

## **A ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL SOBRE O OCEANO ATLÂNTICO: CLIMATOLOGIA**

Anna Bárbara Coutinho de Melo, Paulo Nobre, David Mendes e Marcus Jorge Bottino

Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE  
Rodovia Presidente Dutra, Km 40, Cachoeira Paulista, SP 12630-000  
e-mail: [pnobre@cptec.inpe.br](mailto:pnobre@cptec.inpe.br)  
e-mail: [barbara@cptec.inpe.br](mailto:barbara@cptec.inpe.br)  
e-mail: [david@cptec.inpe.br](mailto:david@cptec.inpe.br)  
e-mail: [bottino@cptec.inpe.br](mailto:bottino@cptec.inpe.br)

### **ABSTRACT**

In this work, the annual cycle of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) along the Atlantic Equatorial belt is analysed using meteorological parameters, which according to previous works define the region influenced by the ITCZ, such as: meridional wind, vertical motion, outgoing long wave radiation and wind divergence. All the used parameters represented quite well the ITCZ position in the central portion of the studied region. Significant differences were found in the trade winds confluence to the west of 30°W and to the east of 20°W.

### **RESUMO**

Neste trabalho, analisou-se o comportamento climatológico da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ao longo da faixa equatorial do Oceano Atlântico, considerando os principais parâmetros meteorológicos que, segundo a literatura, definem a região de atuação da ZCIT: a componente meridional do vento, o movimento vertical, a radiação de onda longa e a divergência do vento. Dentre os principais resultados, destacou-se o comportamento diferenciado da região de confluência dos alísios em relação às demais variáveis, a oeste de 30°W e a leste de 20°W, devido à proximidade com o continente. Apenas na região central do Oceano Atlântico, a posição da ZCIT pode ser bem representada por qualquer um destes parâmetros.

### **1. INTRODUÇÃO**

A posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), no Oceano Atlântico Equatorial, é de extrema importância na determinação da qualidade do período chuvoso da região semi-árida do Nordeste. Trabalhos anteriores mostraram o efeito das condições oceânicas e atmosféricas que modulam a variabilidade sazonal da ZCIT e sua relação com a pluviometria sobre o norte do Nordeste do Brasil (Hastenrath e Heller, 1977; Hastenrath, 1984; Moura e Shukla, 1981 e Xavier et al., 2000). A principal característica deste sistema é se posicionar sobre as áreas oceânicas com anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) positivas e anomalias de Pressão ao Nível do Mar (PNM) negativas (Hastenrath, 1991). De maneira geral, em anos secos no norte do Nordeste do Brasil, as águas estão mais aquecidas e a alta subtropical menos intensa no Atlântico Subtropical Norte, simultaneamente com águas mais frias e alta subtropical mais intensa no Atlântico Subtropical Sul. Situação inversa pode ser observada em anos chuvosos. Certamente que outros padrões de escala global podem acentuar condições de seca ou de chuva acima da média sobre o Nordeste do Brasil.

Sobre o Oceano Atlântico, considerando a importância que a posição da ZCIT tem na determinação de anos secos ou chuvosos, tanto na Região Norte e Nordeste do Brasil como em áreas no norte da África, vários estudos têm abordado o aspecto climatológico da ZCIT. O principal parâmetro utilizado tem sido estimativas de sistemas convectivos a partir de imagens de satélite (Uvo, 1989). Outros estudos de estimativa da posição da ZCIT foram elaborados utilizando a informação da reflectância das nuvens (Waliser e Guatier, 1993) e outras variáveis como: a estimativa de precipitação por microondas e a temperatura da superfície do mar (Philander et al., 1996) e a componente meridional do vento à superfície (Xavier et al., 1998).

Atualmente, a determinação da posição média da ZCIT, visando o acompanhamento operacional deste sistema, tem sido estimada através dos mínimos valores de ROL e da temperatura de brilho, através do uso de

imagens de satélite. Neste sentido, baixos valores de radiância e temperatura indicam, em geral, a ocorrência de maior atividade convectiva associada à banda de nebulosidade da ZCIT (Climanálise, 2001).

## 2. METODOLOGIA

Neste trabalho, foram utilizadas climatologias diárias: a) das componentes zonal ( $u$ ) e meridional ( $v$ ) do vento, no nível de 1000 hPa; b) da velocidade vertical ( $\omega$ ), em 500 hPa, calculadas em Nobre et al (2000) e Nobre e Melo (2001), respectivamente. Os dados utilizados foram as reanálises do National Centers for Environmental Prediction (NCEP/EUA) em pontos de grade regular de  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$  para o período de 1980 a 1996. A climatologia diária de Radiação de Onda Longa ( $rol$ ) foi a calculada em Nobre e Melo (2001), a partir das reanálises do NCEP, no período de 1974 a 2000.

A região de máxima convergência do vento à superfície (1000 hPa) foi calculada a partir dos dados  $u$  e  $v$  climatológicos acima mencionados. A expressão  $hdiv$  será utilizada para indicar a região de máxima convergência do vento, ou seja, a região de maior divergência negativa.

Visando minimizar as flutuações diárias associadas aos distúrbios de alta frequência, os dados foram agrupados em conjuntos de 73 pântadas e de 12 meses. O principal recurso para a geração dos dados e das figuras aqui utilizadas foi o aplicativo Grid Analysis and Display System (GrADS).

A partir dos dados pentadais, para cada longitude, foram calculadas as latitudes nas quais os valores de  $rol$ ,  $\omega$ , e  $hdiv$ , são mínimos. Esses valores mínimos dos campos analisados foram determinados procurando as latitudes nas quais a derivada parcial do campo na direção meridional ( $\partial/\partial y$ ) seja igual zero. A região de confluência dos alísios foi obtida considerando a latitude na qual a componente meridional do vento ( $v$ ) é nula na faixa equatorial do Oceano Atlântico, entre  $10^\circ S$  e  $12^\circ N$ . Esta região será indicada pela expressão  $vnulo$ .

Dispondo destes pontos, foram calculados valores de latitudes médios em três faixas compreendidas entre  $40^\circ W$  e  $10^\circ W$  e assim definidas: a) faixa longitudinal  $40-32,5^\circ W$ ; b) faixa longitudinal  $30-22,5^\circ W$  e c) faixa longitudinal  $20-12,5^\circ W$ , mostradas na Figura 1.

Finalmente, foram analisados os principais aspectos que envolvem a variabilidade temporal dos quatro parâmetros acima descritos, desde a longitude  $60^\circ W$  a  $10^\circ E$ .

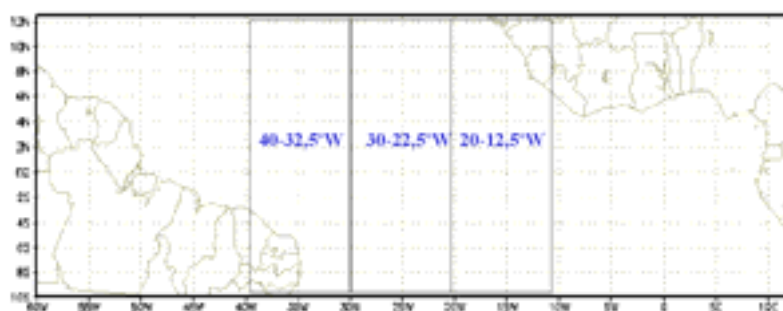


FIGURA 1 - Áreas de estudo dispostas em faixas de longitude no Atlântico Tropical.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As evoluções temporais das latitudes nas quais ocorrem mínimos valores de  $\omega$ ,  $hdiv$ ,  $rol$  e  $vnulo$ , médias nas faixas  $40-32,5^\circ W$ ,  $30-22,5^\circ W$  e  $20-12,5^\circ W$ , são mostradas na Figura 2. Nota-se a sobreposição destas quatro variáveis principalmente na faixa  $30-22,5^\circ W$  (Figura 1b) nos meses em que a ZCIT apresenta maior deslocamento meridional, entre junho e setembro, ou seja, nos meses de transição da ZCIT para posições mais ao norte. Nesta faixa, a correlação entre todas as variáveis é superior a 0.9. É razoável o acoplamento entre as regiões de mínimos valores de  $rol$ , movimento ascendente e máxima convergência do vento nas três faixas longitudinais, considerando que, nestes meses, a ZCIT sofre pouca influência de sistemas meteorológicos transientes que atuam na escala de tempo intrasazonal.

Nos meses de verão e outono, a ZCIT apresenta uma maior variabilidade temporal principalmente entre o movimento vertical no nível de 500 hPa e a região de máxima convergência dos ventos em baixos níveis, provavelmente associada a interação que ocorre entre a ZCIT, os vórtices ciclônicos em altos níveis e os distúrbios ondulatórios de leste sobre o Atlântico Sul, principalmente a oeste de 30°W devido à proximidade com o continente. Em conjunto, estes são três principais sistemas responsáveis pelas chuvas no norte do Brasil neste período do ano. Nas faixas de longitude 40-32,5°W e 20-12,5°W, destaca-se a grande dispersão entre a região de confluência dos ventos em relação a *omega*, *rol* e *hdiv*. Na faixa 40-32,5°W, os ventos confluem ao sul da região de maior atividade convectiva, maior convergência de massa e maior movimento ascendente (Figura 1a). O inverso ocorre para a faixa 20-12,5°W, quando os ventos confluem preferencialmente ao norte destas variáveis (Figura 1c).

Considerando a climatologia apresentada na Figura 2, pode-se inferir que a posição mais ao sul atingida pela ZCIT, na faixa longitudinal 40-32,5°W, ou seja, próximo ao litoral do Nordeste, ocorre nos meses de março e abril, com a confluência dos ventos em torno de 7°S e 6°S; a região de maior movimento ascendente entre 4°S e 2°S; a região de mínimos valores de *rol* entre 3°S e o Equador; e a região de máxima convergência de massa entre o 1°S e o Equador. Nas demais faixas, a ZCIT apresenta-se ao norte destas posições, concordando com a inclinação climatológica sudoeste-nordeste que este sistema apresenta no decorrer dos meses mais chuvosos para o norte do Brasil. Estes resultados concordam com trabalhos anteriores que versam sobre as posições mais ao sul da ZCIT nos meses de outono no Hemisfério Sul (Uvo, 1989), porém, com maior precisão na estimativa das regiões onde se desenvolve a maior atividade convectiva associada à ZCIT no que se refere às variáveis que a compõem. Utilizando dados de reflectância de satélite, Waliser et al (1993) verificaram que a ZCIT se posiciona mais ao sul no mês de março e mais ao norte no mês de setembro, considerando a faixa 10-40°W, e destacaram a defasagem entre a ZCIT e o ciclo solar nesta região do oceano. Este resultado, concorda com o posicionamento médio das variáveis aqui estudadas, para as três faixas de longitude.

#### 4. CONCLUSÕES

A correlação entre as variáveis utilizadas para identificar a ZCIT é alta na região central do Oceano Atlântico, principalmente durante a migração da ZCIT para posições mais ao norte, entre junho e setembro. Já nos meses de verão e outono, nas faixas 40-32,5°W e 20-12,5°W, a ZCIT apresenta uma maior diferença entre o movimento vertical, no nível de 500 hPa, e a região de máxima convergência dos ventos em baixos níveis. Nestes meses, a ZCIT atua em conjunto com vórtices ciclônicos em altos níveis e distúrbios ondulatórios de leste sobre o Atlântico Sul, que são os principais sistemas responsáveis pelas chuvas no norte do Brasil, dificultando a sua localização. Ressalta-se, contudo, a grande dispersão entre a região de confluência dos ventos em relação às demais variáveis aqui estudadas.

Próximo ao litoral do Nordeste, a posição mais ao sul atingida pela ZCIT ocorre nos meses de março e abril, confirmando os resultados de Uvo (1989). Nas demais faixas, a ZCIT apresenta-se mais ao norte, concordando com a inclinação climatológica sudoeste-nordeste que este sistema apresenta no decorrer dos meses mais chuvosos para o norte do Brasil.

A ZCIT apresenta um comportamento mais zonal entre julho e setembro sobre o Oceano Atlântico Tropical Norte, quando atinge sua posição mais ao norte. Em novembro e dezembro, a ZCIT inicia seu deslocamento para o Hemisfério Sul.

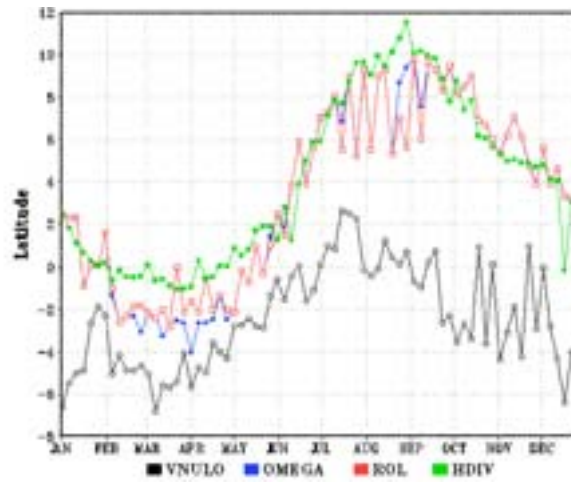
Finalmente, conclui-se que a ZCIT pode ser melhor monitorada através da região de maior atividade convectiva e região de maior movimento ascendente. Já a região de confluência dos ventos alísios pode ser pouco representativa da posição média da ZCIT, em particular próximo às regiões continentais.

#### 5. AGRADECIMENTOS

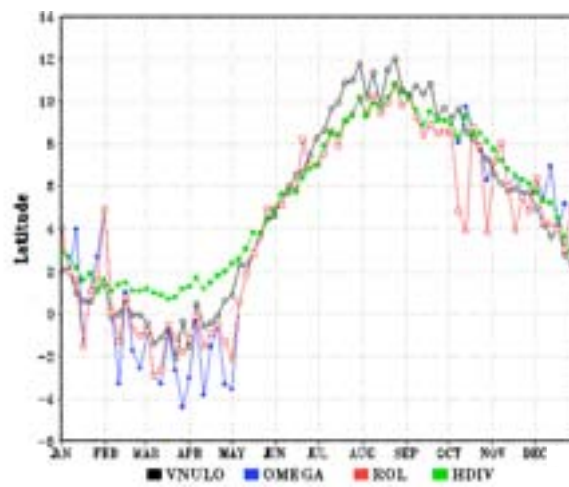
Os autores agradecem a Hélio Camargo Júnior pela sua contribuição na revisão final do artigo e ao CPTEC pelos recursos computacionais e séries de dados disponibilizados. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq através de bolsa PCI do segundo autor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

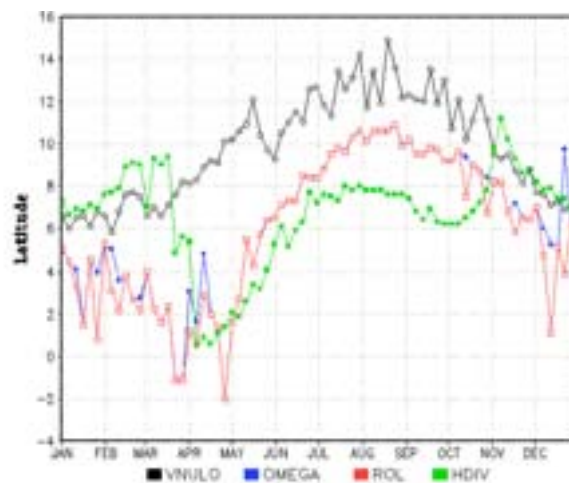
- Climanálise, 2001: Boletim de Monitoramento e Análise Climática. Centro de previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), Cachoeira Paulista-SP, **16** (12).
- Hastenrath, S., 1984: Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 1097-1107.
- Hastenrath, S., e L. Heller, 1977: Dynamics of climatic hazards in north-east Brazil. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, **110**, 411-425.
- Hastenrath, S., 1991: *Climate Dynamics of tropics*. Kluwer, Dordrecht. 488 p
- Moura, A. D., e J. Shukla, 1981: On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, **38**, 2653-2675.
- Nobre, P., A. B. C. de Melo, e P. C. Bezerra, 2000: Oscilações intrasazonais nos Trópicos e variações pluviométricas sobre o Nordeste do Brasil em 1999. *XI Congresso Brasileiro de Meteorologia*, SBMET, Rio de Janeiro, **1**, 1135-1141.
- Nobre, P., A. B. C. de Melo, 2001: Variabilidade climática Intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. *Climanálise*, **16** (12), 42-54.
- Philander, S.G.H., D. Gu, D. Halpern, G. Lambert, N.C. Lau, T. Li e R. C. Pacanowski, 1996: Why the ITCZ is mostly north of the Equator. *Journal of Climate*, **9**, 2958-2972.
- Uvo, C. B., 1989: A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte do Nordeste brasileiro. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE. São José dos Campos-SP, 88 p.
- Xavier, T. M. B. S., A. F. S. Xavier, P. L. S. Dias, e M. A. F. S. Dias, 1998: O papel da componente meridional do vento na costa do Nordeste e outras variáveis para prever a chuva no Estado do Ceará (1964-97). *R.B. R. Hídricos*, **3**, 121-139.
- Xavier, T. M. B. S., A. F. S. Xavier, P. L. S. Dias, e M. A. F. S. Dias, 2000: A Zona de Convergência Intertropical e suas relações com a chuva do Ceará (1964-98). *R.B. Met.*, **15**, 27-43.
- Waliser, E. W., e C. Gautier, 1993: A Satellite-derived Climatology of the ITCZ. *Journal of Climate*, **6**, 2162-2174.



(a)



(b)



(c)

FIGURA 2 - Evolução climatológica da ZCIT em três faixas de longitude no Atlântico Tropical: entre 40-32,5°W (a); 30-22,5°W (b) e 20-12,5°W (c), considerando a componente meridional do vento nula (linha preta), omega em 500 hPa (linha azul), radiação de onda longa (linha vermelha) e convergência do vento em 1000 hPa (linha verde).