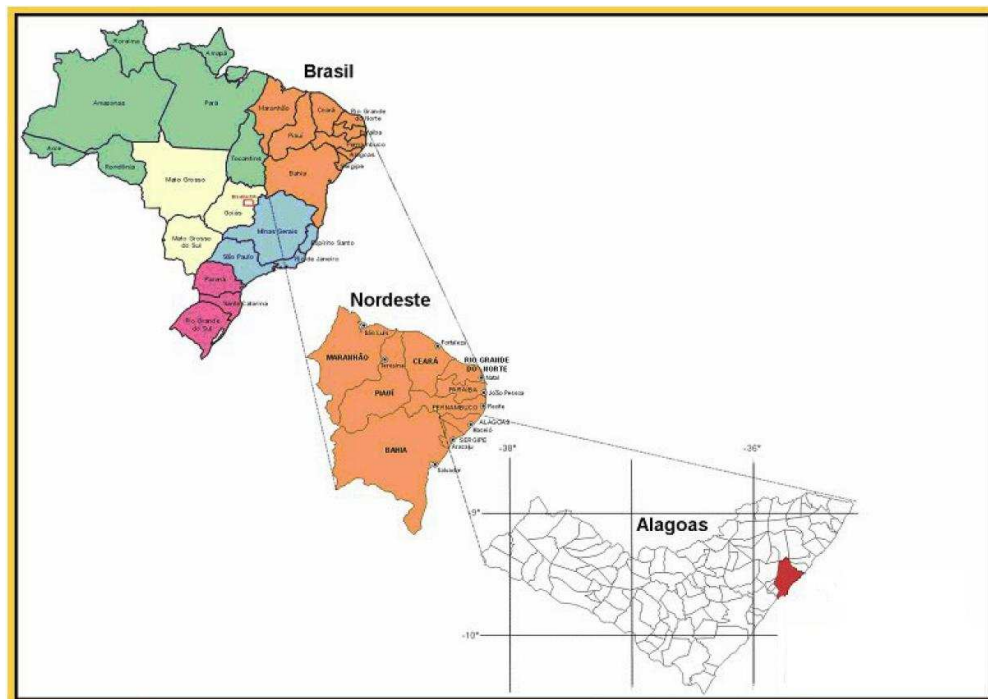


FIGURA 20 – Localização da área de estudo.  
 FONTE: MORAES, M. C. S., 2003.

##### 3.1.1 – Análise de ocorrência da corrente de jato próximo do Estado de Alagoas

A área da observação dos sistemas sinóticos associados foi limitada a:

- ✓ Grade 1: 10°N – 35°S e 5°W – 75°W (Figura 21a)

A área da observação de ocorrência da corrente de jato foi limitada a:

- ✓ Grade 2: 10°N – 20°S e 20°W – 50°W (Figura 21b)



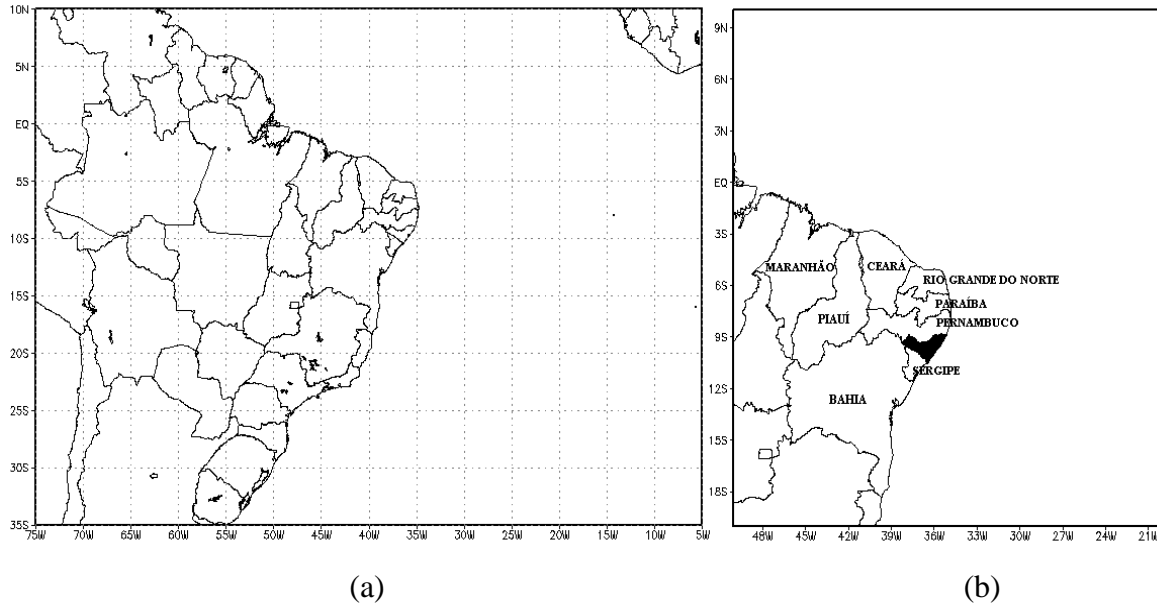


FIGURA 21 – Grade 1 – localização da área de identificação dos sistemas sinóticos associados (a) e Grade 2 – localização da área de estudo ampliada (b).  
 FONTE: NCEP

### 3.2 – Dados utilizados

O período de estudo para as ocorrências da CJNEB foi entre os anos de 1994 e 2009.

#### 3.2.1 Mapas através dos dados de reanálise do National Centers for Environmental Prediction (NCEP)

Os dados utilizados para o presente estudo das condições sinóticas são derivados da reanálise na base de dados do NCEP. Esses dados possuem distribuição global e resolução horizontal de 2,5 em latitude e longitude (KALNAY et al., 1996). Utilizaram-se mapas diários, nos horários de 00, 06, 12 e 18Z, para a componente zonal (u) e meridional (v), ao qual foram gerados campos de linhas de corrente e magnitude do vento.

Foram construídos mapas médios para as estações do ano, elaborados através de um filtro aplicado a Grade 2 (Figura 21b). Apenas os dias/horas com ocorrência de magnitudes superiores a 30 m/s, em algum ponto desta área, foram selecionados para construção dos mapas. Modelos conceituais da CJNEB do tipo I, II ou III foram construídos para serem comparados com estes mapas médios. Estes modelos representam os sistemas sinóticos associados à CJNEB de uma forma geral, levando-se em conta os sistemas associados para cada tipo, próximos a sua área de ocorrência. Na figura 22 podemos observar um exemplo

desses mapas com todos os dias do verão de 2009 (Figura 22a) e apenas com ventos superiores a 30 m/s (Figura 22b) em algum ponto da grade 2 (Figura 21b).

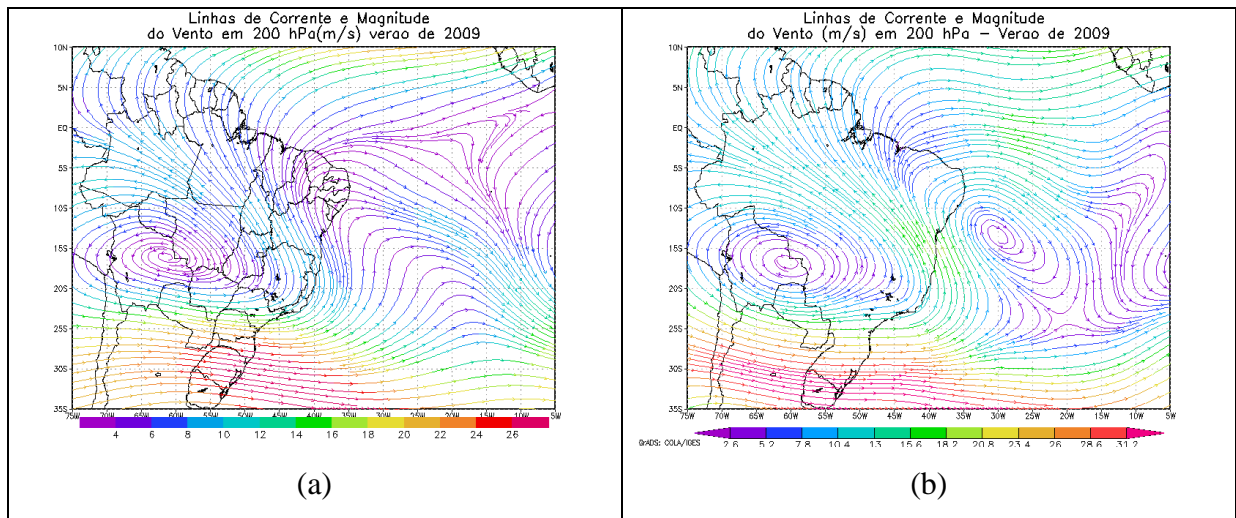


FIGURA 22 – Mapas climatológicos do verão de 2009, sem filtro (a) e com filtro (b).  
 FONTE: NCEP/NCAR

### 3.2.2 – Imagens de satélite

Foram utilizados setores específicos nas imagens de satélite com abrangência global e da América do Sul dos satélites GOES e METEOSAT no canal espectral infravermelho, referente a todas as orientações espaciais encontradas. Os dados de satélite foram cedidos pelo Space Science and Engineering Center (SSEC) da University of Wisconsin. O uso destes tem a finalidade de exibir a nebulosidade típica associada à corrente de jato e os sistemas sinóticos associados.

### 3.3 – Ferramentas utilizadas

A visualização gráfica e análise dos dados foram obtidos através do Software GrADS (Grid Analysis and Display System) versão 1.8SL11 2001(Doty, B.E., 1985). Esse software permite através da leitura de um script, a interpretação dos dados de reanálise do NCEP em pontos de grade.

As tabelas de frequência, direção, velocidade do vento na corrente de jato, orientação espacial e sistemas sinóticos associados foram construídas a partir de software com planilha eletrônica.

### 3.4 – Análises das ocorrências da corrente de jato e sistemas sinóticos associados

Escolhida as duas áreas para observação da ocorrência da CJNEB, levando-se em conta a intensidade e distribuição espacial, e sistemas sinóticos, foram computadas as ocorrências próximas ao Estado de Alagoas. Como a corrente de jato apresenta velocidades superiores a 30m/s (108 km/h) (REITER, 1969; FEDOROVA, 2001), foram utilizadas as seguintes tabelas com ventos entre 20-30m/s e maior que 30m/s:

- Freqüência diária;
- Freqüência mensal com velocidade máxima, média e a quantidade de dias da ocorrência de ventos nessas faixas;
- Freqüência anual com velocidade máxima, média e a quantidade de dias da ocorrência de ventos nessas faixas;
- Freqüência das orientações espaciais;
- Análise de ciclos da freqüência anual da CJNEB.

Os sistemas sinóticos foram computados levando-se em conta as ocorrências da CJNEB e associando-as aos mesmos, criando-se tabelas e gráficos, anuais e mensais, de porcentagens e número de casos. Para análise da freqüência e de localização de:

- VCAN;
- AB;
- AAS;
- VCAN do HN;
- Cavado

As orientações espaciais também seguiram este modelo de identificação associadas às ocorrências de jato. Foram elaborados tabelas e gráficos, anuais e mensais, de porcentagens e números de casos encontrados com as distribuições de NW-SE, SW-NE, SE-NW, W-E, S-N e N-S.

## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Variações anuais e mensais das ocorrências da CJNEB com velocidades maiores do que 30 m/s no período entre 1994 e 2008

Neste trabalho foi realizado um estudo climatológico de ocorrência da Corrente de Jato do Nordeste Brasileiro durante 16 anos (1994-2009) utilizando campos de linhas de corrente e magnitude do vento a 200hPa.

Observa-se no gráfico (Figura 23) a variação anual da corrente de jato durante os 16 anos de análise. Ocorreram 3 ciclos com 4 ou 5 anos cada, em relação ao número de casos da CJNEB. Nota-se que o primeiro ciclo ocorreu entre 1994 e 1997, onde houve um máximo de ocorrências em relação ao segundo ciclo que ocorreu no período entre 1998 e 2002 ao qual sofreu um declínio em relação ao número de casos analisados. Durante terceiro ciclo entre 2003 a 2007 ficou evidenciado que as maiores ocorrências na climatologia ficaram restritas a essa época, com média de casos de 102 dias de ocorrência. Os anos de 1995, 2008, 2009 e o período entre 1998 a 2002 ficaram caracterizados como os de menor ocorrência desta corrente, com média de 45 dias de ocorrência. Os anos de 2008 e 2009 mantiveram a mesma evolução do segundo ciclo, indicando uma redução nas ocorrências, com a formação de um novo ciclo.

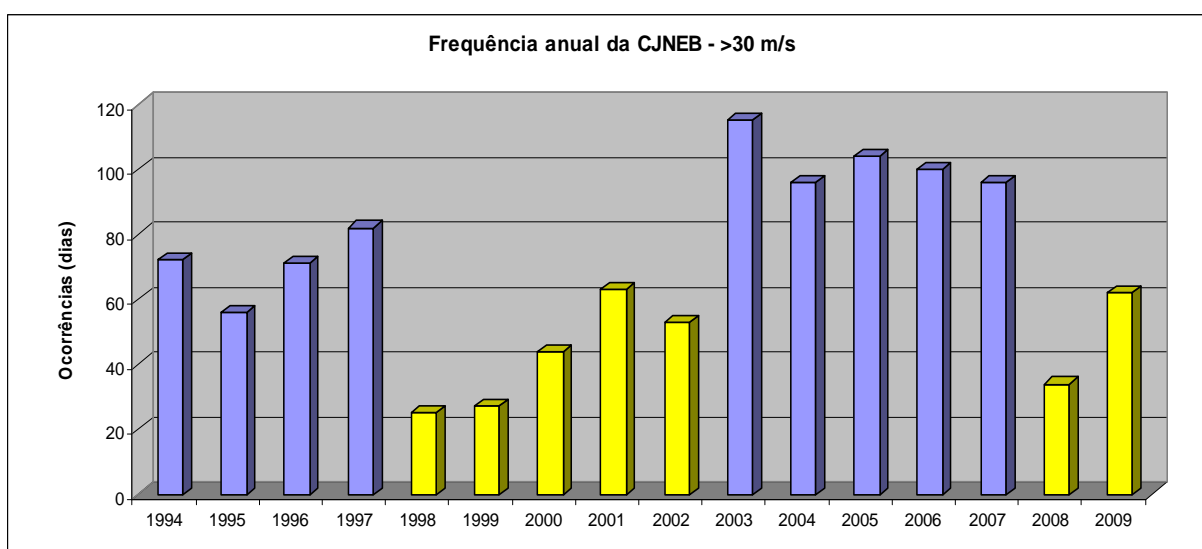


FIGURA 23 – Frequência anual das ocorrências da CJNEB maiores que 30m/s entre 1994 e 2009.

FONTE: NCEP/NCAR

Na figura 24 nota-se a climatologia da evolução mensal do número de ocorrências da corrente de jato. Verificou-se que de maio a setembro (outono e inverno) foram os meses que apresentaram os maiores números de casos durante os 16 anos de estudo, representando em média 141 ocorrências. Na primavera ocorreu um declínio dos casos em relação ao inverno que culmina justamente com o início e fim do verão. Os meses de fevereiro, março e abril foram os menos expressivos durante a análise, respondendo com um número inferior a 38 eventos de corrente de jato.

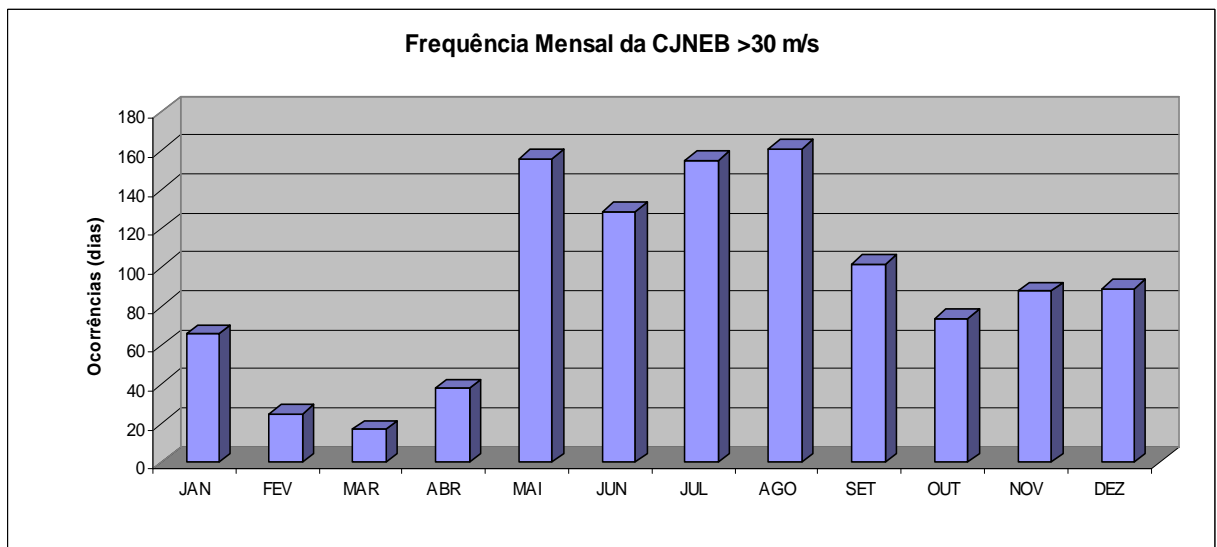


FIGURA 24 – Frequência mensal das ocorrências da CJNEB maiores do que 30 m/s entre 1994 e 2009.

FONTE: NCEP/NCAR

#### 4.2 Variações anuais e mensais das ocorrências da CJNEB com velocidades entre 20 e 30 m/s no período entre 1994 e 2009

Na variação anual das ocorrências da CJNEB (figura 25) com velocidade dos ventos entre 20 e 30 m/s destacaram-se o ano de 2008, 2009 e os anos entre 1998 e 2002, onde foram observadas as maiores ocorrências desses ventos, com média de 321 ocorrências. A evolução anual mostrou que a cada 4 ou 5 anos ocorreu uma variação na quantidade de casos observados.

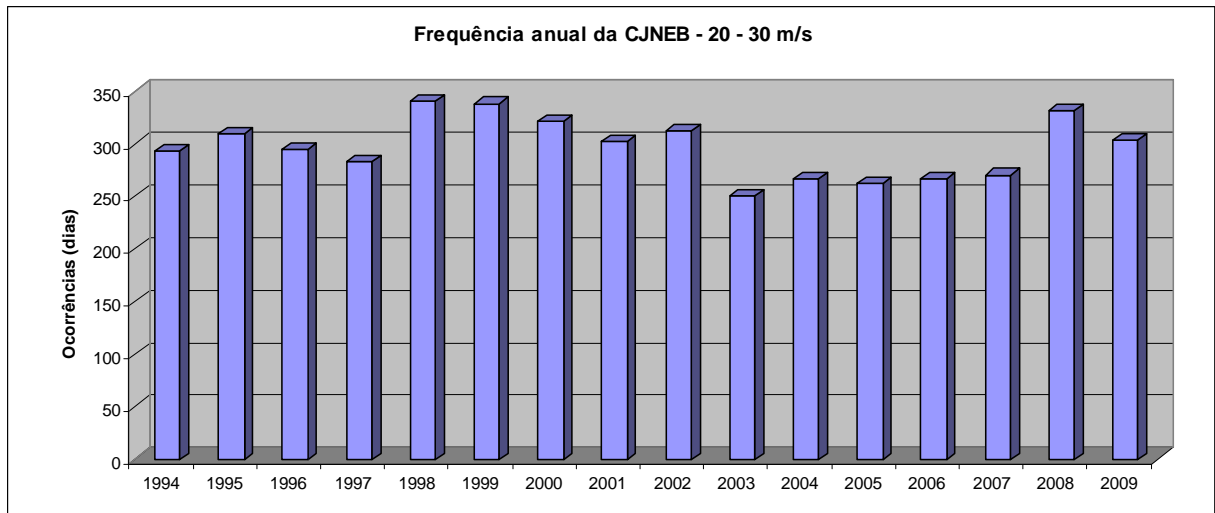


FIGURA 25 – Frequência anual das ocorrências da CJNEB com velocidade do vento entre 20 e 30 m/s entre 1994 e 2009.

FONTES: NCEP/NCAR

Analisando a figura 26 observa-se que nos meses de dezembro a abril (verão e outono) os ventos com velocidade entre 20 e 30 m/s obtiveram um maior número de casos, representando os meses com as maiores ocorrências de ventos abaixo do limite para identificação da corrente de jato no período de estudo. Ficou evidenciado que nos meses de maio a setembro (fim do outono e inverno) houve uma redução em relação ao número de casos com ventos entre 20 e de 30 m/s. Nos meses de setembro a dezembro (primavera e verão) a quantidade de casos com ventos abaixo de 30 m/s entrou em uma série crescente que culminou com o fim do outono.

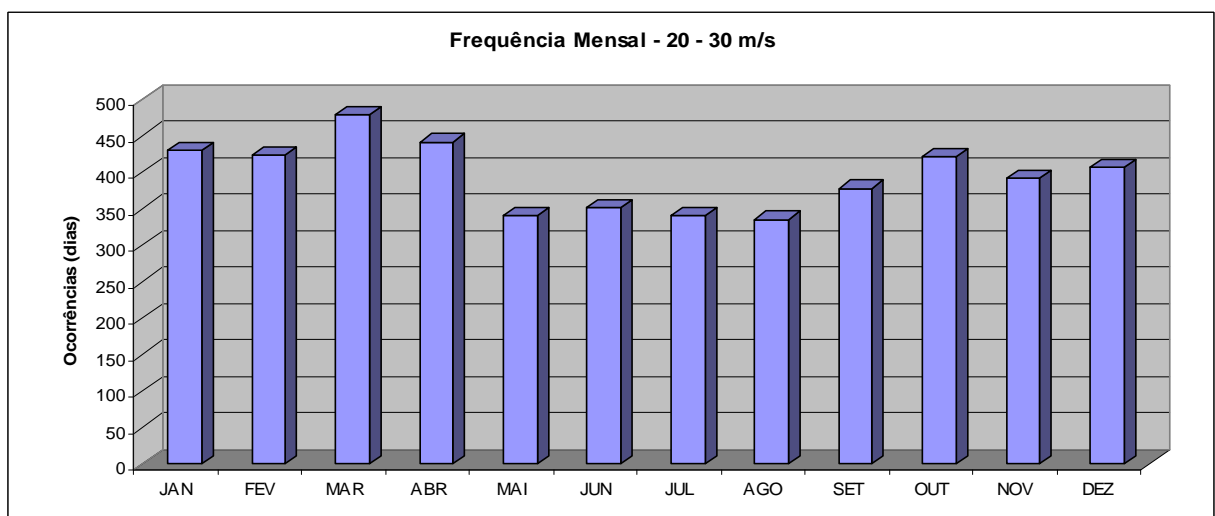


FIGURA 26 – Frequência mensal das ocorrências da CJNEB com velocidade do vento entre 20 e 30 m/s entre 1994 e 2009.

FONTES: NCEP/NCAR

### 4.3 Análise da velocidade da CJNEB

Analisando a tabela 2 (em anexo) observa-se a frequência mensal entre faixas de ventos (entre 20 e 30m/s e maior que 30m/s) e o total de ocorrências. Na tabela 3 observa-se a relação no mesmo período para a velocidade do vento máximo, frequência e percentagem de ocorrência da CJNEB, onde os maiores valores de velocidades médias e máximas foram encontrados durante os meses de maio a setembro (outono e inverno). Nessas duas estações do ano a frequência da quantidade de dias com velocidade do vento acima de 30 m/s foram maiores do que em todo período estudado, com média de 141 casos por mês. O total da percentagem de dias com as maiores ocorrências de casos também se concentrou nesse período, o mês de agosto contou com uma frequência de 32% dos casos durante a climatologia mensal analisada. No mês de julho de 1997 registrou-se a maior velocidade do vento no núcleo da CJNEB, onde foi notada a velocidade de 64m/s (230 km/h).

Nessas estações os valores máximos de velocidade do vento são superiores em relação aos outros meses do ano, pois estavam relacionadas ao maior contraste de temperatura entre o pólo sul e o equador, maior incidência de cavados em altos níveis e penetrações de frentes frias nesta época do ano. A velocidade do vento máximo encontrada durante o outono e inverno, ficou entre 52 e 64 m/s. Notamos que durante os 16 anos (5.840 dias) estudados a ocorrência da CJNEB obteve uma frequência de 19% (1.100 dias), os ventos na faixa de 20 a 30 m/s representaram 81% (4.740 dias) das ocorrências. A variação climatológica da CJNEB no início do ano consistiu em poucos casos com ventos superiores a 30 m/s, foi observado em alguns anos à ausência da mesma nos três primeiros meses, chegando a existir meses sem nenhuma ocorrência (tabela 2).

TABELA 3 – Análise da velocidade (m/s) do vento (média e máximo) no centro da corrente de ar, na área de estudo, frequência da quantidade de dias com velocidade do vento menor que 30 m/s e maior que 30 m/s entre os anos de 1994 e 2009.

16 anos	Velocidade do Vento (m/s)		Frequência da quantidade de dias com velocidade do vento		Frequência média da quantidade de dias com velocidade do vento		Percentagem da frequência de dias com velocidades do vento		Percentagem média da frequência de dias com velocidades do vento	
	Mês	Média	Máximo	< 30 m/s	> 30 m/s	< 30 m/s	> 30 m/s	< 30 m/s	> 30 m/s	< 30 m/s
JAN	32	40	430	66	27	4	87%	13%	9%	6%
FEV	32	38	423	25	26	2	94%	6%	9%	2%
MAR	31	38	479	17	30	1	97%	3%	10%	2%
ABR	35	48	442	38	28	2	92%	8%	9%	3%
MAI	42	52	340	156	21	10	69%	31%	7%	14%
JUN	42	56	351	129	22	8	73%	27%	7%	12%
JUL	43	64	341	155	21	10	69%	31%	7%	14%
AGO	41	54	335	161	21	10	68%	32%	7%	15%
SET	40	52	378	102	24	6	79%	21%	8%	9%
OUT	36	56	422	74	26	5	85%	15%	9%	7%
NOV	35	52	392	88	24,5	5,5	82%	18%	8%	8%
DEZ	35	50	407	89	25	6	82%	18%	9%	8%
Média	37	50	Total → 5.840 dias				4.740 dias	1.100 dias		



Analisando a Figura 27 e relacionando com as estações do ano, verificou-se que no outono e inverno nota-se uma ocorrência mensal maior do que 25% em média nos ventos acima de 30 m/s (em vinho), essas são as estações mais representativas em relação às ocorrências da CJNEB durante todo o período. A partir fim do inverno e durante a estação da primavera, começa a haver um declínio na frequência dessas correntes de ar que correspondem a uma média mensal de 18% dos casos até o mês de dezembro. Desde o início do verão até seu término a quantidade de ocorrências tem uma queda bem acentuada de em média 7%, entre os meses de janeiro a março, esses são os menos expressivos em relação ao número de casos observados na climatologia. Para os ventos na faixa entre 20 e 30 m/s as estações do ano mais favoráveis são a do verão com uma média de 93% dos casos e primavera com uma média de 83% dos casos. No inverno, estação menos favorável para esses ventos com média de 72% dos casos, a uma queda no número de casos em relação ao verão de 21% e 11% para a primavera.

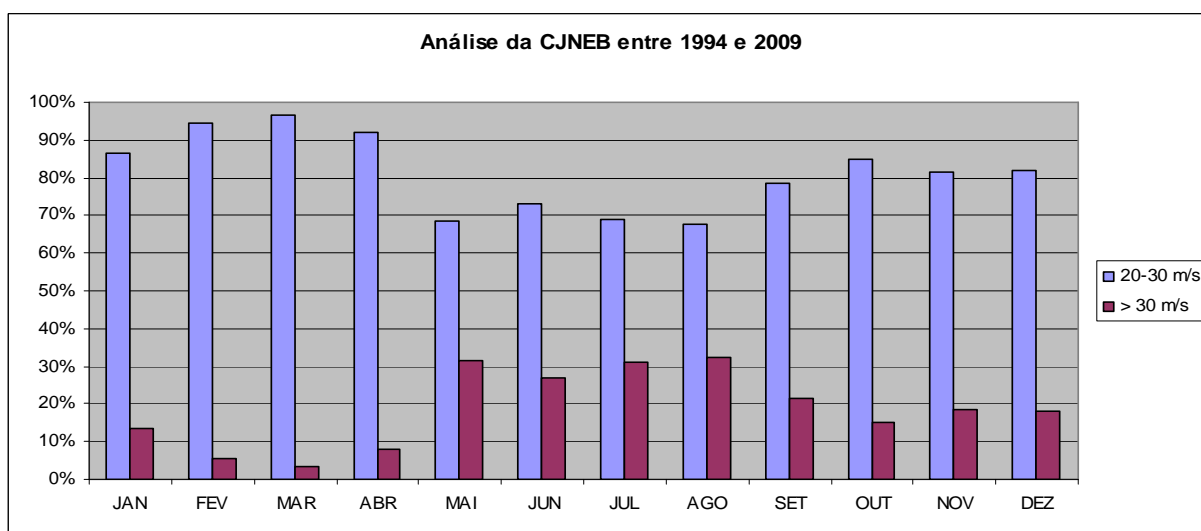


FIGURA 27 – Análise da evolução mensal das ocorrências da CJNEB entre 1994 e 2009.  
 FONTE: NCEP/NCAR

#### 4.4 Variações anuais e mensais da distribuição espacial da CJNEB

Durante o período, na figura 28, observa-se que as direções encontradas na área de estudo foram consecutivamente de NW-SE, SW-NE, SE-NW, W-E, S-N e N-S. Em praticamente todos os anos a distribuição de NW-SE e SW-NE dominaram a climatologia,

com ocorrência média anual de 49% e 25% respectivamente. Observou-se que nos anos de 1994 a 1997 e 2000 a 2007 houve um número significativo de ocorrências com orientação de W-E, tendo seu pico máximo em 1994 e com ocorrência média de 8%. No ano de 1999 ocorreu o pico máximo de casos de S-N, com ocorrência média anual de 7%. Casos de SE-NW representaram ocorrência média de 11%. Os anos de 2003 e 2004 foram os únicos que apresentaram ocorrências de N-S. Nenhum caso de NE-SW e E-W foram notados durante a pesquisa.

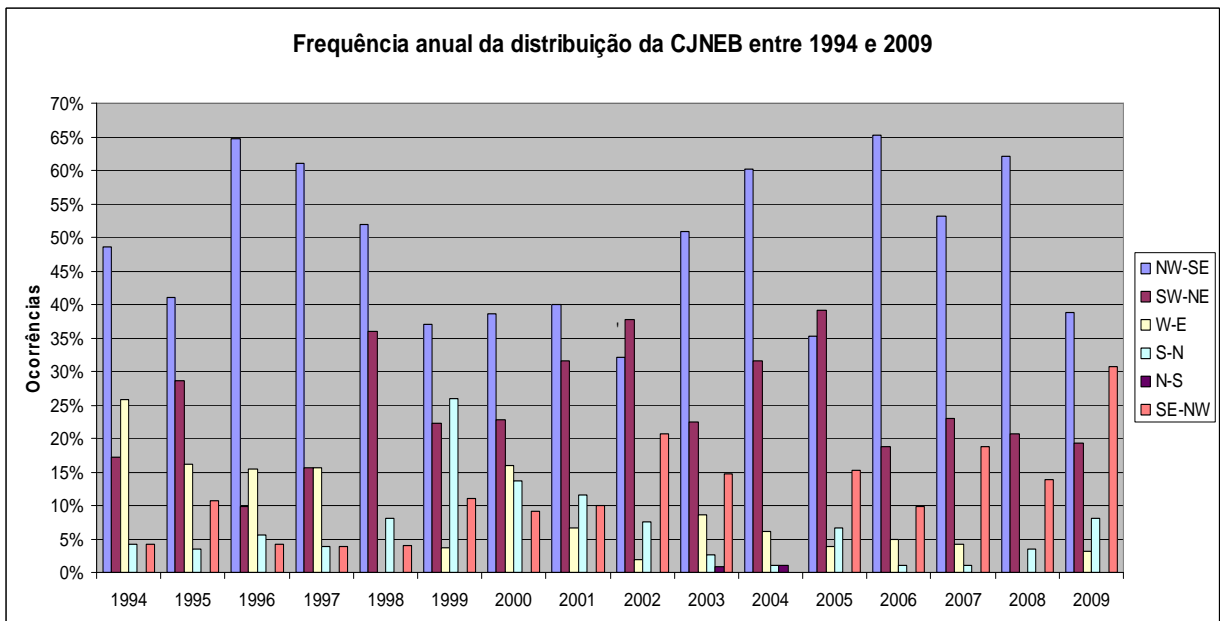


FIGURA 28 – Frequência anual da distribuição da CJNEB entre 1994 e 2009.  
 FONTE: NCEP/NCAR

A Figura 29 mostra o complemento da figura anterior exibindo a variação do número de casos da CJNEB em relação a sua distribuição espacial ao longo dos 16 anos. Podemos notar que a maioria de casos com distribuição NW-SE (azul) somou um total de 549 ocorrências entre os anos de 1994 a 2009. Os casos com inclinação de SW-NE (vinho) representaram cerca de 276 eventos durante o período estudado. Os casos de SE-NW (laranja) foi o terceiro em quantidade de ocorrências computando um total de 128 registros desta corrente. As ocorrências de W-E registraram 96 casos e as de S-N com 51 eventos da CJNEB. Foram 3 casos encontrados para a orientação de N-S .

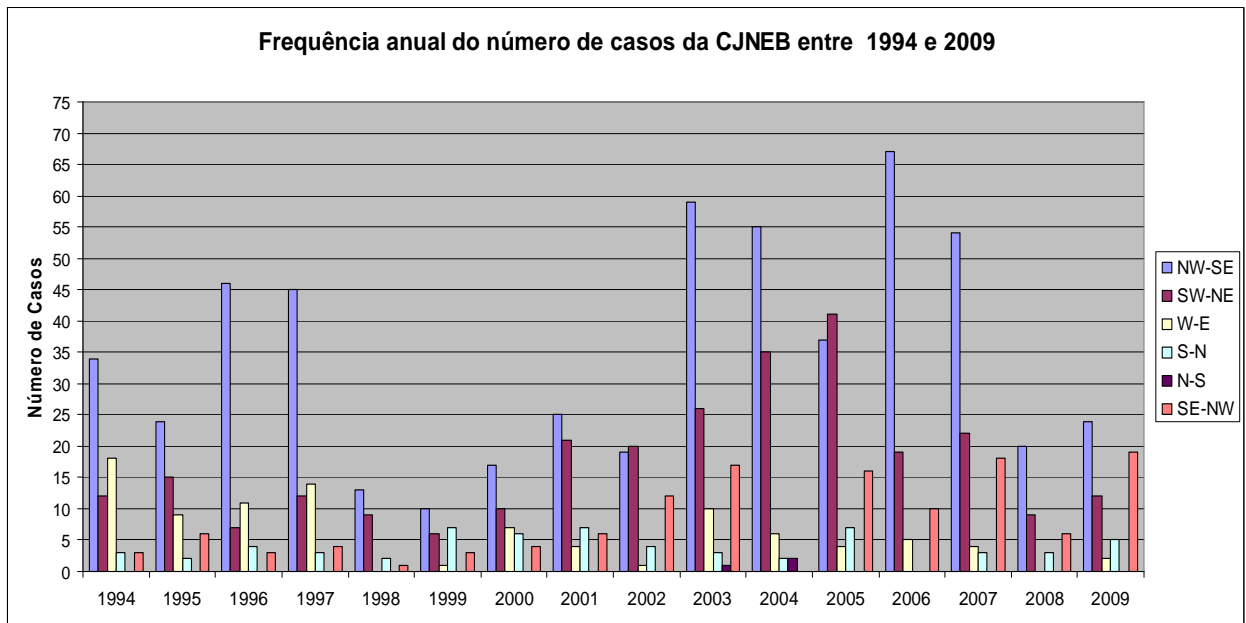


FIGURA 29 – Frequência anual do número de casos da CJNEB entre 1994 e 2009.  
 FONTE: NCEP/NCAR

No verão os casos da CJNEB ficaram distribuídos de SE-NW, S-N e SW-NE (Figura 30), foram encontrados ocorrências de N-S apenas nos meses de fevereiro e outubro. A partir do mês de março até junho, na estação do outono, houve um aumento do número de casos na distribuição espacial de NW-SE e SW-NE. No inverno, de junho a setembro, encontram-se as maiores ocorrências nas direções NW-SE, SW-NE e W-E. Durante a primavera, de setembro a dezembro, foram notadas redução nas ocorrências de casos com distribuição de NW-SE e aumento de casos de S-N, SE-NW.

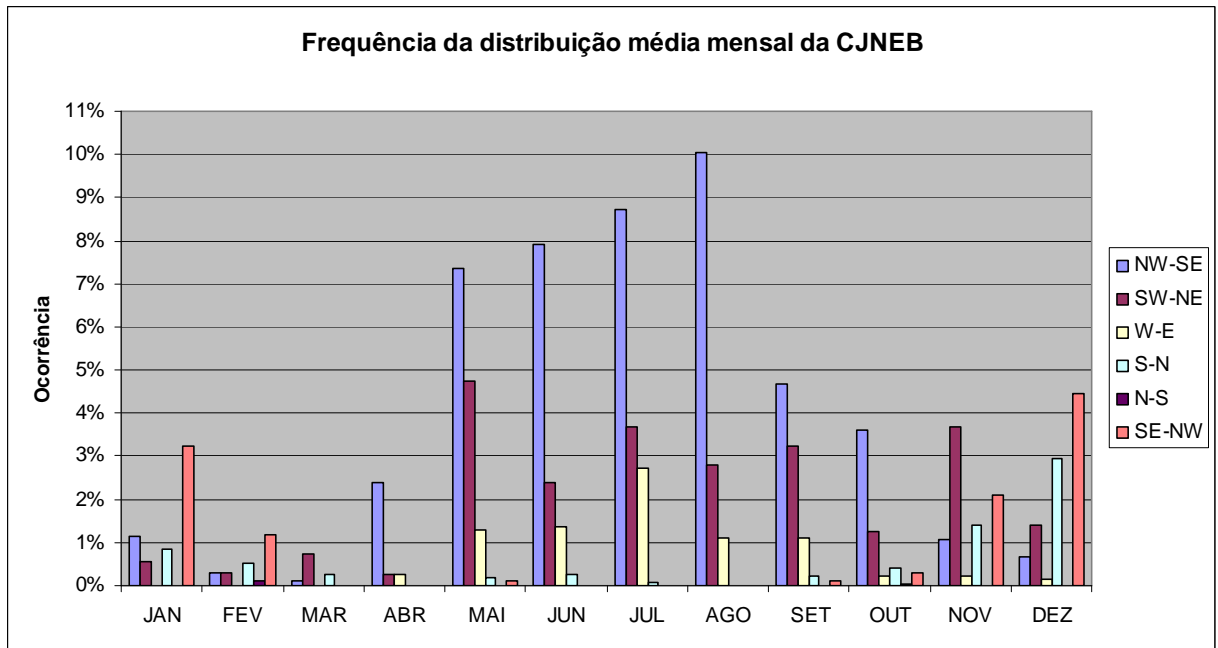


FIGURA 30 – Frequência mensal da distribuição da CJNEB entre 1994 e 2009.  
 FONTE: NCEP/NCAR

Durante os meses do outono e inverno (Figura 31) a CJNEB com distribuição espacial de NW-SE registrou as maiores ocorrências somando um total de 460 eventos, seguida de SW-NE (186 casos) e W-E (91 casos). Os meses de verão contaram com um total de 128 registros da CJNEB, ao qual foi somando as distribuições espaciais de SE-NW com 63 casos, seguida de SW-NE com 25 casos, S-N com 16 casos, NW-SE com 21 casos e 1 caso para W-E e 2 casos de N-S. Na primavera foram 245 casos distribuídos como, SW-NE com 67 casos, NW-SE com 70 casos, SE-NW com 64 casos, S-N com 38 casos, W-E com 5 casos e N-S com 1 caso.

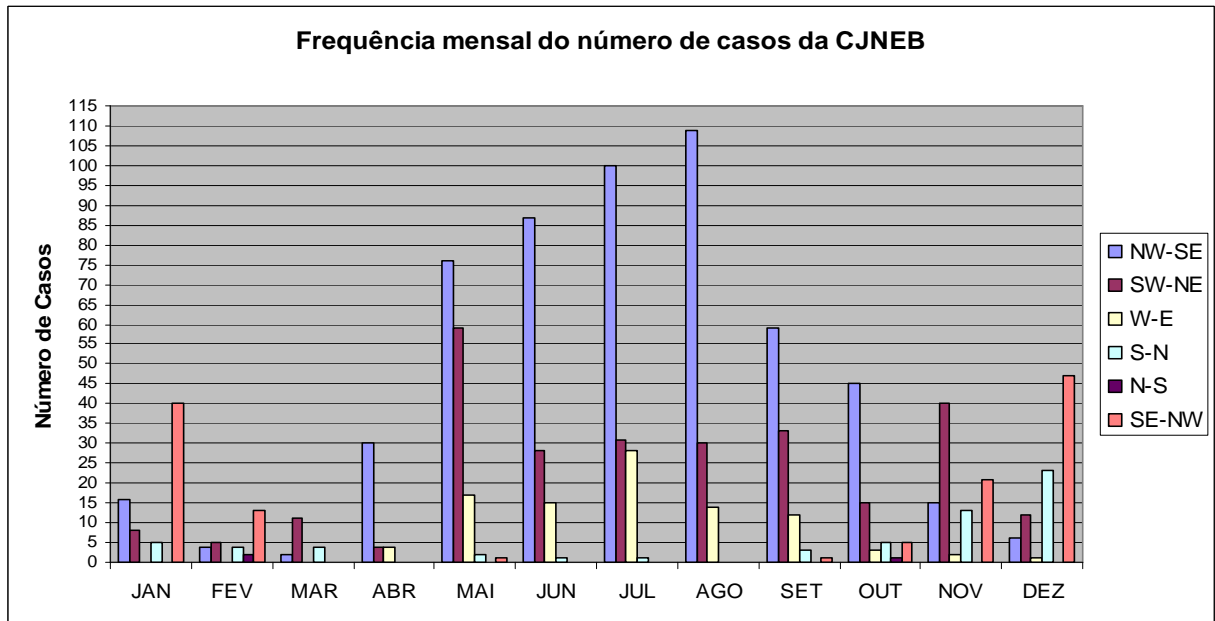


FIGURA 31 – Frequência mensal do número de casos da CJNEB entre 1994 e 2009.  
 FONTE: NCEP/NCAR

#### 4.5 Variações anuais e mensais dos sistemas associados à CJNEB

Na figura 32 podemos analisar que os sistemas que mais interagiram com a CJNEB foram o CAV E ASS (cavado e anticiclone do atlântico sul), CAV E CHN (ciclone do hemisfério norte) e o CAV e alta da Bolívia (AB), com média de ocorrência anual de 40%, 22% e 18% respectivamente. O VCAN E AB teve ocorrência média anual de 13%. Nos anos de 1994, 2002 e 2005 os casos associados ao CAV e CHN foram os maiores em números de ocorrências, com média anual de 38% de casos observados para esses anos. Casos associados com o VCAN e AAS ocorreram apenas nos anos de 1994 e entre 2001 a 2007 representando 1% dos casos. Casos associados apenas ao CAV e ao VCAN representaram 5% e 2% .

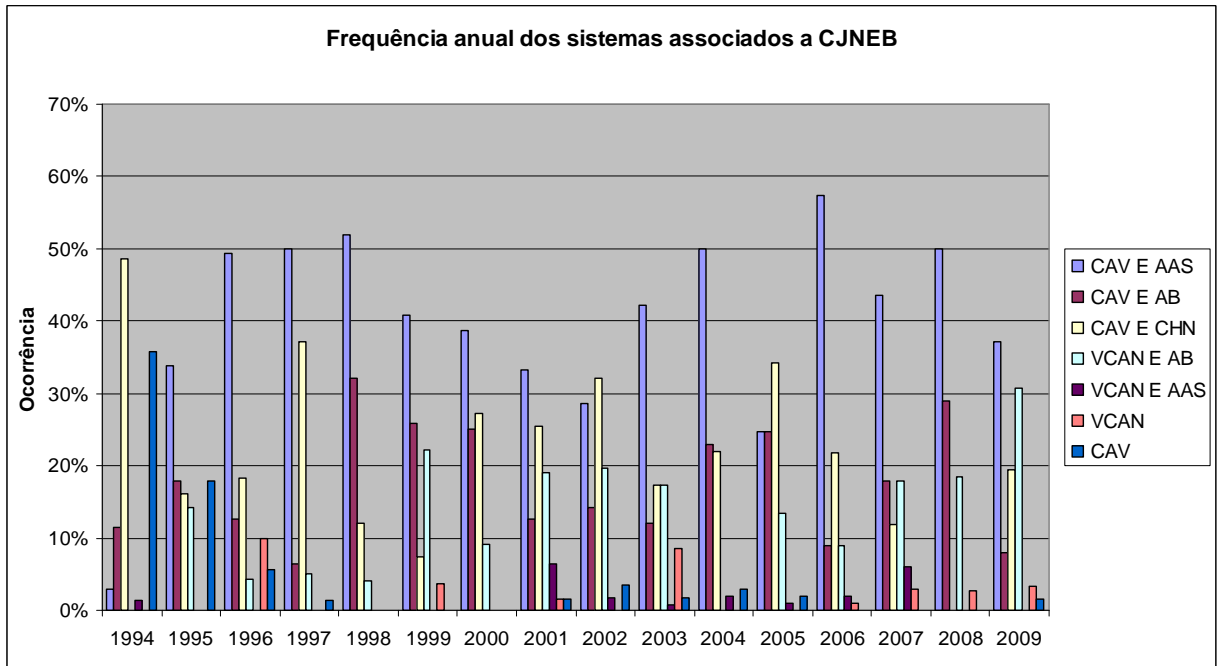


FIGURA 32 – Frequência anual de sistemas associados à CJNEB entre 1994 e 2009.  
 FONTE: NCEP/NCAR

De acordo com Gan (1982) o período de formação do VCAN é de novembro a março, apresentando maior frequência nos meses de janeiro e fevereiro. Nesse estudo os casos associados ao VCAN (VCAN E AB e VCAN E AAS) foram observados na primavera e verão apresentando picos de máxima ocorrência em dezembro e janeiro (Figura 33). Casos de VCAN E AB e VCAN E AAS foram notados no mês de maio (outono). O CAV E AAS e CAV E CHN representaram cerca 61% das ocorrências, todas se concentraram no outono e inverno. Gomes (2003) mostrou que o CAV e AAS foram um dos principais mecanismos responsáveis pela formação da CJNEB. Ocorrências de CAV E AB têm frequência mais acentuada nos meses de primavera e verão, com pico máximo observado em novembro.

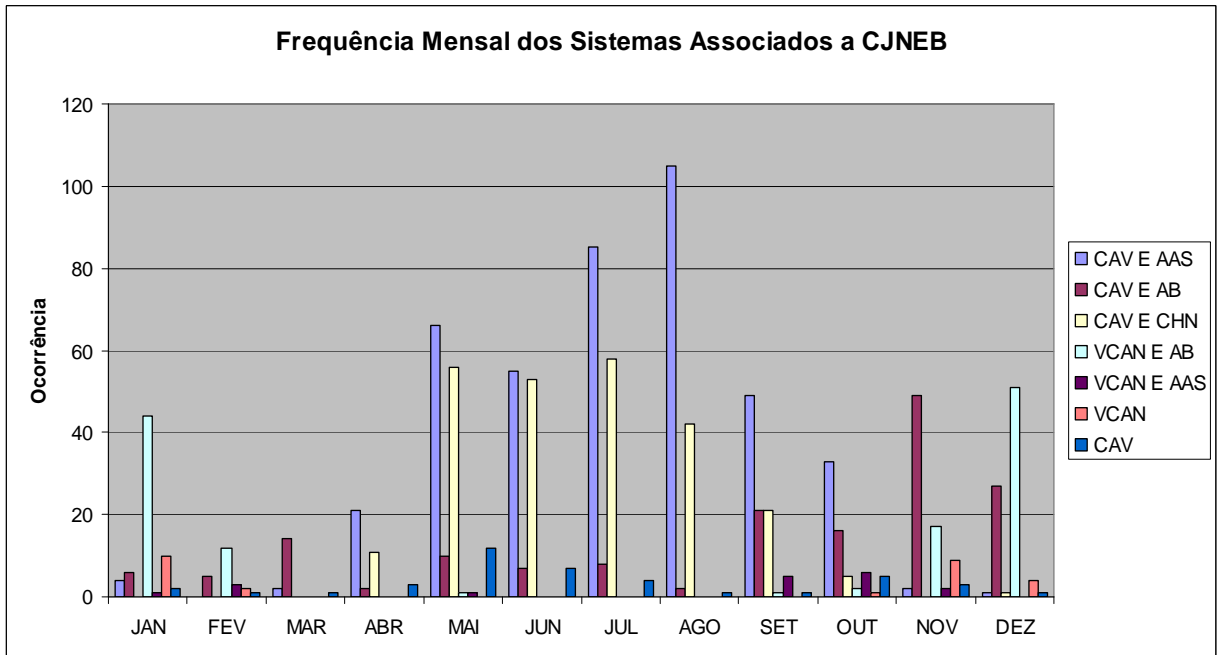


FIGURA 33 – Ocorrência mensal de sistemas associados à CJNEB entre 1994 e 2009.  
 FONTE: NCEP/NCAR

#### 4.6 Tipos de CJNEB – Distribuição espacial e sistemas associados

Diversos sistemas estiveram associados e ajudaram a manter a CJNEB atuando próximo ao Estado de Alagoas, como VCAN's, anticiclones do atlântico sul, cavados, ciclones do hemisfério norte e alta da Bolívia. A distribuição espacial da CJNEB foi relacionada com as estações do ano

Durante o verão sua distribuição espacial fica restrita a casos com orientação desde SE-NW, S-N e SW-NE. Associada à VCAN's, cavados e a alta da Bolívia acompanhando-os paralelamente com mesma inclinação e deslocamento. Nos meses de outono foram observadas as distribuições de NW-SE, SW-NE e poucos casos de W-E e estiveram associadas a cavados, alta do atlântico sul e ciclone do hemisfério norte. No inverno a distribuição foi de NW-SE, SW-NE e W-E associada aos mesmos sistemas do outono. A primavera observou-se as distribuições de S-N e SE-NW associada aos mesmos sistemas da estação de verão.

#### 4.6.1 CJNEB S-N e sistemas sinóticos associados

A distribuição espacial da CJNEB de S-N foi mais freqüente durante o segundo ciclo (1998-2002), com as maiores ocorrências durante a estação primavera e verão, esteve associado em sua maioria aos mesmos sistemas encontrados nas duas estações, VCAN, cavado e a alta da Bolívia. Na figura 34 podemos notar a saída da corrente de jato sobre o Estado de Alagoas a qual esteve associada a dois sistemas, no lado oeste estava embebida na alta da Bolívia e em seu lado leste um cavado em altos níveis com eixo em 15°S/27°W que se prolongou sobre a costa norte do nordeste. Com sua saída de S-N, representada pela seta, sobre o Estado de Alagoas com velocidades na periferia de até 42 m/s e núcleo com 50 m/s.

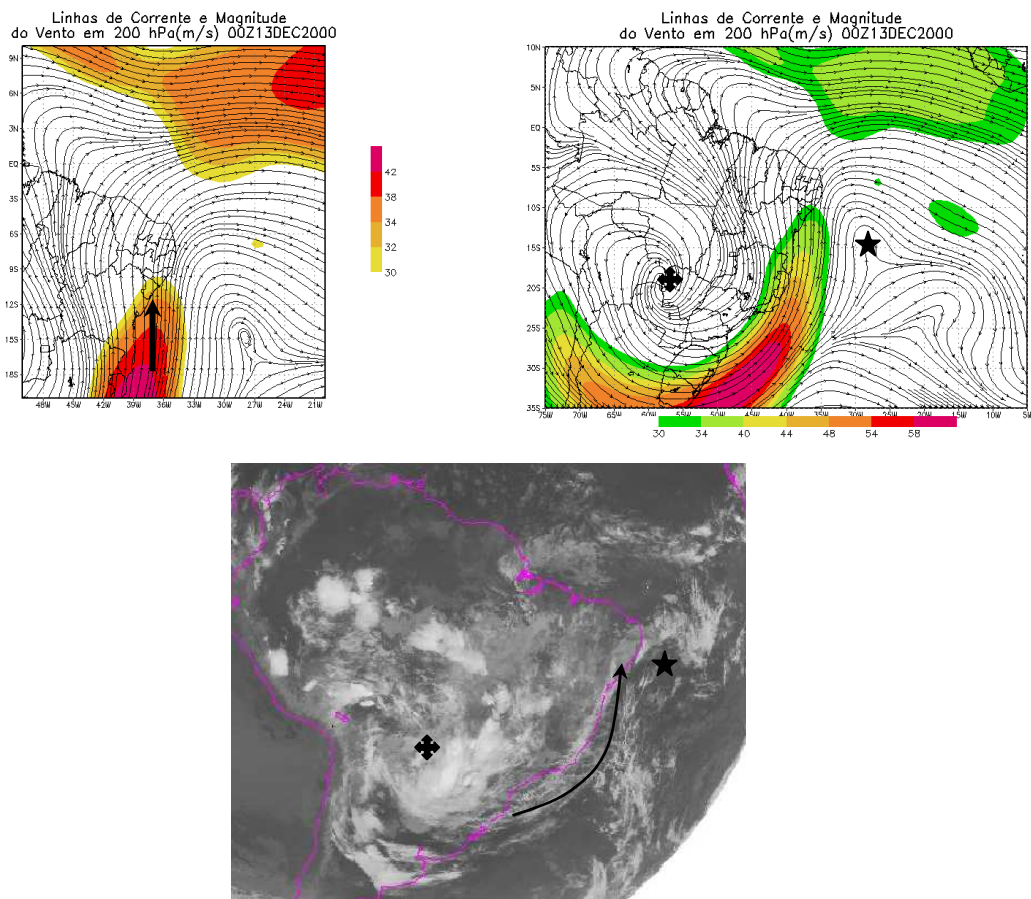


Figura 34 – Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de S-N: AB (◆) e Cavado (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 13/12/2000 às 0530Z.

FONTE: NCEP/NCAR



#### 4.6.2 CJNEB SE-NW e sistemas sinóticos associados

O número de ocorrência com casos deste tipo de corrente de jato foram mais intensos durante o terceiro ciclo (2003-2007) e nas estações de primavera e verão. Na figura 35 foi observado um VCAN com eixo posicionado em  $9^{\circ}\text{S}/31^{\circ}\text{W}$  e a alta da Bolívia em  $18^{\circ}\text{S}/53^{\circ}\text{W}$  associados à CJNEB com inclinação de SE-NW e núcleo atingindo a 40 m/s sobre o Estado de Alagoas. Esta corrente com distribuição típica durante o verão esteve associada ao lado oeste e norte do VCAN.

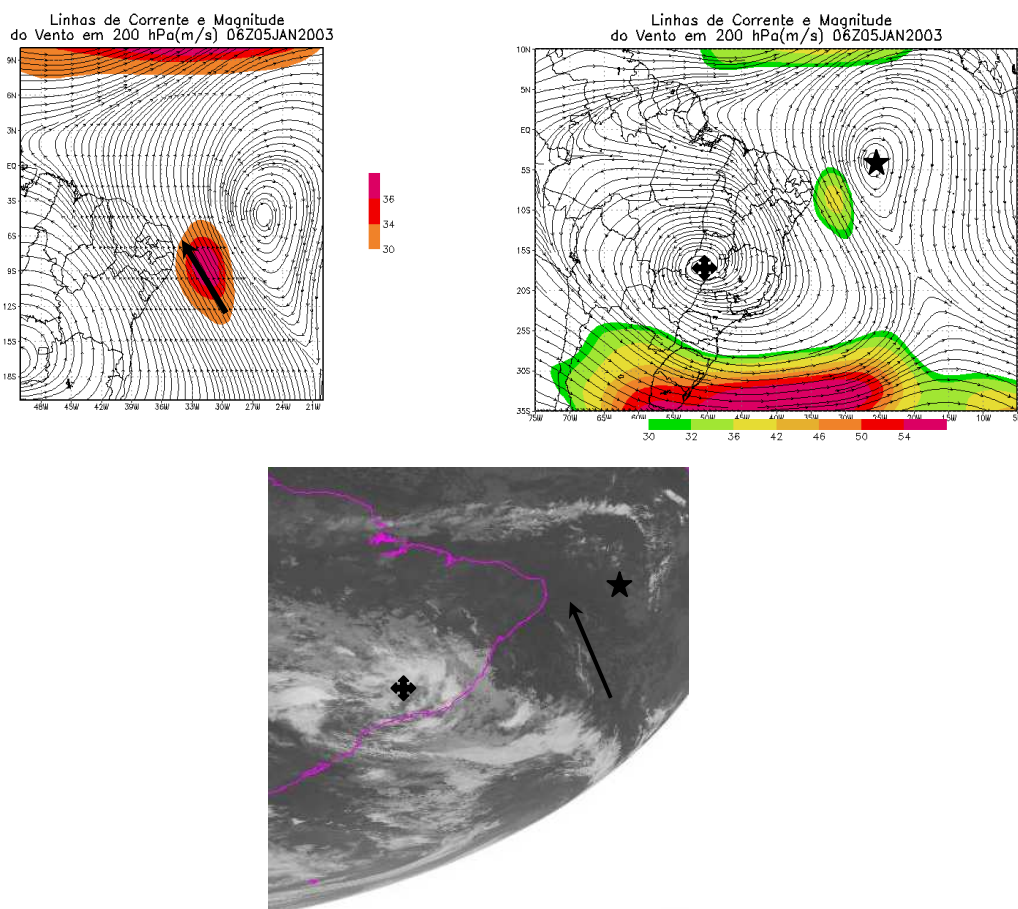


Figura 35 – Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de SE-NW: AB (◆) e VCAN (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 05/01/2003 às 0545Z.

FONTE: NCEP/NCAR

#### 4.6.3 CJNEB SW-NE e sistemas sinóticos associados

Esta distribuição foi mais tipicamente observada nas estações de outono e inverno, embora tenha ocorrido um número significativo de casos na primavera e verão, seu período de maior frequência foi durante o terceiro ciclo e, além disso, foi notado um expressivo número de casos durante todos os anos da análise. A alta da Bolívia esteve posicionada em  $9^{\circ}\text{S}/57^{\circ}\text{W}$  e dispôs a CJNEB de SW-NE (Figura 36) com núcleo de 42 m/s e com sua saída de lado oeste sobre o Estado de Alagoas interagindo com um cavado em  $21^{\circ}\text{S}/33^{\circ}\text{W}$ .

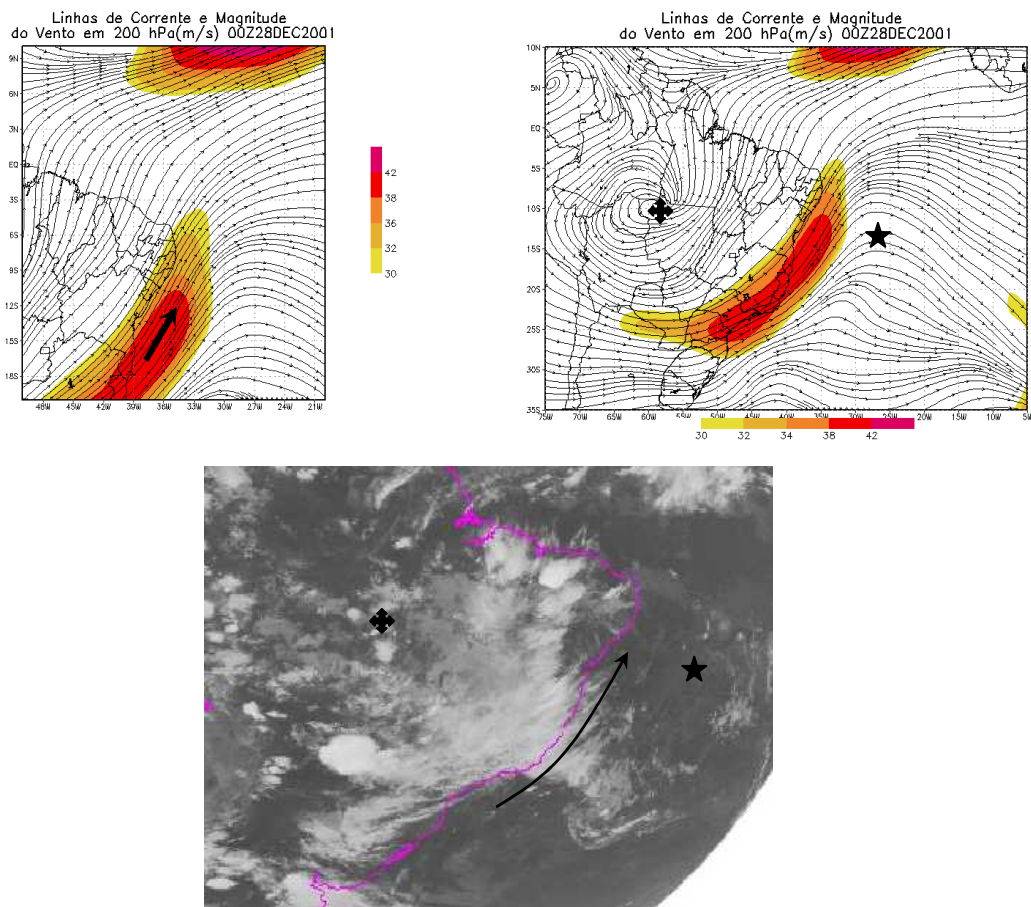


Figura 36 – Sistemas sinóticos associados com a CJNEB ( $\rightarrow$ ) de SW-NE: AB ( $\blacklozenge$ ) e Cavado ( $\star$ ), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 28/12/2001 às 0245Z.

FONTE: NCEP/NCAR

#### 4.6.4 CJNEB N-S e sistemas sinóticos associados

Na figura 37 nota-se que o caso ocorrido em fevereiro de 2004 com orientação N-S e vento máximo em seu núcleo de 34 m/s manteve-se associado ao VCAN em 10°S/39°W e a alta sobre o atlântico sul na periferia do dois sistemas. A distribuição de N-S ocorreu durante a estação do verão nos anos de 2003 e 2004 (terceiro ciclo).

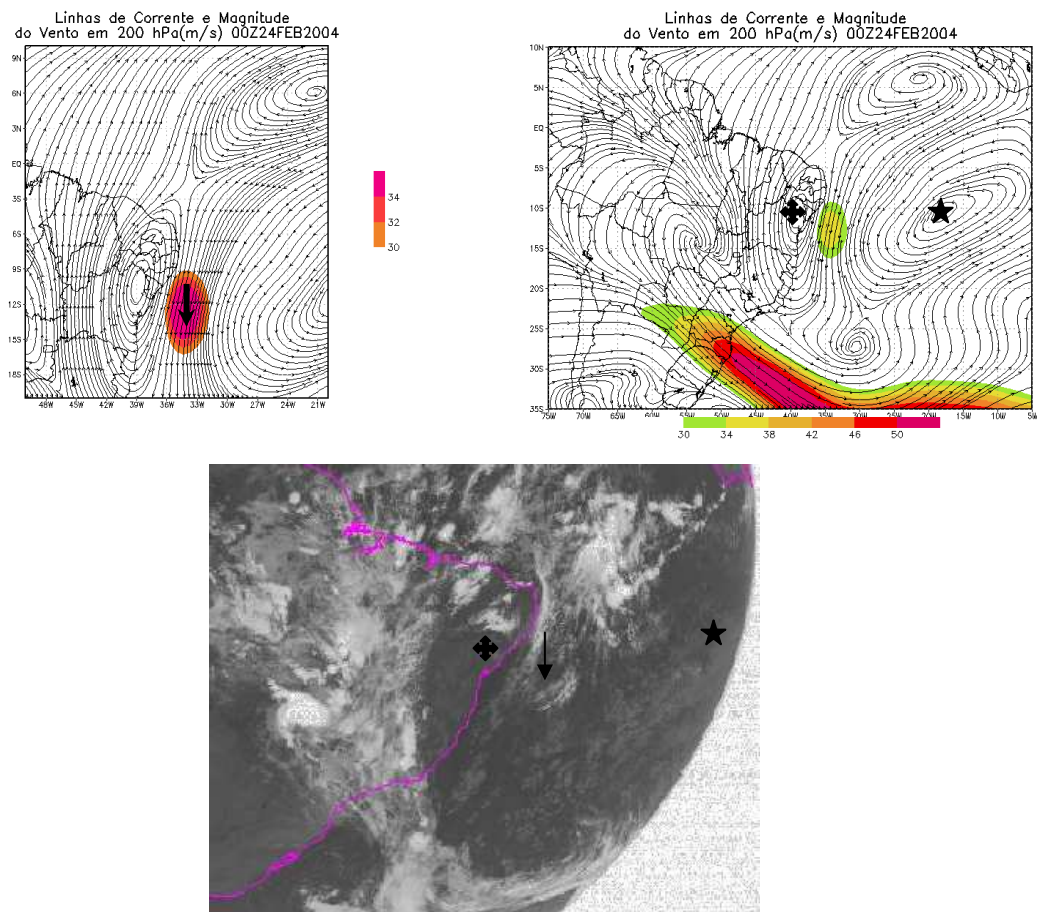


Figura 37 – Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de N-S: VCAN (◆) e Alta sobre o Atlântico Sul (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 24/02/2004 às 0245Z.

FONTE: NCEP/NCAR

#### 4.6.5 CJNEB NW-SE e sistemas sinóticos associados

Nos meses de outono e inverno a distribuição espacial típica para essas estações foi de NW-SE, sendo a direção onde se mais contabilizaram ocorrências entre as demais, e seguindo a tendência de maior frequência do primeiro e terceiro ciclos. Associada aos cavados em altos níveis, ciclones do hemisfério norte e ao anticiclone do atlântico sul próximo à costa do NEB. Na figura 38 nota-se que a CJNEB tem distribuição espacial de NW-SE e entrada equatorial sobre o Estado de Alagoas com velocidades de até 48 m/s e em seu núcleo de 56 m/s. Associada a um cavado que se prolongou até o Estado do Amapá e do anticiclone do atlântico sul. Durante esses meses estes foram os principais sistemas associados à CJNEB.

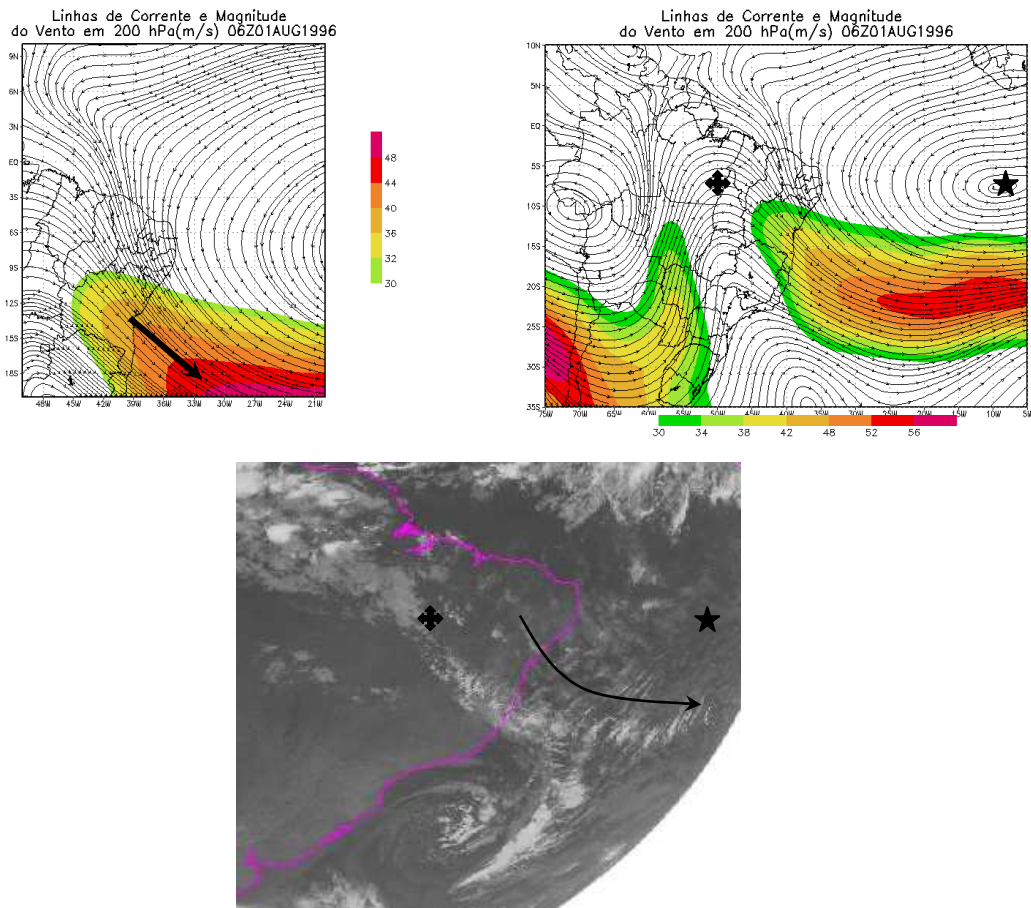


Figura 38 – Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de NW-SE: Cavado (◆) e Alta sobre o Atlântico Sul (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 01/08/1996 às 0545Z.

FONTE: NCEP/NCAR

#### 4.6.6 CJNEB SW-NE e sistemas sinóticos associados

Podemos notar abaixo, figura 39, que a CJNEB esteve associada ao ciclone no hemisfério norte em  $2^{\circ}\text{N}/52^{\circ}\text{W}$ , com velocidade em seu núcleo de 44 m/s e orientada de SW-NE. Contou também com a presença de um cavado entre  $15^{\circ}\text{S}$  a  $24^{\circ}\text{S}$  e  $30^{\circ}\text{W}$  e sua saída do lado equatorial desta corrente esteve sobre Alagoas.

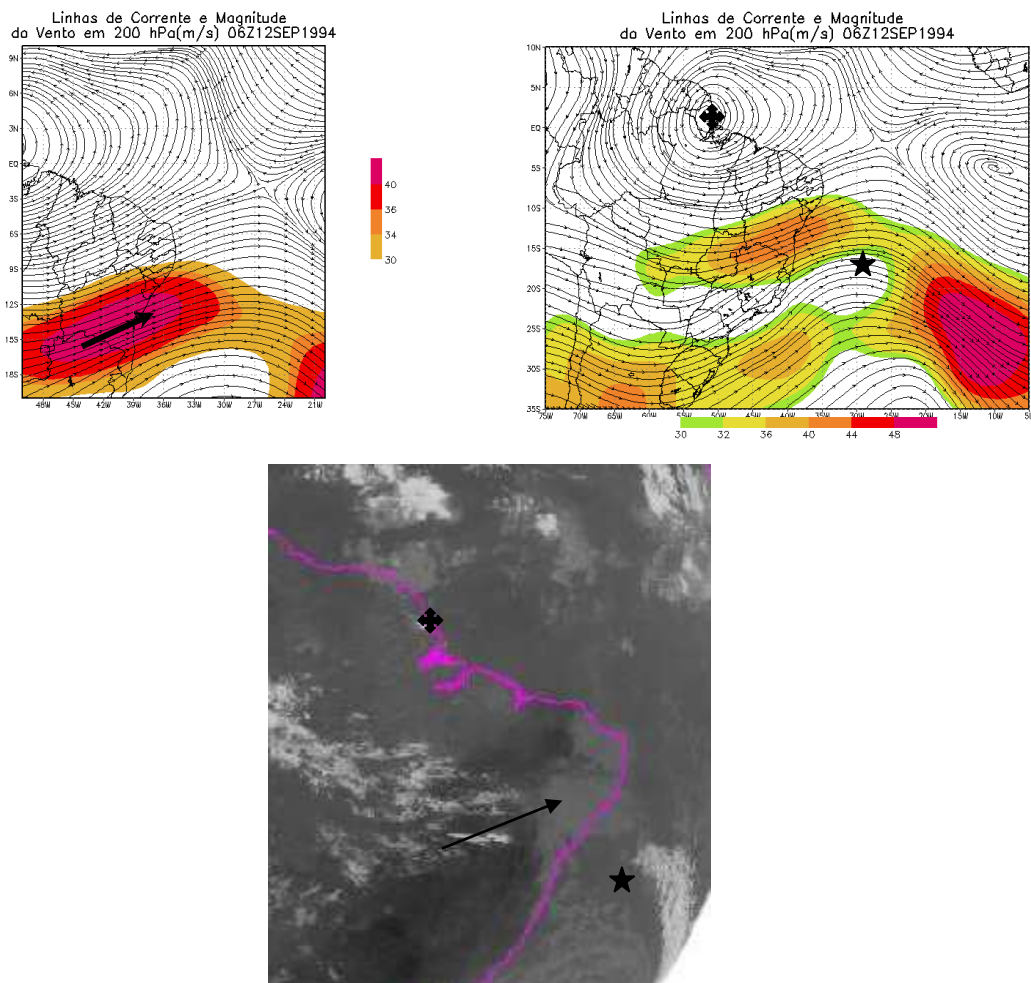


Figura 39 – Sistemas sinóticos associados com a CJNEB ( $\rightarrow$ ) de SW-NE: Ciclone do Hemisfério Norte ( $\blacklozenge$ ) e Cavado ( $\star$ ), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 12/09/1994 às 1500Z.

FONTE: NCEP/NCAR

#### 4.6.7 CJNEB W-E e sistemas sinóticos associados

Na figura 40 a corrente de jato esteve com sua distribuição espacial de W-E com núcleo atingindo 58 m/s, associada a um ciclone no hemisfério norte e um cavado ao sul de 20°S que se prolongando até o Peru. Distribuição típica durante as estações de outono e inverno e com grande frequência de casos da CJNEB com esta distribuição zonal no primeiro ciclo.

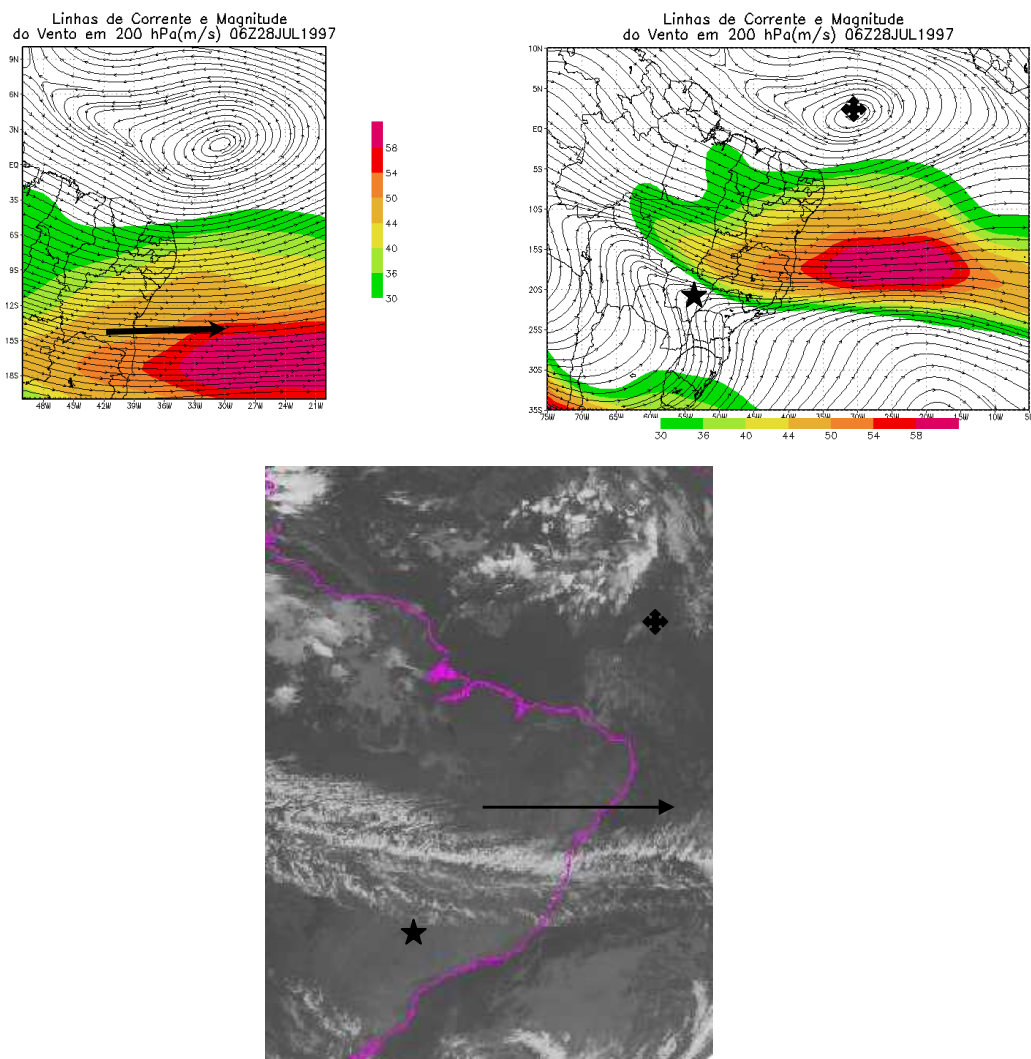


Figura 40 – Sistemas sinóticos associados com a CJNEB (→) de W-E: Ciclone do Hemisfério Norte (◆) e Cavado (★), mostrados no campo de linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 200hPa (a, b) e imagens de satélite IR (c) para o dia 28/07/1997 às 0545Z.

FONTE: NCEP/NCAR

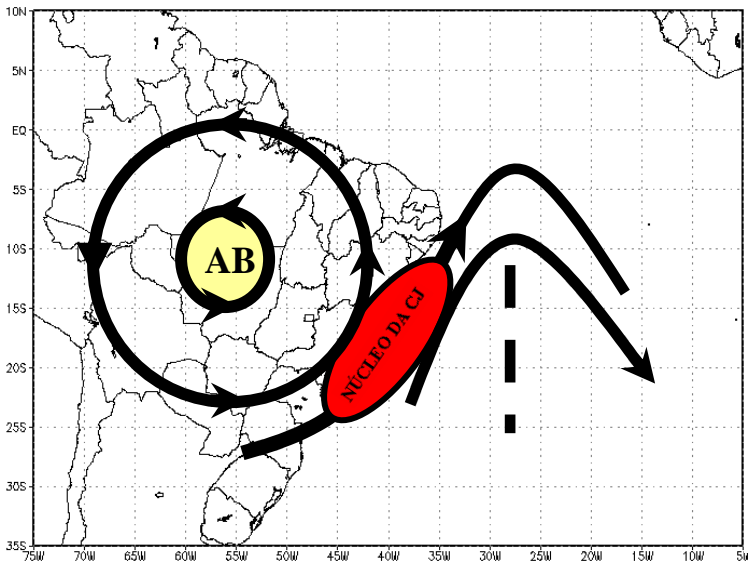
#### 4.7 Modelos conceituais dos três tipos de CJNEB e sistemas associados:

Foram elaborados modelos conceituais dos três tipos de CJNEB associados com seguintes sistemas sinóticos: (I) AB junto com VCAN do tipo clássico perto do NEB no Atlântico e ou cavado; (II) anticiclone do atlântico sul junto com VCAN no NEB tipo clássico e ou cavado; (III) cavado perto do NEB junto com ciclone do hemisfério norte. A partir do detalhamento das orientações espaciais foram elaborados modelos conceituais desses três tipos de CJNEB associados com sistemas sinóticos. Estes tipos de CJNEB tinham seguintes direções: tipo I de sul, sudeste e sudoeste; tipo II de norte e noroeste; e tipo III de leste e sudoeste. A existência da mesma orientação espacial nos casos da CJNEB do tipo I e III, de SW-NE, esteve associada a diferentes sistemas sinóticos e estações do ano. Enquanto a CJNEB de SW-NE do tipo I está associada à alta da Bolívia e o cavado durante as estações quentes do hemisfério sul. A CJNEB do tipo III está associada ao ciclone do hemisfério norte, na estação quente do HN, e ao cavado no hemisfério sul.

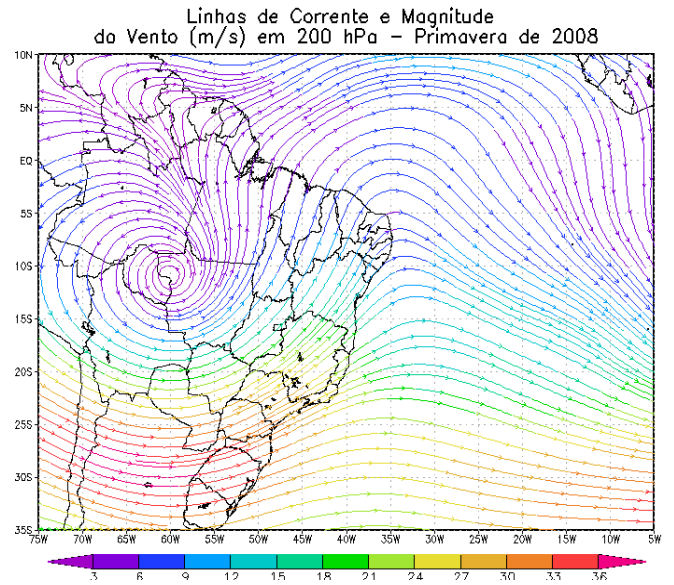
A **CJNEB do tipo I** está associada aos mecanismos de formação do VCAN, como descrito por Gan e Kousky (1986). Segundo autores o desenvolvimento do cavado e formação do VCAN está ligado com e a Alta da Bolívia. A figura 41a mostra o estágio inicial de desenvolvimento do processo com um cavado frio em latitudes 30-5°S e eixo S-N e orientação espacial da CJNEB de SW-NE. Essa orientação foi notada em todas as estações do ano. Na figura 41c este cavado frio penetrou no continente com uma inclinação de seu eixo na direção de SE-NW, esta inclinação fez com que a CJNEB apresenta-se uma orientação de S-N. Os casos desta distribuição foram notados apenas nas estações de verão e primavera. A CJNEB de SE-NW esteve associada circulação ciclônica fechada (VCAN) desprendida do cavado (figura 41e), com um maior número de casos observados durante as estações de verão e primavera. Os sistemas sinóticos associados (cavado, VCAN e AB) foram típicos das estações de primavera e verão.

As figuras 41b, 41d e 41f representam os mapas médios, elaborados através do filtro aplicado na região ampliada (Figura 21b). Podemos observar que ao compararmos os modelos conceituais e os mapas médios para as estações do ano, descritos no item 3.2.1 (Figuras 41), os sistemas (CAV, AB e o VCAN) e a direção da CJNEB com as orientações espaciais de SW-NE, S-N e SE-NW, existe uma diferença na localização dos sistemas. Isto se deve aos modelos conceituais terem a finalidade de mostrar a CJNEB e os sistemas associados de uma forma geral. Os mapas médios foram produzidos apenas com os dias de ocorrência de ventos superiores a 30 m/s em algum ponto da região ampliada durante cada ano, daí nota-se a

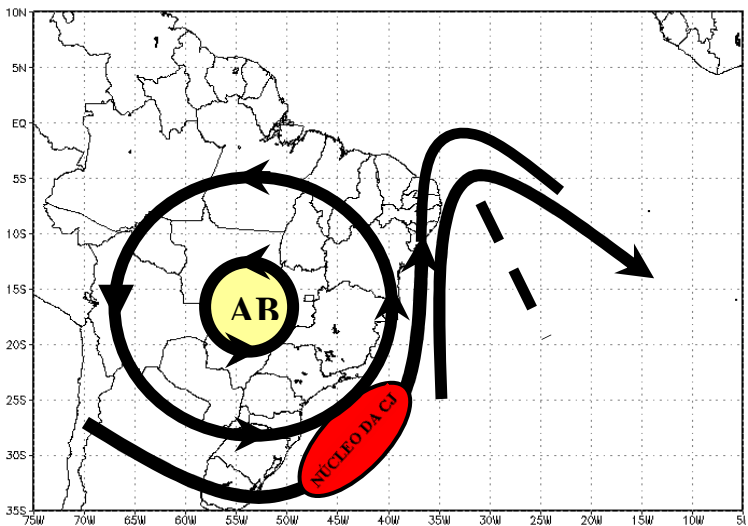
diferença de posicionamento dos sistemas associados devido as suas sazonalidades. Os modelos conceituais gerados para este estudo satisfizeram a resposta gerada pelos mapas médios de reanálise em relação às posições médias dos sistemas associados à CJNEB.



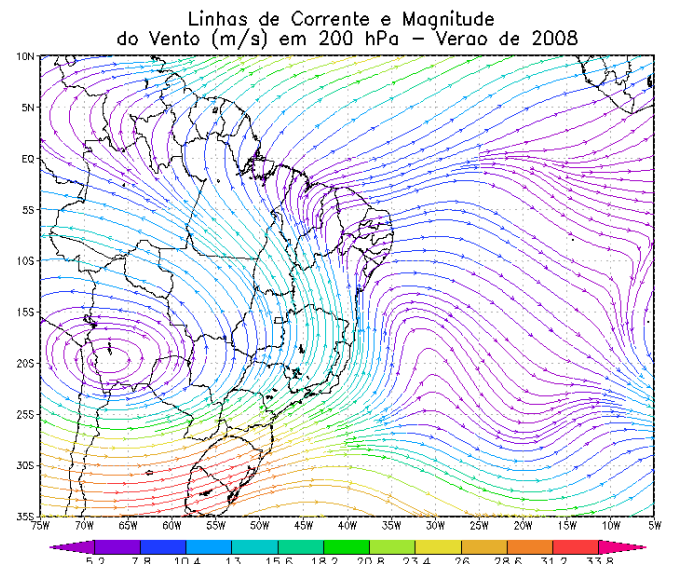
(a)



(b)



(c)



(d)



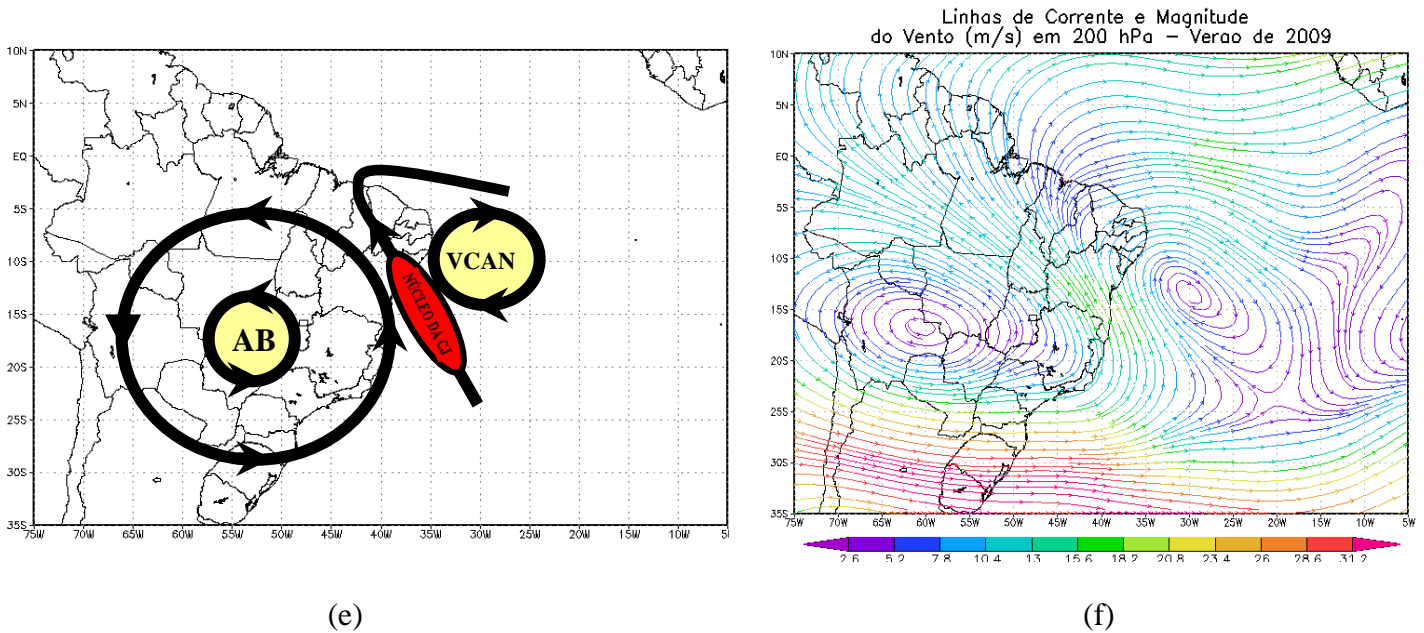


FIGURA 41 – Modelos conceituais do tipo I. CJNEB SW-NE (a), CJNEB S-N (b) e CJNEB SE-NW (c).

A **CJNEB do tipo II** está associada ao anticiclone do atlântico sul com VCAN no NEB do tipo clássico e/ou cavado em altos níveis. Na figura 42a podemos observar que os casos da CJNEB com distribuição de N-S é formada em resposta a confluência de dois sistemas sinóticos, a circulação do VCAN e da alta do atlântico sul. Esta orientação espacial esteve associada aos sistemas com maiores ocorrências durante o verão. A formação da CJNEB de NW-SE (figura 42c) está associada ao cavado em altos níveis e o anticiclone do atlântico sul, sendo notada em todas as estações do ano, com maiores ocorrências no outono e inverno.

As figuras 42b e 42d representam os mapas climatológicos elaborados para as estações do ano referente as ocorrências desses tipo de CJNEB. Podemos notar que ao compararmos os modelos conceituais com os mapas climatológicos (Figuras 42), verificamos o posicionamento dos sistemas (CAV, AAS e CHN) a direção da CJNEB com as orientações espaciais de N-S e NW-SE. Estes modelos conceituais atenderam a resposta gerada pelos dados climatológicos de reanálise, em relação aos resultados encontrados para esse tipo de CJNEB.

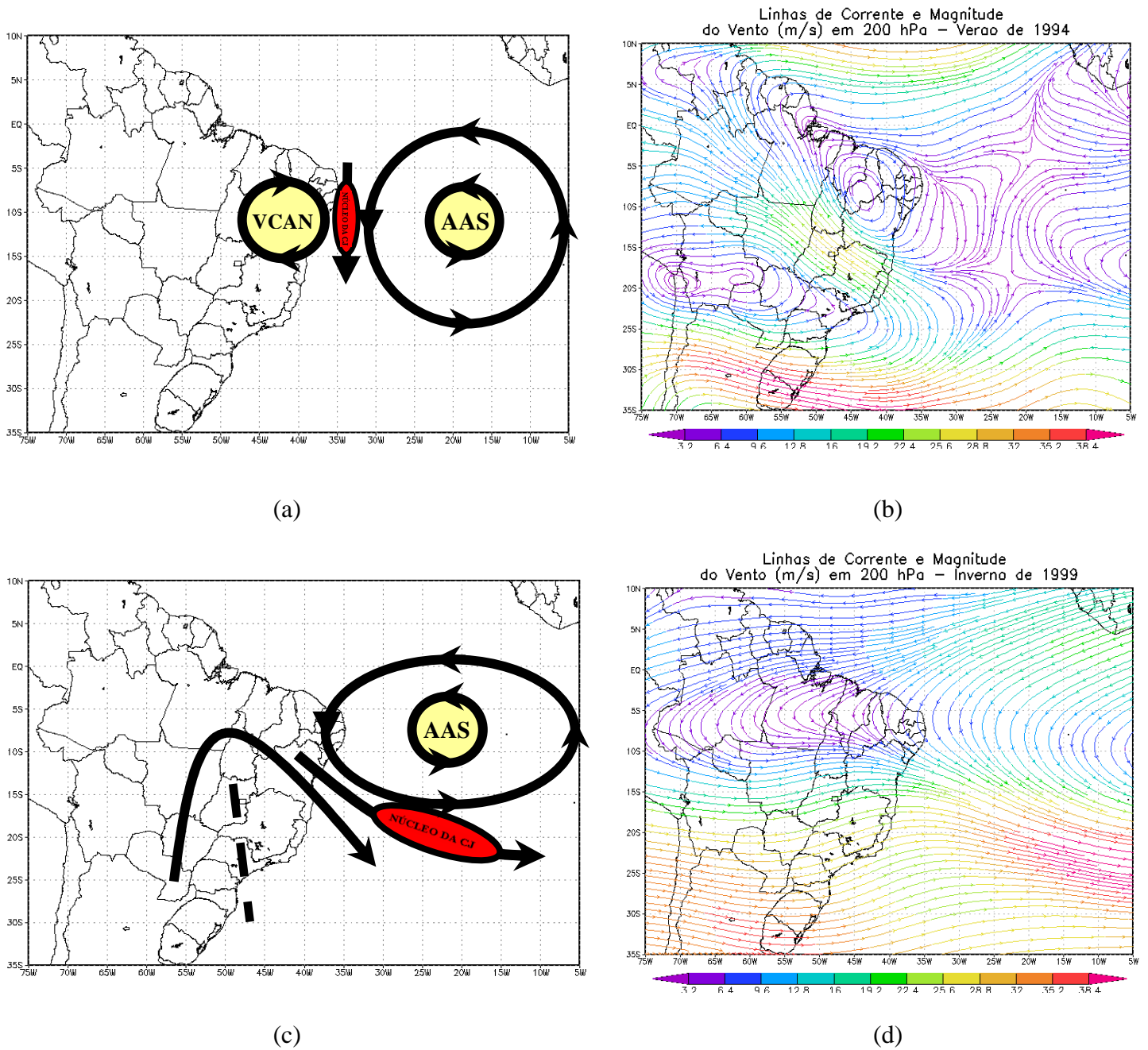
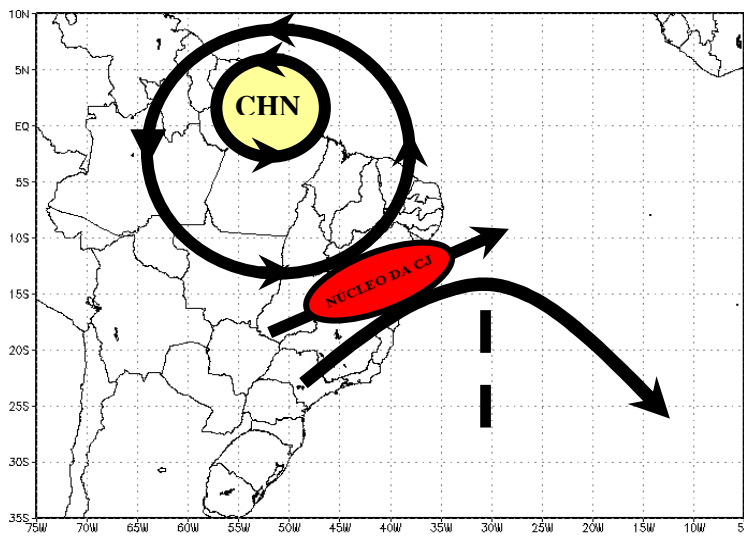


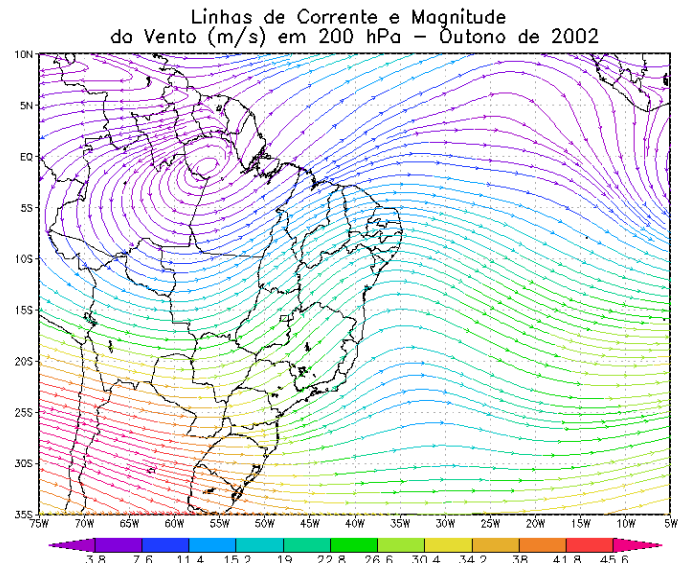
FIGURA 42 – Modelos conceituais do tipo II. CJNEB N-S (a) e CJNEB NW – SE (b).

A **CJNEB do tipo III** está associada ao ciclone do hemisfério norte durante a estação quente daquele hemisfério e ao cavado no hemisfério sul em altos níveis. A orientação de SW-NE (figura 43a) é formada pela confluência das correntes de ar provenientes da circulação vinda do hemisfério norte, durante a estação quente, e a circulação horária do cavado no hemisfério sul nas estações de outono e inverno. A CJNEB de W-E (figura 43b) notada apenas durante as estações de outono e inverno, estando associado ao cavado e ao ciclone do hemisfério norte.

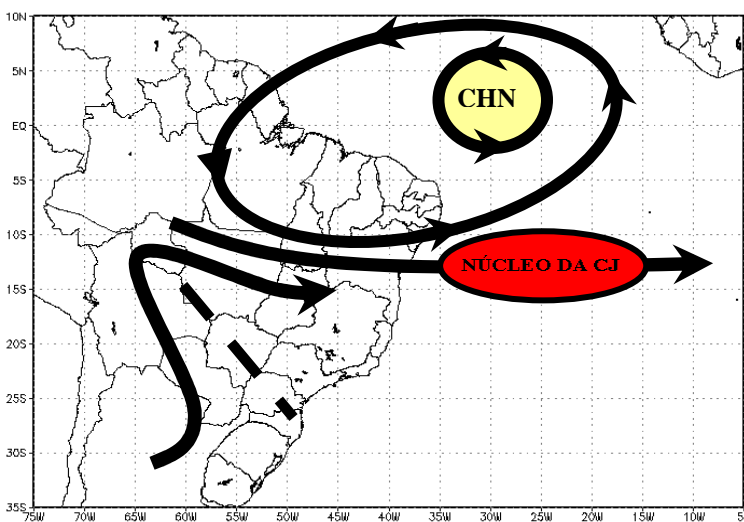
As figuras 43b e 43d representam os mapas climatológicos elaborados para as estações de outono e inverno. Podemos notar que ao compararmos os modelos conceituais com os mapas climatológicos (Figuras 43), verificamos o posicionamento dos sistemas (CAV e CHN) a direção da CJNEB com as orientações espaciais de N-S e NW-SE. Estes modelos conceituais atenderam aos campos gerados pelos dados climatológicos de reanálise, em relação aos resultados encontrados na análise da CJNEB.



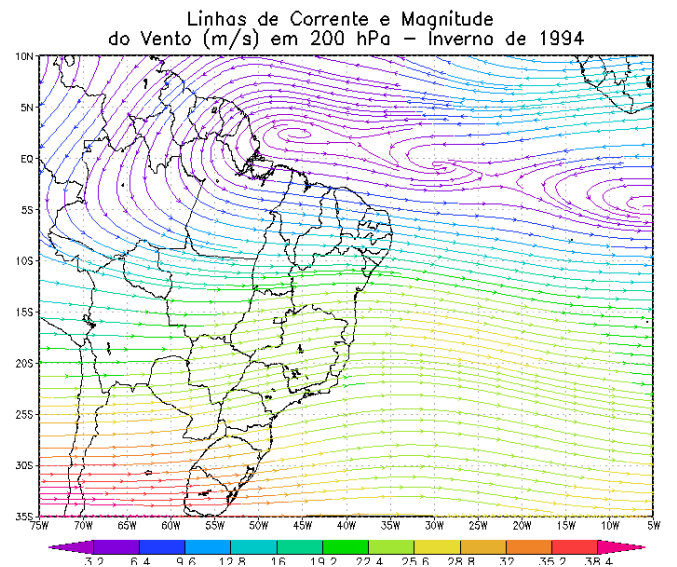
(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURA 43 – Modelos conceituais do tipo III. CJNEB SW - NE (a) e CJNEB W - E (b).

## 5 – CONCLUSÕES

Neste estudo foram elaborados campos de linhas de corrente em 200 hPa, utilizando os dados do NCEP/NCAR, para a análise climatológica da corrente de jato do nordeste brasileiro entre os anos de 1994 e 2009 (16 anos). Esta análise climatológica mostrou que não há uma posição e intensidade média para esta corrente próxima da costa do NEB, entretanto existem distribuições espaciais diferentes com uma maior ou menor ocorrência em determinados meses, associada a sistemas sinóticos típicos para cada estação do ano na área de estudo.

Durante o período do estudo foram encontradas 1.100 ocorrências de ventos com velocidades iguais ou superiores a 30 m/s, representando 19% do total de dias analisados, correspondentes a CJNEB próximo ao Estado de Alagoas e 4.740 (81%) ocorrências de ventos com magnitudes entre 20 e 30 m/s. No mês de julho de 1997 foi registrada a maior intensidade do vento no núcleo da corrente, próxima a Alagoas, onde foi atingida a velocidade de 64 m/s (230 km/h) pelos dados de reanálise. A média mensal observada durante a análise no eixo da CJ foi de 37 m/s. Os meses de inverno registraram as maiores velocidades do vento médio e máximo. Durante os dois últimos meses do outono (abril e maio) e no inverno as frequências e porcentagens de ocorrências da velocidade do vento acima de 30 m/s foram às maiores em relação aos outros meses, ou seja, de 1.100 ocorrências 741 (67%) estiveram dentro deste período.

Ao analisar a variação anual da corrente de jato foi observado que houveram períodos, divididos em anos, com maiores e menores ocorrências. Essas flutuações anuais deixaram bem evidente que durante a análise ocorreram ciclos de 4 ou 5 anos com elevados e baixos números de casos da CJNEB. Foram encontrados 3 ciclos dessas ocorrências durante o período de estudo, o qual foram divididos em virtude de uma seqüência de anos com picos de máxima e mínima ocorrência de ventos acima de 30 m/s.

O primeiro ciclo foi observado entre 1994 e 1997 com um total de 281 casos, o segundo entre 1998 e 2002 com 212 casos e o terceiro entre 2003 e 2007 com 511 casos. Os anos de 2008 (34 casos) e 2009 (62 casos) indicam uma redução de ocorrências da CJNEB em relação ao terceiro ciclo, que teve média de 102 casos/mês. Os ciclos tinham 4, 5 e 5 anos de ocorrência e elevado, baixo e elevado número de ocorrências, respectivamente. Os anos de 1995, 2008, 2009 e o segundo ciclo entre 1998 a 2002 foram caracterizados como os de menor ocorrência com média chegando a ser inferior a 45 casos observados para cada ano na

área de estudo. O terceiro ciclo, de 2003 a 2007, teve média de 102 casos por ano e o primeiro ciclo obteve um média de 70 casos por ano.

A variação mensal mostrou que os meses com os maiores números de casos da corrente foram os de inverno e o último mês do outono (maio) com média de 141 casos/mês. Durante os meses da primavera e do verão foram observados uma média de 60 casos. A climatologia das velocidades entre 20 e 30 m/s foram inversamente proporcionais a variação das velocidades acima de 30 m/s, ou seja, nos anos e meses onde foram notadas as menores ocorrências da CJNEB com velocidades maiores que 30 m/s foram observados os maiores números de casos de ventos com intensidade entre 20 e 30 m/s.

Os resultados mostraram que as distribuições espaciais encontradas em todos os anos mantiveram-se nas direções de NW-SE, SW-NE, SE-NW, W-E, S-N e N-S e variando seu número de ocorrências de acordo com as estações do ano. As direções de NW-SE e SW-NE foram as que mais tiveram registro em todos os anos de estudo e as mais computadas em todos os outonos e invernos. A distribuição espacial de S-N, mais evidente nas estações de primavera e verão, atuou em todos os anos da pesquisa e durante o ano de 1999 obteve seu pico anual máximo de ocorrência. Ocorrências de W-E foram mais frequentes durante as estações de outono e inverno, em 1994 e 1996 ultrapassou o número de ocorrências da direção SW-NE. Casos de N-S foram observados apenas nos anos de 2003 e 2004, durante o verão e primavera. Casos da CJNEB com distribuição de SE-NW foram encontrados apenas nos dois últimos meses da primavera e durante todo o verão.

Os sistemas sinóticos mais frequentes, associados à CJNEB, durante os 16 anos de análise foram o CAV E AAS com 40% do total de ocorrências, CAV E CHN com 22% das ocorrências, CAV E AB com 18% das ocorrências, VCAN E AB com 13% das ocorrências e VCAN E AAS com 1% das ocorrências. Os casos associados apenas ao CAV e o VCAN obtiveram 5% e 2% dos casos respectivamente. No segundo ciclo (1998-2002) foi notada uma diminuição do número de casos associados ao CAV E AAS e CAV E CHN e um aumento do número dos casos de CAV E AB e VCAN E AB. Os ciclos, primeiro (1994-1997) e terceiro (2003-2007), corresponderam a 73% dos casos analisados durante o estudo. O terceiro ciclo (523 ocorrências) praticamente dobrou o número de casos em relação ao primeiro (275 ocorrências). Sistemas típicos associados à CJNEB no outono e inverno, CAV E AAS e CAV E CHN, representaram 67% dos casos da análise. CAV E AB, VCAN E AB e VCAN foram observados com maior frequência nas estações de primavera e verão. Casos de VCAN E AAS tem em média de 4 ocorrências por estação.

Foram construídos modelos conceituais referente aos três tipos de CJNEB associados com os sistemas sinóticos típicos encontrados na região:

- (I) AB junto com VCAN do tipo clássico perto do NEB no Atlântico e ou cavado. Com orientações e ligações com os sistemas sinóticos de S-N (CAV E AB), SE-NW (VCAN E AB) e SW-NE (CAV E AB);
- (II) (II) Anticiclone do atlântico sul junto com VCAN no NEB tipo clássico e ou cavado. Com orientações e ligações com os sistemas sinóticos de N-S (VCAN E AAS) e NW-SE (CAV E AAS);
- (III) (III) Cavado perto do NEB junto com ciclone do hemisfério norte. Com orientações e ligações com os sistemas sinóticos de SW-NE (CAV E CHN) e W-E (CAV E CHN).

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 5. ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 1998.

ARKIN, P.A. The relationship between interannual variability in the 200 mb tropical wind field and the southern oscillation. *Monthly Weather Review*. v.110, n. 10, p. 1393-1404, Jun. 1982.

AWC. Aviation Weather Center. NOAA's National Weather Service. Disponível na INTERNET via <http://aviationweather.gov/>. Consultado em Dezembro de 2005.

BARBOZA, E. R., FEDOROVA, N. Corrente de Jato subtropical e complexo convectivo de mesoescala. Parte I: Situações sinóticas e correntes principais para a formação do complexo convectivo de mesoescala. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, Brasília, 1998a. Anais... (CD-ROM).

BEEBE, R.G.; BATES, F.C. A mechanism for assisting in the release of convective instability. *Monthly. Weather Review*, v.83, n. 11, p.1-10, Jul. 1955.

BELL, G. D. E BOSART, L.F. A case study diagnosis of the formation of an upper-level cut off cyclonic circulation over the eastern United States. *Monthly Weather Review*, V.121, n.6, p.1635-1655, 1993.

BLACKBURN, M. Interpretation of ageostrophic winds and implications for jet stream maintenance. *Journal Atmospheric Sciences*, v. 42, n. 23, p. 2604-2620, Jun.1985.

BLACKMON, M.L., WALLACE, J.M, LAU, N.C, MULLEN, S.L. An observational study of the northern hemisphere wintertime circulation. *Journal Atmospheric Sciences*, v. 34, n. 7, p. 1040-1053, Jul.1977.

BLUESTEIN, H.B. *Synoptic-dinamic meteorology in midlatitudes*. Oxford: University Press. V.2. 1993.

Bluestein, H. B. ,and K. W. Thomas: Diagnosis of a jet streak in the vicinity of a severe weather outbreak in the Texas panhandle. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 2499–2520. 1984.

BJERKNES, J. A possible response of the atmosphere Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*, v. 18, n. 4, p. 820-829, 1966.

BJERKNES, J. and J. HOLMBOE: On the theory of cyclones. *J. Meteor.*, 1, 1-22. 1944.

BJERKNES, J. Extratropical cyclones. *Compendium of Meteorology*, T. F. Malone, Ed., Amer. Meteor. Soc., 577–598. 1951.

BROWING, K. A. Conceptual Models of Precipitation Systems. *Meteorological Magazine*, Backnell. Eng. 114(1359): 293-319, 1985.

CAMPOS, A. M. V. Correntes de Jato próximo do Nordeste Brasileiro e fenômenos meteorológicos associados. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, 2006.

CAHIR, J. J. Implications of circulations in the vicinity of jet streaks at synoptic scales. Ph.D. thesis, Pennsylvania State University, 170pp. 1971.

CARLSON, T.N. *Mid-latitude weather systems*. London: Harper Collins Academic, 1991.

CHEN, T.C., TZENG, R.Y, VANLOON, H. A study on the maintenance of the winter subtropical jet stream in the northern hemisphere. *Tellus*, v.40A, p. 392-397, May.1988.

CHU, P. S. A contribution to the upper-air climatology of tropical South America. *Journal of Climatology*. Vol. 5, 403-416. 1985.

CIVITA, R., RICO, G., SIEWERS, K. **Tempo e Clima – Ciência & Natureza**. Ed. Abril Livros Ltda. Rio de Janeiro – RJ, p. 150, 1995.

CRUZ, G. de S. **Manutenção zonal da corrente de jato sobre a América do Sul**. 1998. 76f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)–Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998.

CUNHA, Gilberto R.. Oscilação do Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria. v.7. n.2. p. 277-284. 1990.

DOTY, B. **The grid analysis and display system**. Version 1.8SL11 2001. Disponível em: <http://grads.iges.org/grads/> . Acesso em: Jun. 2010.

Doty, B.E. Using the grid analysis and display system - Grads. College Park, MD, University of Maryland. Center for ocean - Land - Atmosphere Interactions (COLA), 1988.

DJURIC, D. **Weather Analysis**. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, p. 304, 1994.

EUMETSAT. European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites. Disponível na INTERNET via <http://www.eumetsat.de/>. Consultado em Dezembro de 2010.



FEDOROVA, N; FEDOROV, D. Formação de vórtices no campo de nebulosidade sobre a América do Sul. Parte II. A corrente de jato, as correntes de ar e a formação do vórtice ciclônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília, DF, CONGRESSO DA FEDERAÇÃO LATINO-AMERICANA E IBÉRICA DE SOCIEDADES DE METEOROLOGIA, 8., 1998, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia. 1 CD-ROM. 1998.

FEDOROVA, N. **Meteorologia sinótica**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. Editora Universitária. v.1, p. 259. 1999.

FEDOROVA et. al. **Formação de vórtices no campo de nebulosidade sobre a América do Sul. Parte II. A corrente de jato, as correntes de ar e a formação de vórtices ciclônicos**. RBMET, 1999.

FEDOROVA, N. **Meteorologia sinótica**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. Editora Universitária. v.2, p. 242. 2001.

FEDOROVA et. al., Correntes de jato do NEB e múltiplos fenômenos meteorológicos adversos no estado de Alagoas- Brasil no dia 15 de junho de 2003. CONGREGMET, 2005.

FEDOROVA, N. Precipitation forecast problems for Maceió city in the northeastern Brazil. 9th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography - Melbourne Australia 9 to 13 February 2009.

FORTUNE, M. **Introdução a interpretação de imagens de satélites**. Relatório n° INPE-1681 – RPE/113, São José dos Campos, 1980.

GAN, M. A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia: INPE -2685-TDL/126, 1982.

GARREAUD, R.D. Cold air incursions over subtropical and Tropical South America: A numerical case study. Monthly Weather Review, v.127, n.12, p.2823-2853. 1999.

GOMES, H. B. **Estudo da Corrente de Jato próximo do Estado de Alagoas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió, p. 113, 2003.

GRIMM, A.M.; Notas de aula sobre Meteorologia Básica. Acesso em 2009.

HAKIM, G. J. and L. W. UCCELLINI: Diagnosing coupled jet-streak circulations for a northern plains snow band from the operational nested-grid model. Wea. Forecasting, 7, 26–48. 1992.

HASTENRATH, S.: **Climate dynamics of the tropics**. Updated ed. from Climate and Circulation of the Tropics. Kluwer Academic Publishers. 488p. 1992.

HOLOPAINEN, E. A Diagnostic Study of the Kinetic Energy of the Long Term Meanflow and the associated Transient Fluctuations in the atmosphere. *Geophysica*, v.15, n. 12, p. 125-145, 1978.

HOLTON, J. R. **Introdução à meteorologia dinâmica**. Edição traduzida. p. 391. 1979.

HOSKINS, B. J., HSU, H. H., JAMES. I. N., MASUTANI, M., SARDESHMUKH, P. D., WHITE, G. H., 1989. Diagnostics of the Global Atmospheric Circulation. Based on ECMWF analyses 1979.

JAMES, I. N. and ANDERSON, D. L. T. The seasonal mean flow and distribution of large - scale weather systems in the southern hemisphere: the effects of moisture transports. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 110, 943-966. 1984.

JUSTI DA SILVA, M. G. A. & M. A. F. DA SILVA DIAS: Análise da frequência dos transientes nas previsões climáticas sazonais. In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu. 2002.

KALNAY, E., and co-authors. The NCEP/NCAR 40 years reanalysis project. *Bulletin of American Meteorological Society.*, v.77, n.3, p. 437-471, Mar. 1996.

KEYSER, D. A., and D. R. JOHNSON: Effects of diabatic heating on the ageostrophic circulation of an upper tropospheric jet streak. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1709–1724. 1984.

KODAMA, Y-M.: Large-scale common features of sub-tropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: characteristics of subtropical frontal zones. *J. Meteor. Soc. Japan*, 70, 813-835. 1992.

KOUSKY, V. e CAVALCANTI, I. F. A. Eventos Oscilação Sul - El Niño: Características, Evolução e Anomalias de Precipitação. *Ciência e cultura*, v.36, n.11, p. 1888-1889, Nov. 1984.

KOUSKY, V. E., FERREIRA, N. J. Interdiurnal surface pressure variations in Brazil: Their spatial distributions, origins and effects. *Mon. Weath. Rev.*, v. 109, p. 1999-2008, 1981.

KOUSKY, V. E.; ELIAS, M. **Meteorologia sinótica. Parte I**. São José dos Campos: INPE – 2605 – MD/021, p. 107, 1982.

KOUSKY, V. E.; ELIAS, M.; FERREIRA, N. J. **Interpretação de Imagens de Satélites**. Curso de Satélites Meteorológicos – Aplicações e Foto Interpretação – Parte C. São José dos Campos: INPE – 2235 – MD/015, p. 25, 1981.

KRISNAMURTI, T. N.: The subtropical jet stream of winter. *Journal of Meteorology*, v. 18, n.1, p 172-191, Apr. 1979.

LUTGENS, F.K., and E.J. TARBUCK, The Atmosphere: An Introduction to Meteorology. 6th ed. Prentice Hall, Inc., New Jersey, 199.

MAHLMAN, J.D. On the maintenance of the polar front jet stream. *Journal Atmospheric Science*, v. 30, p. 544-557, May. 1973.

MEDINA, M. *Meteorologia básica sinóptica*. Madrid: Paraninfo, 1976.

MOORE, J. T., and G. E. VANKNOWE: The effect of jet-streak curvature on kinematic fields. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 2429–2441. 1992.

NCEP/NCAR. **Reanalysis data**. Disponível em: <http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin>. Acesso em: 2009.

NCEP/NOAA. The National Centers for Environmental Prediction. Disponível na INTERNET via [www.ncep.noaa.gov/](http://www.ncep.noaa.gov/). Arquivo consultado em 2009.

NEWTON, C. W., and A. TREVISAN: Clinogenesis and frontogenesis in jet stream waves. Part I: Analytic relations to wave structure. *J. Atmos. Sci.*, **41**, 2717-2734. 1984.

NEWTON, C. W. Frontogenesis and frontolysis as a three dimensional process. *J. Meteor.*, 6, 330-336. 1954.

NIELSEN. Texas A&M University. **Corrente de Jato**. Disponível em: <http://www.hpc.ncep.noaa.gov/international/jetport2.shtml>. Acesso em: dez. 2009.

NOBRE, C. A., A. S. de OLIVEIRA and E. K. NEVES. Precipitation and circulation anomalies in South America and the 1982-83 El Niño/southern oscillation episodes. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 4., Brasília, 1986. *Anais*. São José dos Campos: INPE. v. 1, p 339-345. 1986.

PALMÉN, E., NEWTON, C. W. Atmospheric circulation systems. **Their Structure and physical interpretation**. New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco: Academic Press, p. 603, 1969.

PEZZI, L.P., e CAVALCANTI, I. F. A. O jato subtropical sobre a América do Sul no período de 1980 a 1989. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7., Belo Horizonte, 1994. *Anais*. São José dos Campos: INPE, 1994. v.2, p.148-151. 1994.

PEZZI, L.P., ROSA, M.B., BATISTA, N.N.M. A corrente de jato subtropical sobre a América do Sul. **Climanálise Edição Especial de Outubro**. Edição especial comemorativa de 10 anos. 1996.

RAMÍREZ, M. C. V., KAYANO, M. T., FERREIRA, N. J. Statistical analysis of upper tropospheric vortices in the vicinity of Northeast Brazil during the 1980-1989 period. *Atmosfera*, v. 12, p. 75-88. 1999.

RAMÍREZ, M. C. V. et al. **Padrões climáticos dos vórtices ciclônicos em altos níveis no nordeste do Brasil, parte II: aspectos sinóticos**. In: Anais do X Congresso brasileiro de meteorologia e VIII Congresso da Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia. Brasília-DF, 1998.

RAMIREZ et al., Vórtices Ciclônicos Desprendidos em Altos Níveis que Originam-se no Leste do Pacífico Tropical Sul - Parte I : Aspectos Sinóticos Relacionados a sua Formação. CBMET RJ, 2000.

RIEHL, H., BADNER, J., HOYDE, J.E. Forecasting in the middle latitudes. *Meteorological Monographs*. American Meteorological Society, v.1, n..5. 80p. 1952.

RIEHL, H. **Tropopause circulations and jet stream**. World survey climatology. *Climate of Free Atmosphere*, v.4, p. 85-204, 1969.

REITER, E. R. **Jet Stream Meteorology**. The University of Chicago Press, p. 515, 1969.

ROSSBY, C.G. On the distribution of angular velocity in gases envelopes under the influence of large-scale horizontal mixing process. *Bulletin of American Meteorological Society*, v.28, n. 78, p. 53-68, 1947.

SECHRIST, F.S.; WHITTAKER, T.M. Evidence of jet stream vertical circulations. *Monthly Weather Review*, v. 107, p. 1014-1021, Aug. 1979.

SEVERO, D. L. **Estudo de casos de chuvas intensas em Santa Catarina**. 118p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE, São José dos Campos. (INPE – 5682-TDI/568). 1994.

SEVERO, D. L., M. A. GAN e N. J. FERREIRA. Estudo de casos de chuvas intensas associado a enchentes na região do Vale do Itajaí, em Santa Catarina..In. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7., Belo Horizonte. *Anais*. São José dos Campos: INPE, 1994. v. 2, p. 561-564. 1994.

SEVERO E SILVA. Aspectos sinóticos da enchente de maio de 1992 no vale do Itajaí. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, Brasília. *Anais*. 1998.

UCCELLINI, L. W.: The relationship between jet streaks and severe convective storm system. Preprints, *16<sup>th</sup> Conference on Severe Local Storms*, Kananaskis Park, Alberta, Canada, Amer. Meteor. Soc., 121-130. 1990.

UCCELLINI, L. W. and D. R. JOHNSON.: The coupling of upper- and lower-tropospheric jet streaks and implications for the development of severe convective storms. *Mon. Wea. Rev.*, 107,682-703. 1979.

UCCELLINI, L. W. P. J. KOCIN, R. A. PETERSEN, C. H. WASH and IC F. BRILL: The Presidents' Day cyclone of 18-19 February 1979: Synoptic overview and analysis of the subtropical jet streak influencing the precyclogenetic period. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 31-55. 1984.

UCCELLINI, L. W., R. A. PETERSEN, K. F. BRILL, P. J. KOCIN and J. J. TUCCILLO: Synergistic interactions between an upper-level jet stream and diabatic processes that influence the development of a low-level jet and a secondary coastal cyclone. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 2227-2261. 1987.

UCCELLINI, L. W. and P.J. KOCIN: The interaction of jet streak circulations during heavy snow events along the east coast of the United States. *Wea. Forecasting*, 2, 289–308. 1987.

UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA AT CHAPEL HILL. Disponível em: <http://www.unc.edu/courses/2009ss1/geog/111/001/Westerlies/Westerlies.htm> . Acesso em dezembro de 2009.

VELDEN, C.S., and G.A. MILLS: Diagnosis of upper-level processes influencing an unusually intense extratropical cyclone over southeast Australia. *Wea. Forecasting*, 5, 449–482. 1990.

WASH, C.H., J.E. PEAK, W.E.CALLAND and W.A. COOK: Diagnostic study of explosive cyclogenesis during FGGE. *Mon. Wea.Rev.*, 116, 431–451. 1988.

WELDON, R. AND HELMES, S. Water Vapor Imagery. Interpretation and Applications to weather Analysis and Forecasting. NOAA Technical Report Nesdis 57. Washington. April, 1991.

## **ANEXOS**

Tabela 2 – Velocidade do vento média e máximo na região do estudo durante os anos de 1994 a 2009 e ocorrência do vento nos seguintes limites: entre 20 e 30 m/s (20-30 m/s) e maior que 30 m/s (>30 m/s).

1994					1995				1996			
Mês	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s
Jan	<30	<30	31	0	31	32	29	2	32	32	27	4
Fev	<30	<30	28	0	33	34	24	4	<30	<30	28	0
Mar	<30	<30	31	0	<30	<30	31	0	<30	<30	31	0
Abr	41	46	25	5	30	30	29	1	<30	<30	30	0
Mai	37	44	17	14	43	50	24	7	47	50	22	9
Jun	37	44	19	11	43	48	20	10	40	44	23	7
Jul	37	48	18	13	40	42	28	3	44	52	15	16
Ago	37	46	22	9	32	32	30	1	45	52	23	8
Set	42	48	20	10	36	44	21	9	41	46	20	10
Out	38	40	28	3	39	44	24	7	39	42	28	3
Nov	35	38	23	7	41	52	21	9	36	40	18	12
Dez	<30	<30	31	0	35	44	27	4	35	38	29	2
1997					1998				1999			
Mês	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s
Jan	32	32	30	1	30	30	30	1	30	32	26	5
Fev	<30	<30	28	0	<30	<30	28	0	<30	<30	28	0
Mar	34	38	26	5	<30	<30	31	0	<30	<30	31	0
Abr	35	42	26	4	<30	<30	30	0	34	34	29	1
Mai	45	52	6	25	47	50	28	3	44	44	30	1
Jun	49	56	19	11	43	48	23	7	46	48	28	2
Jul	48	64	21	10	44	50	23	8	46	46	30	1
Ago	46	54	16	15	41	44	28	3	47	48	25	6
Set	41	48	24	6	39	44	28	2	42	42	28	2
Out	41	44	28	3	<30	<30	31	0	<30	<30	31	0
Nov	<30	<30	30	0	30	30	29	1	36	40	27	3
Dez	32	32	29	2	<30	<30	31	0	36	46	25	6

2000					2001				2002			
Mês	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s
Jan	<30	<30	31	0	38	40	29	2	<30	<30	31	0
Fev	<30	<30	28	0	<30	<30	28	0	31	32	26	2
Mar	<30	<30	31	0	<30	<30	31	0	<30	<30	31	0
Abr	<30	<30	30	0	36	36	29	1	<30	<30	30	0
Mai	43	50	24	7	44	48	28	3	41	50	21	10
Jun	44	50	26	4	43	44	27	3	31	32	28	2
Jul	40	50	24	7	42	48	17	14	44	52	23	8
Ago	37	44	23	8	44	52	17	14	39	46	17	14
Set	44	50	28	2	43	48	28	2	42	42	29	1
Out	32	32	29	2	40	46	24	7	40	44	26	5
Nov	31	32	26	4	38	46	26	4	37	40	27	3
Dez	41	50	21	10	37	44	18	13	37	44	23	8
2003					2004				2005			
Mês	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s
Jan	33	36	8	23	26	36	28	2	33	38	23	8
Fev	30	30	26	2	23	34	23	2	36	36	28	1
Mar	30	30	30	1	22	32	15	3	32	32	30	1
Abr	30	30	29	1	26	32	26	2	36	38	26	4
Mai	41	52	15	16	28	38	23	7	38	48	13	18
Jun	42	48	25	5	29	46	13	12	43	56	11	19
Jul	41	54	19	12	29	40	17	13	50	54	28	3
Ago	38	48	15	16	29	38	12	16	42	54	17	14
Set	37	44	15	15	27	52	22	5	40	52	15	15
Out	39	56	22	9	26	36	22	6	34	42	24	7
Nov	35	40	22	8	25	32	19	5	36	40	22	8
Dez	33	36	24	7	20	28	18	0	32	36	25	6



2006					2007				2008			
Mês	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s
Jan	30	30	26	5	34	38	21	10	<30	<30	31	0
Fev	30	30	26	3	34	38	23	6	<30	<30	28	0
Mar	<30	<30	31	0	30	30	28	3	<30	<30	31	0
Abr	39	48	21	9	34	36	25	5	<30	<30	30	0
Mai	45	50	18	13	40	50	22	9	42	48	24	7
Jun	43	56	17	13	38	44	19	11	55	56	28	2
Jul	46	62	11	20	40	50	23	8	50	54	27	4
Ago	41	50	15	16	44	50	23	8	45	46	28	3
Set	37	42	25	5	39	50	21	9	50	50	28	2
Out	34	36	24	7	35	46	19	12	32	32	30	1
Nov	33	36	27	3	37	42	19	11	38	40	26	4
Dez	34	40	25	6	33	36	27	4	35	42	26	5

2009				
Mês	Média	Máximo	20-30 m/s	> 30 m/s
Jan	30	30	30	1
Fev	31	32	25	3
Mar	<30	<30	31	0
Abr	39	40	27	3
Mai	42	48	25	6
Jun	38	42	24	6
Jul	37	42	19	12
Ago	41	46	26	5
Set	33	36	25	5
Out	<30	0	31	0
Nov	32	34	25	5
Dez	34	40	15	16

Tabela 4 – Ocorrências das distribuições espaciais durante as estações entre os anos de 1994 e 2009.

Estação/Ano	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Direções
verão	0	0	3	0	0	0	0	0	1	7	1	0	5	2	1	1	NW-SE
outono	20	8	12	29	7	2	8	4	0	13	11	13	18	12	7	8	
inverno	11	10	24	14	6	7	7	17	14	28	39	19	35	29	11	15	
primavera	3	6	7	2	0	1	2	4	4	11	4	5	9	11	1	0	
verão	0	1	0	3	0	0	0	3	0	7	3	1	0	5	0	2	SW-NE
outono	4	5	1	4	0	1	3	3	8	2	13	21	8	5	0	3	
inverno	6	0	3	5	9	0	4	9	10	10	11	9	11	4	3	7	
primavera	2	9	3	0	0	5	3	6	2	7	8	10	0	8	6	0	
verão	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	W-E
outono	4	0	3	7	0	1	0	0	0	4	3	3	2	3	0	0	
inverno	14	7	7	7	0	0	6	4	1	5	2	1	3	1	0	2	
primavera	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
verão	0	2	0	0	0	6	0	1	0	2	1	0	0	0	2	2	S-N
outono	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	
inverno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
primavera	3	0	4	1	1	1	6	6	3	1	1	4	0	3	1	3	
verão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	N-S
outono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
inverno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
primavera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
verão	0	4	3	2	1	2	2	2	4	12	0	8	3	12	2	6	SE-NW
outono	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
inverno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
primavera	3	2	0	2	0	1	2	4	7	5	0	8	7	6	4	13	

Tabela 5 – Número de caso durante os ciclos. 1ª (1994 a 1997) - 2ª (1998 a 2002) - 3ª (2003 a 2007) e os anos de 2008 e 2009 na região de estudo.

Ciclo	NW-SE	SW-NE	W-E	S-N	N-S	SE-NW
1º	149	46	52	12	0	16
2º	84	66	13	26	0	26
3º	272	143	29	15	3	61
2008/2009	44	21	2	8	0	25

Tabela 6 – Número de casos relativos à distribuição espacial durante as estações do ano na região do estudo durante o período de 1994 a 2009.

Estação	NW-SE	SW-NE	W-E	S-N	N-S	SE-NW
verão	21	25	1	16	2	63
outono	172	81	30	6	0	1
inverno	288	105	61	1	0	0
primavera	70	67	5	38	1	64

Tabela 7 – Porcentagem anual de ocorrências das distribuições entre os anos de 1994 e 2009.

<b>Ano/Direção</b>	<b>NW-SE</b>	<b>SW-NE</b>	<b>W-E</b>	<b>S-N</b>	<b>N-S</b>	<b>SE-NW</b>
<b>1994</b>	49%	17%	26%	4%	0%	4%
<b>1995</b>	41%	29%	16%	4%	0%	11%
<b>1996</b>	65%	10%	15%	6%	0%	4%
<b>1997</b>	61%	16%	16%	4%	0%	4%
<b>1998</b>	52%	36%	0%	8%	0%	4%
<b>1999</b>	37%	22%	4%	26%	0%	11%
<b>2000</b>	39%	23%	16%	14%	0%	9%
<b>2001</b>	40%	32%	7%	12%	0%	10%
<b>2002</b>	32%	38%	2%	8%	0%	21%
<b>2003</b>	51%	22%	9%	3%	1%	15%
<b>2004</b>	60%	32%	6%	1%	1%	0%
<b>2005</b>	35%	39%	4%	7%	0%	15%
<b>2006</b>	65%	19%	5%	1%	0%	10%
<b>2007</b>	53%	23%	4%	1%	0%	19%
<b>2008</b>	62%	21%	0%	3%	0%	14%
<b>2009</b>	39%	19%	3%	8%	0%	31%

Tabela 8 – Porcentagem média mensal e casos entre os anos de 1994 e 2009.

<b>Mês/Direção</b>	<b>NW-SE</b>	<b>SW-NE</b>	<b>W-E</b>	<b>S-N</b>	<b>N-S</b>	<b>SE-NW</b>
<b>JAN</b>	1%	1%	0%	1%	0%	3%
<b>FEV</b>	0,3%	0,3%	0,0%	0,5%	0,1%	1,2%
<b>MAR</b>	0,1%	0,7%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%
<b>ABR</b>	2,4%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>MAI</b>	7,4%	4,7%	1,3%	0,2%	0,0%	0,1%
<b>JUN</b>	7,9%	2,4%	1,3%	0,3%	0,0%	0,0%
<b>JUL</b>	8,7%	3,7%	2,7%	0,1%	0,0%	0,0%
<b>AGO</b>	10,0%	2,8%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>SET</b>	4,7%	3,2%	1,1%	0,2%	0,0%	0,1%
<b>OUT</b>	3,6%	1,2%	0,2%	0,4%	0,1%	0,3%
<b>NOV</b>	1,1%	3,7%	0,2%	1,4%	0,0%	2,1%
<b>DEZ</b>	0,7%	1,4%	0,1%	2,9%	0,0%	4,4%

Tabela 9 – Ocorrências dos sistemas sinóticos associados durante as estações entre os anos de 1994 e 2009.

Estação/Ano	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Sistemas
verão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	<b>CAV E AAS</b>
outono	0	5	11	23	7	2	8	4	0	13	8	3	18	11	7	8	
inverno	2	10	24	14	6	7	7	17	12	28	39	18	29	24	11	15	
primavera	0	4	0	2	0	2	2	0	4	8	3	5	7	9	1	0	
verão	0	0	0	2	0	3	0	3	0	7	4	2	0	5	0	4	<b>CAV E AB</b>
outono	0	0	0	2	1	0	0	0	2	0	7	2	5	2	0	0	
inverno	2	0	3	0	6	0	2	0	0	1	3	5	3	0	3	0	
primavera	6	10	6	1	1	4	9	5	6	6	9	17	1	11	8	1	
verão	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>CAV E CHN</b>
outono	11	0	5	17	0	2	3	3	7	5	11	31	5	7	0	3	
inverno	21	7	7	12	3	0	8	13	11	14	10	5	17	5	0	9	
primavera	2	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
verão	0	7	3	2	1	5	2	3	4	15	0	8	3	12	4	4	<b>VCAN E AB</b>
outono	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
inverno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
primavera	0	1	0	2	0	1	2	9	6	5	0	6	6	6	3	15	
verão	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	<b>VCAN E AAS</b>
outono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
inverno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	
primavera	1	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	1	1	0	0	
verão	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	2	1	2	<b>VCAN</b>
outono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
inverno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
primavera	0	0	5	0	0	1	0	1	0	4	0	0	1	1	0	0	
verão	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	<b>CAV</b>
outono	17	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	
inverno	6	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
primavera	2	2	3	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	

Tabela 10 – Percentual anual das ocorrências dos sistemas sinóticos associados entre os anos de 1994 e 2009.

Sistemas	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CAV E AAS	3%	34%	49%	50%	52%	41%	39%	33%	29%	42%	50%	25%	57%	44%	50%	37%
CAV E AB	11%	18%	13%	6%	32%	26%	25%	13%	14%	12%	23%	25%	9%	18%	29%	8%
CAV E CHN	49%	16%	18%	37%	12%	7%	27%	25%	32%	17%	22%	34%	22%	12%	0%	19%
VCAN E AB	0%	14%	4%	5%	4%	22%	9%	19%	20%	17%	0%	13%	9%	18%	18%	31%
VCAN E AAS	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	2%	1%	2%	1%	2%	6%	0%	0%
VCAN	0%	0%	10%	0%	0%	4%	0%	2%	0%	9%	0%	0%	1%	3%	3%	3%
CAV	36%	18%	6%	1%	0%	0%	0%	2%	4%	2%	3%	2%	0%	0%	0%	2%

Tabela 11 – Percentual mensal dos sistemas sinóticos associados entre os anos de 1994 e 2009.

MÊS/SISTEMA	CAV E AAS	CAV E AB	CAV E CHN	VCAN E AB	VCAN E AAS	VCAN	CAV
JAN	0%	1%	0%	4%	0%	1%	0%
FEV	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
MAR	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
ABR	2%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
MAI	6%	1%	5%	0%	0%	0%	1%
JUN	5%	1%	5%	0%	0%	0%	1%
JUL	8%	1%	6%	0%	0%	0%	0%
AGO	10%	0%	4%	0%	0%	0%	0%
SET	5%	2%	2%	0%	0%	0%	0%
OUT	3%	2%	0%	0%	1%	0%	0%
NOV	0%	5%	0%	2%	0%	1%	0%
DEZ	0%	3%	0%	5%	0%	0%	0%

Tabela 12 – Número de casos relativos aos sistemas associados durante as estações do ano durante o período de 1994 a 2009.

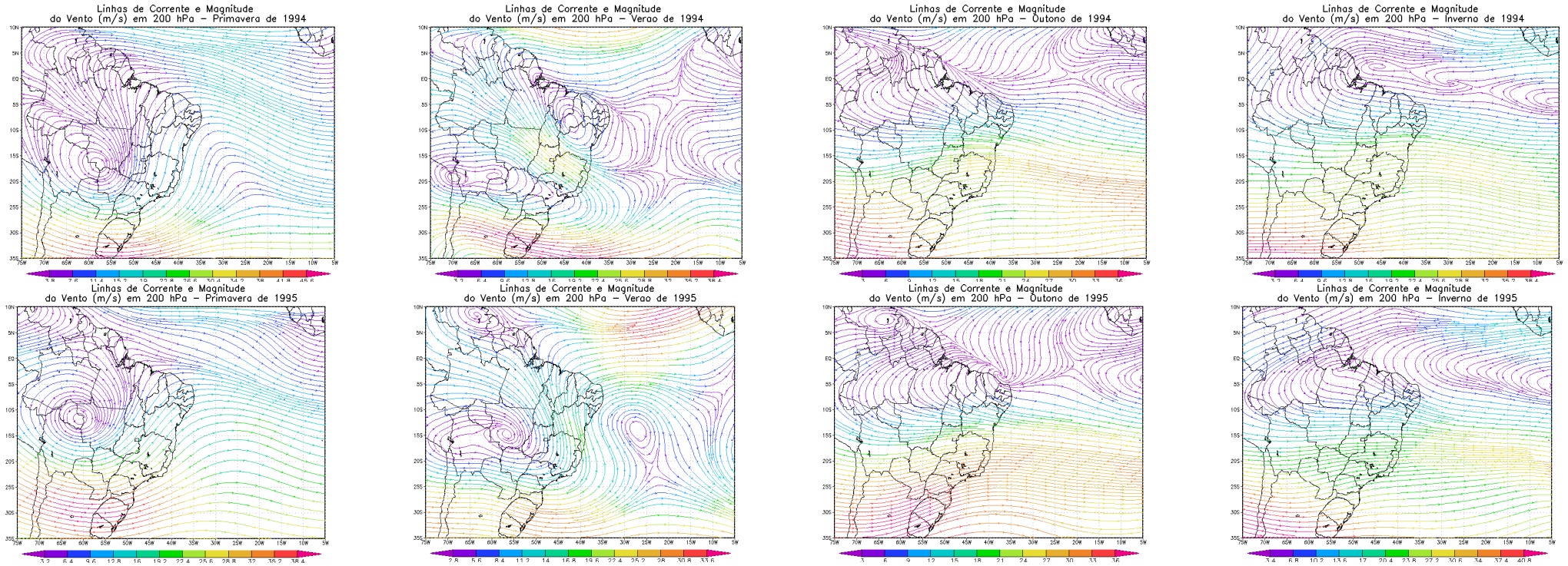
Estação/Sistema	CAV E AAS	CAV E AB	CAV E CHN	VCAN E AB	VCAN E AAS	VCAN	CAV
verão	4	30	1	73	4	13	5
outono	128	21	110	1	1	0	28
inverno	263	28	142	0	5	0	8
primavera	47	101	7	62	8	13	10

Tabela 13 – Número de caso durante os ciclos. 1ª (1994 a 1997) - 2ª (1998 a 2002) - 3ª (2003 a 2007) e os anos de 2008 e 2009.

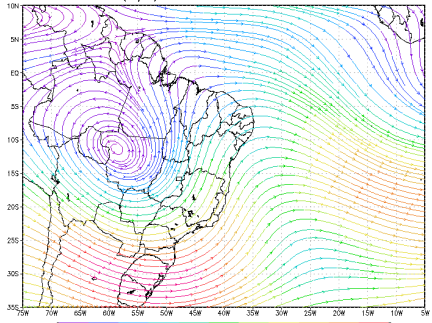
Ciclo	CAV E AAS	CAV E AB	CAV E CHN	VCAN E AB	VCAN E AAS	VCAN	CAV
1º Ciclo	95	32	85	15	1	7	40
2º Ciclo	78	42	51	34	5	2	3
3º Ciclo	227	90	112	61	12	14	7
2008/2009	42	16	12	26	0	3	1



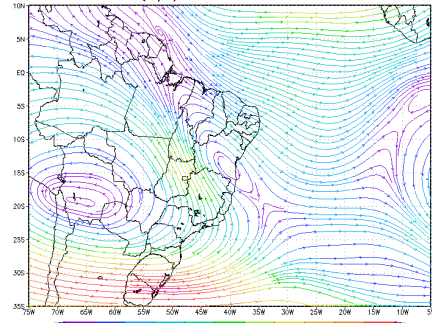
Figura 44 – Mapas climatológicos das estações do ano entre 1994 e 2009.



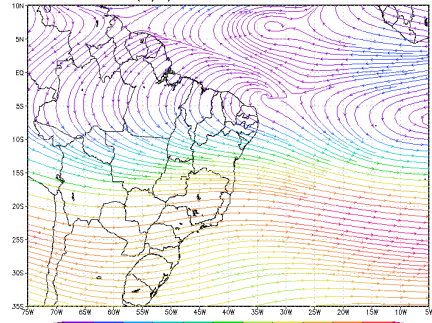
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 1996



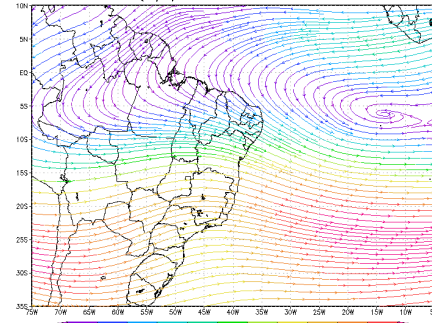
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 1996



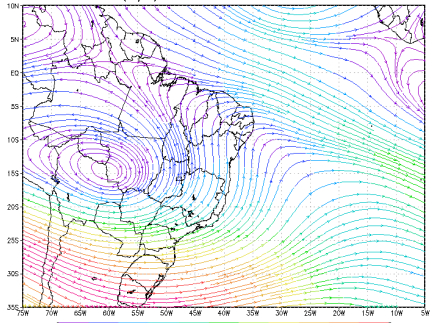
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 1996



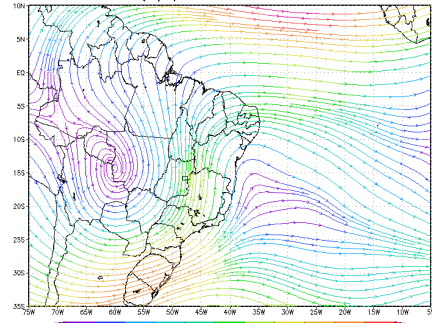
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 1996



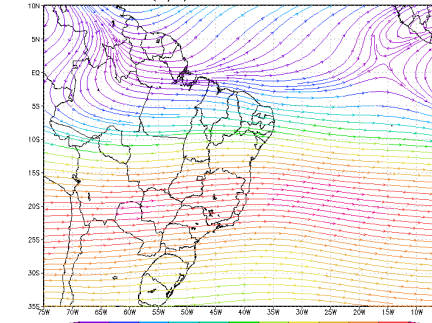
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 1997



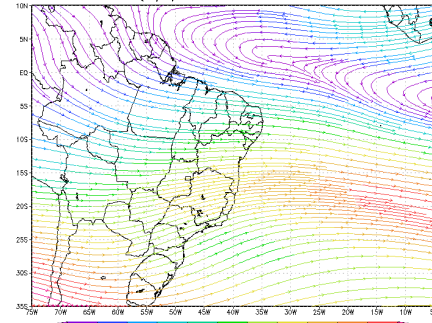
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 1997



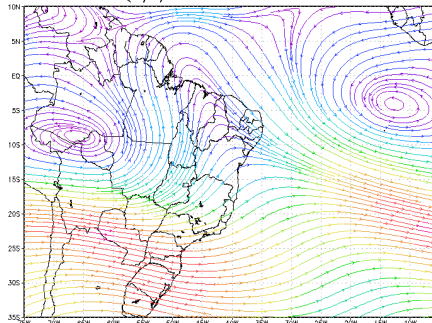
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 1997



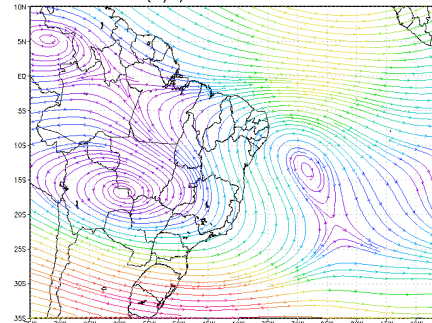
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 1997



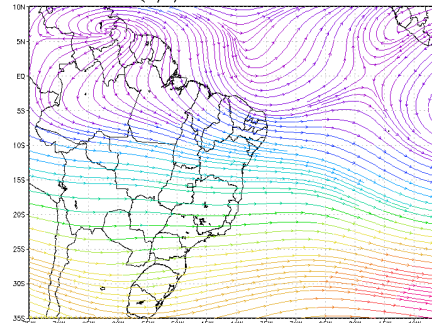
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 1998



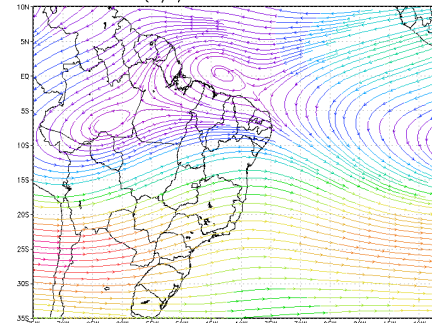
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 1998



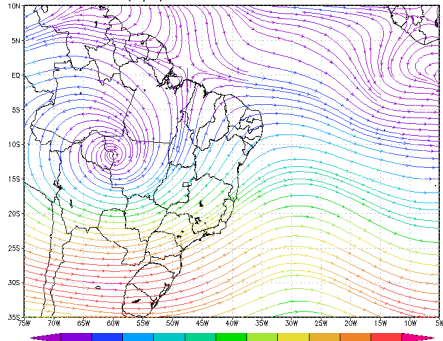
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 1998



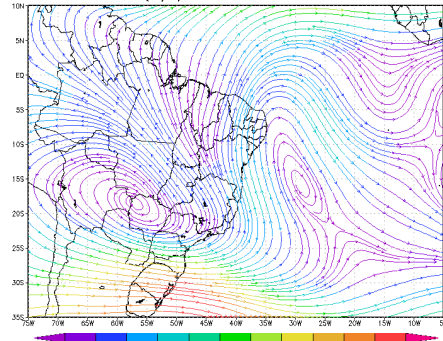
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 1998



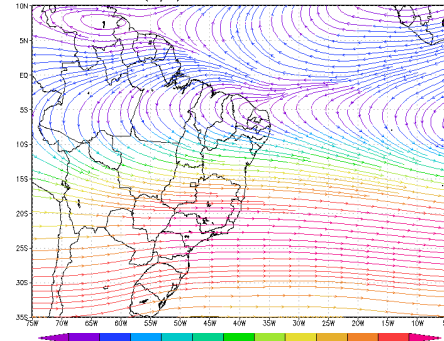
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 1999



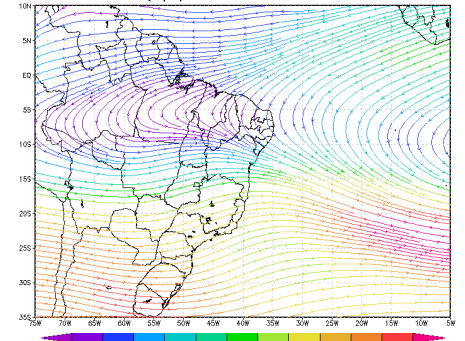
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 1999



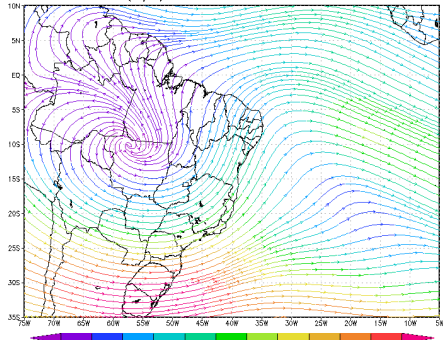
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 1999



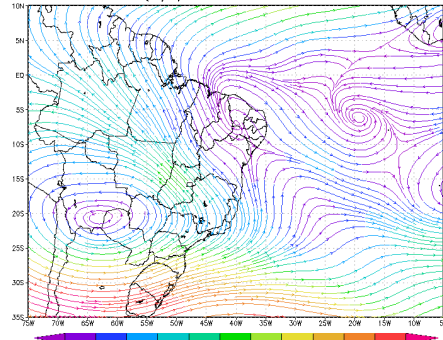
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 1999



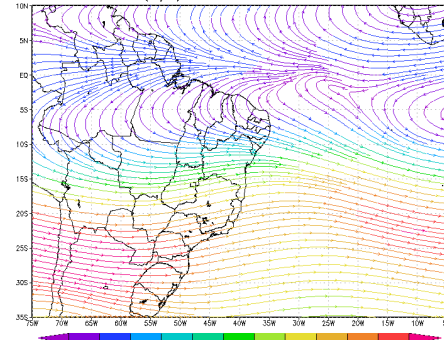
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 2000



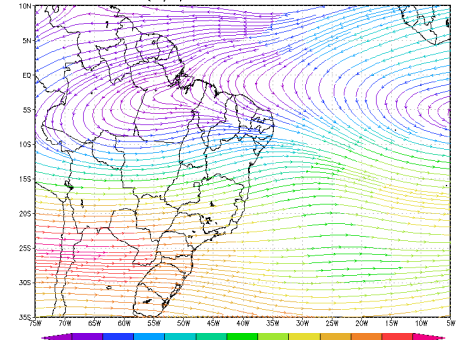
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 2000



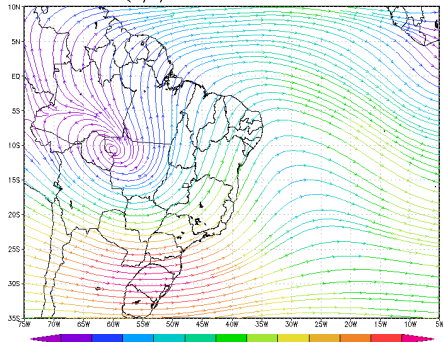
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 2000



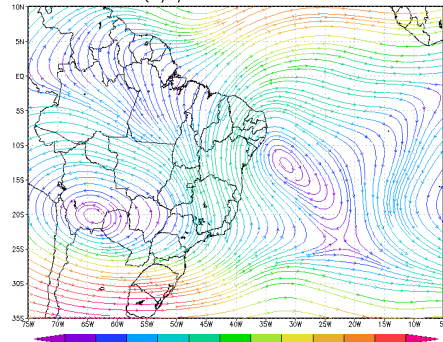
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 2000



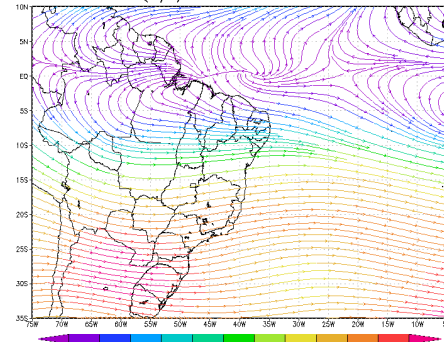
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 2001



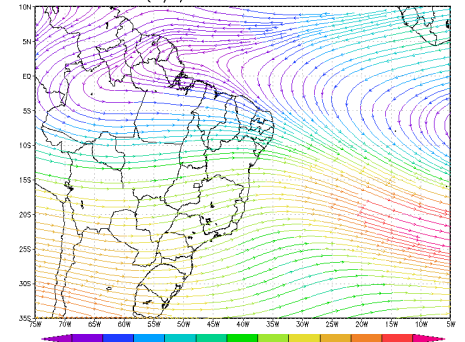
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 2001



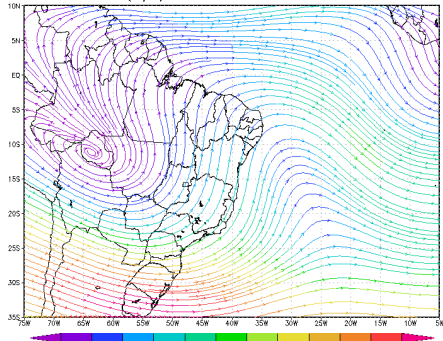
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 2001



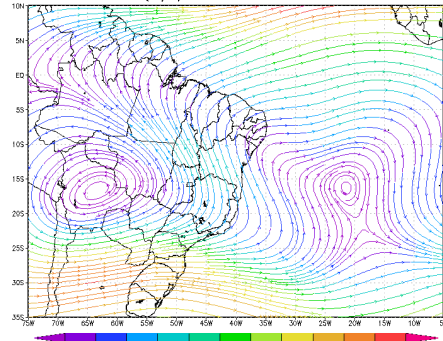
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 2001



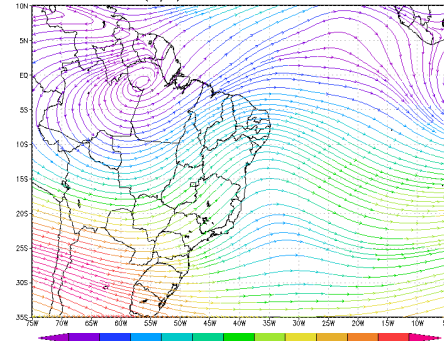
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 2002



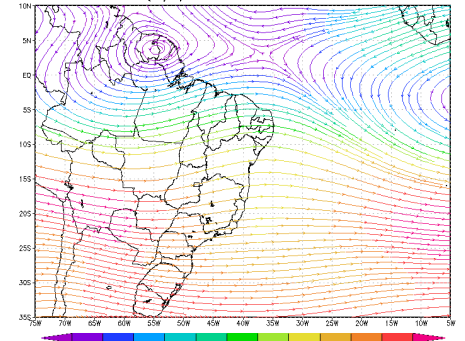
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 2002



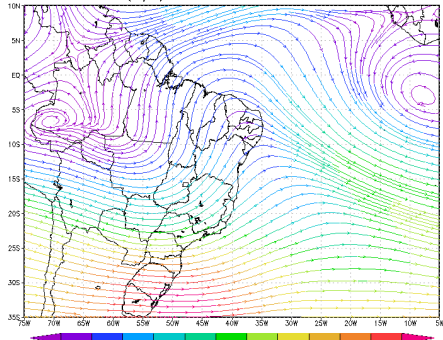
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 2002



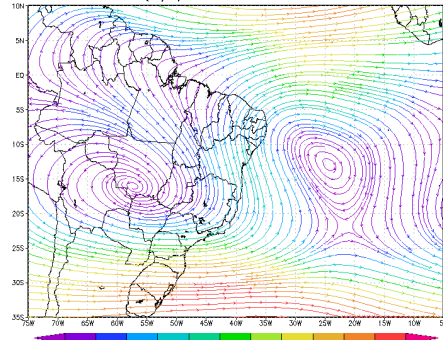
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 2002



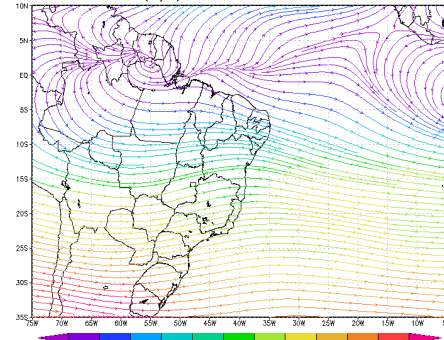
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 2003



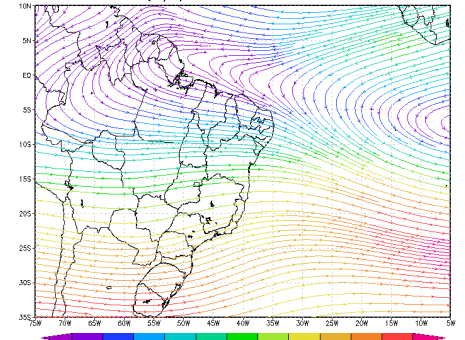
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 2003



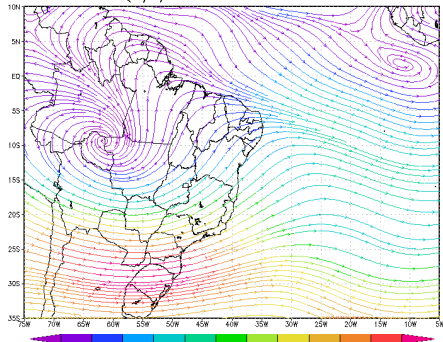
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 2003



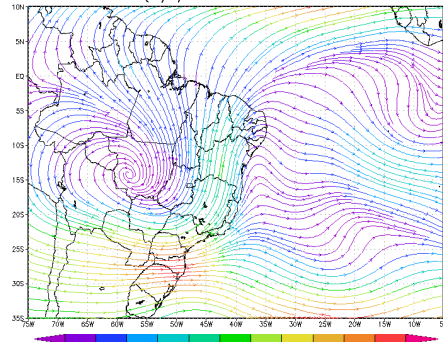
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 2003



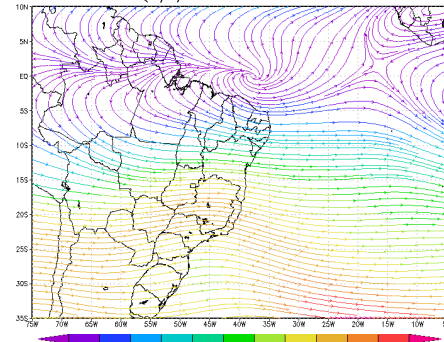
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 2004



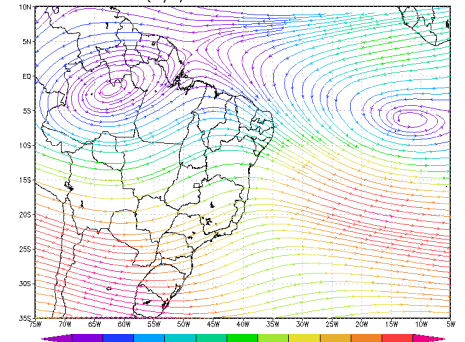
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 2004



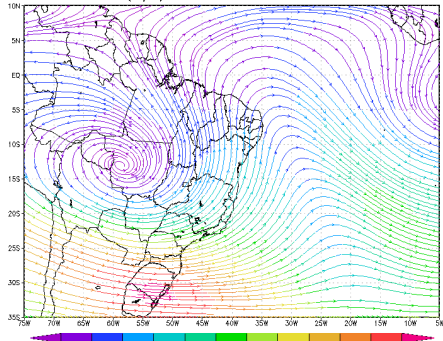
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 2004



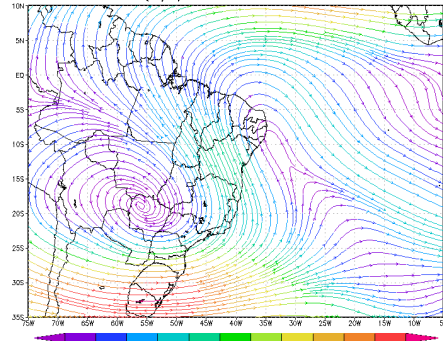
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 2004



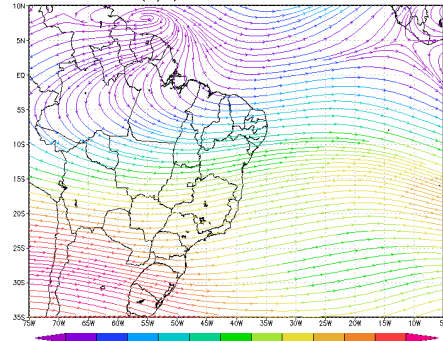
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 2005



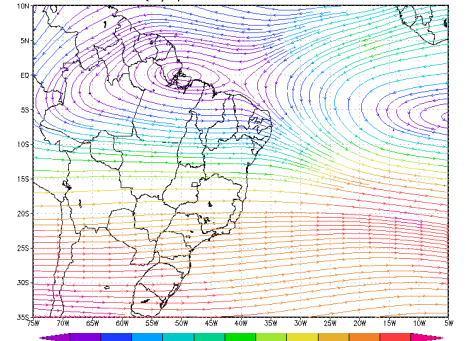
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 2005



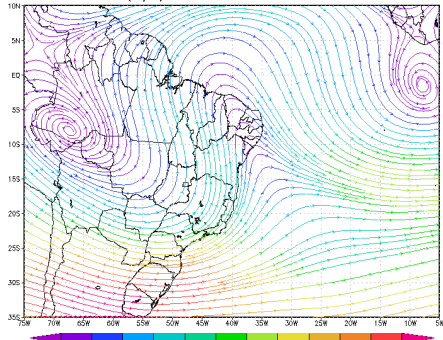
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 2005



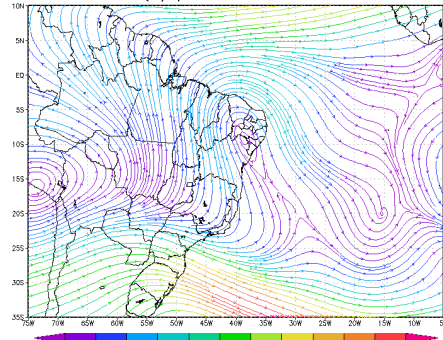
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 2005



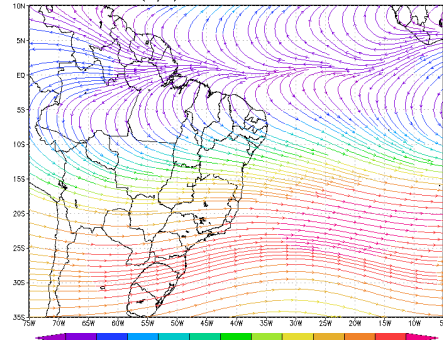
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 2006



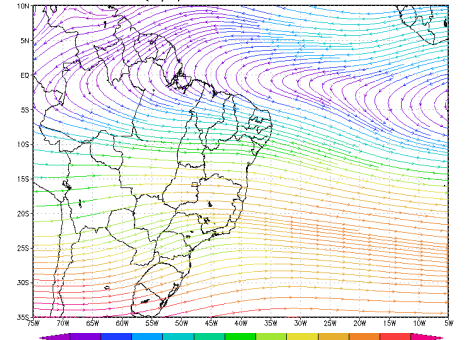
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 2006



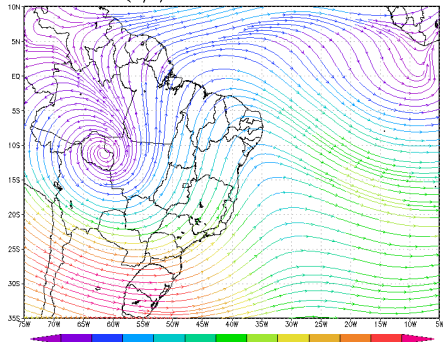
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 2006



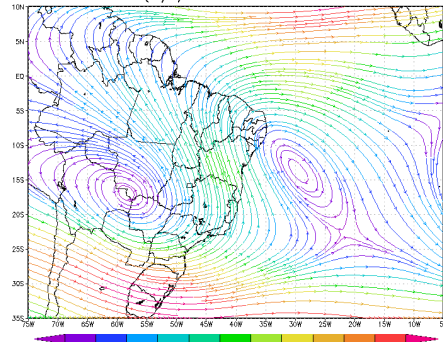
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 2006



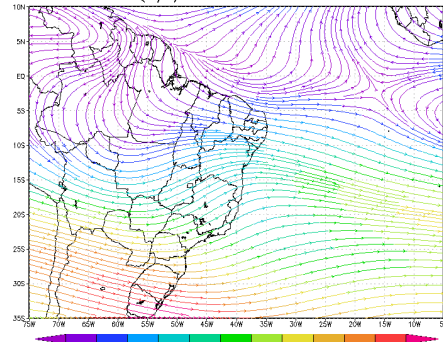
Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Primavera de 2007



Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Verão de 2007



Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Outono de 2007



Linhas de Corrente e Magnitude  
do Vento (m/s) em 200 hPa – Inverno de 2007

