



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



CARACTERIZAÇÃO DA BANDA DUPLA DA ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL (ZCIT): IDENTIFICAÇÃO E ELABORAÇÃO DE MÉTODO OBJETIVO DE DETECÇÃO

**RELATÓRIO DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/INPE/CNPq)**

Thales Alves Teodoro (Unifei, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: thales.teo@hotmail.com

Dr. Gustavo Carlos Juan Escobar (CPTEC/INPE, Orientador)
E-mail: gustavo.escobar@inpe.br

COLABORADORES

Dra. Michelle Simões Reboita (IRN/Unifei)

Julho de 2017

Resumo do plano de trabalho inicial: A ZCIT pode ser definida como uma extensa região de convergência dos ventos alísios de nordeste, oriundos da alta pressão do Hemisfério Norte (HN), e dos ventos alísios de sudeste, provenientes da alta subtropical do Hemisfério Sul (HS). Existem diferentes variáveis meteorológicas para identificar a ZCIT, como por exemplo, linhas de corrente em superfície, convergência de massa e umidade na camada limite planetária, radiação de onda longa, água precipitável, velocidade vertical na troposfera média, temperatura da superfície do mar entre outras.

A ZCIT atua na transferência de calor e umidade dos níveis inferiores da atmosfera das regiões tropicais para os níveis superiores da troposfera e para médias e altas latitudes. Esse é o sistema meteorológico localizado no ramo ascendente da célula de Hadley, sendo considerado o mais importante gerador de precipitação sobre a região equatorial. É responsável pela precipitação sobre as áreas costeiras da Amazônia e do norte do Nordeste brasileiro (NEB). Possui como característica, movimentos ascendentes, baixas pressões, uma banda de nebulosidade e chuvas no sentido leste-oeste aproximadamente Krishnamurti et al., 2013.

Este sistema migra sazonalmente, com localização mais ao norte (em torno de 10°N - 14°N) durante agosto e setembro e posicionando-se mais ao sul (em torno de 2°S - 4°S) durante março e abril. Em algumas ocasiões a ZCIT também apresenta uma segunda banda convectiva (banda dupla). A porção leste do oceano Pacífico apresenta uma banda dupla a partir do final de fevereiro e durante março (Zhang, 2001).

No oceano Atlântico tropical a presença de uma banda dupla da ZCIT é observada entre os meses de fevereiro e abril. A banda secundária localiza-se aproximadamente entre o Estado do Rio Grande do Norte (RN) e litoral do Ceará (CE) provocando chuvas volumosas que propicia diferentes impactos sobre a população nordestina. Segundo Uvo a formação da banda dupla está estreitamente relacionada com anos chuvosos no NEB, principalmente no setor norte desta região.

Na maioria dos centros operacionais de previsão de tempo, a banda dupla do Atlântico é considerada como banda única. Porém, como foi mencionado anteriormente, a banda dupla afeta significativamente o norte do NEB. Desse modo, o presente trabalho tem por objetivo analisar as principais variáveis meteorológicas que permitam identificar a banda dupla da ZCIT, principalmente no oceano Atlântico tropical.

O bolsista começará analisando manualmente as cartas sinóticas de superfície e altitude da base de dados do CPTEC/INPE. A partir desta análise, o aluno poderá identificar a ZCIT. A seguir, será feita uma análise estatística sobre a ZCIT, analisando a variabilidade sazonal e fazendo ênfase no posicionamento das bandas duplas.

Uma vez realizada esta análise estatística o aluno selecionará as principais variáveis meteorológicas capazes de identificar a banda dupla da ZCIT, de modo a realizar uma classificação sinótica da ZCIT através de compostos de casos. Para a análise das principais variáveis meteorológicas serão utilizados os dados provenientes da reanálise do NCEP/NCAR (*National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research*).

Espera-se obter uma climatologia da ZCIT, considerando sua variabilidade ao longo do ano e pretende-se também identificar a banda dupla mediante a utilização de determinadas variáveis meteorológicas. O intuito final deste trabalho é obter um critério simples e objetivo de detecção da ZCIT, incluindo as suas bandas duplas, e que possa ser implementado operacionalmente no Grupo de Previsão de Tempo (GPT) do CPTEC.

Palavras-chave: Banda dupla, climatologia, variáveis meteorológicas, ZCIT.

Resumo do que foi realizado até o momento: Neste trabalho iniciado em janeiro de 2017, foram realizadas análises de forma manual das cartas sinóticas de superfície da base de dados do CPTEC /INPE. As cartas analisadas foram as dos anos entre 2010 e 2015, e teve como proposta a identificação de casos em que o GPT definiu bandas duplas de nebulosidade no oceano Atlântico. A partir desta identificação, foi realizada uma análise do posicionamento das bandas duplas da ZCIT no Atlântico. O tempo de permanência em que a ZCIT apresentou duas bandas de nebulosidade também foi avaliado. Foram calculados alguns campos meteorológicos para os dias de banda dupla, a saber: água precipitável, umidade relativa média entre os níveis de 850 e 700 hPa, precipitação diária, divergência em 250 hPa, magnitude do vento, linhas de corrente e velocidade vertical. Estes campos foram calculados a fim de se obter as características das bandas duplas da ZCIT.

Palavras-chave: Banda dupla, cartas sinóticas, oceano Atlântico, ZCIT.

1. INTRODUÇÃO

A ZCIT é um sistema meteorológico que exerce grande influência sobre a precipitação da região equatorial dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, assim como nas áreas continentais adjacentes. A formação da ZCIT se dá na faixa equatorial, faixa esta caracterizada por ser a região de encontro dos ventos alísios de nordeste, oriundos do anticiclone subtropical do Hemisfério Norte (ASAN), e dos ventos alísios procedentes do anticiclone subtropical do Hemisfério Sul (ASAS).

A posição da ZCIT varia ao longo do ano, em anos considerados normais a ZCIT posiciona-se em torno de até 14°N entre agosto e setembro. Durante março e abril a ZCIT atinge sua posição mais ao sul (em torno de 2°S). A variação sazonal do posicionamento da ZCIT se deve ao fortalecimento ou enfraquecimento dos alísios de nordeste e sudeste.

A Zona de Máxima Temperatura da Superfície do Mar (TSM), a Zona de Confluência dos Alísios (ZCA), a Zona do Cavado Equatorial, a Zona da Banda de Máxima Cobertura de Nuvens Convectivas são algumas das variáveis meteorológicas inseridas na faixa equatorial que são comumente utilizadas para localizar o posicionamento médio da ZCIT. Estas variáveis interagem na faixa equatorial, porém não se apresentam, obrigatoriamente ao mesmo tempo, sobre uma mesma latitude.

Em 1977 Hastenrath e Lamb mostraram que no verão austral a ZCA posiciona-se sobre a região do cavado equatorial, e a área de máxima cobertura de nuvens e convergência de massa relacionada à ZCIT apresenta-se ao norte da ZCA. Melo et al. (2000) mostrou que a ZCA se posiciona na região de mínimos valores de Radiação de Onda Longa (ROL). Os estados do Maranhão (norte e centro), Piauí (norte e centro), Ceará, Rio Grande do Norte, sertões da Paraíba e Pernambuco são os estados do NEB que mais recebem influência da ZCIT.

Tanto no Oceano Pacífico quanto no Oceano Atlântico, nota-se que em alguns dias do ano ocorre à formação de uma segunda banda de nebulosidade associadas à ZCIT, que pode ser vista por imagens de satélite no canal do infravermelho.

De acordo com o trabalho de Uvo (1989), a formação de banda dupla da ZCIT no Atlântico está inteiramente relacionada com anos chuvosos no NEB. A formação de banda dupla da ZCIT é observada normalmente entre os meses de fevereiro a abril. Nessa época do ano ocorre um aumento das chuvas, principalmente no norte do NEB.

Apesar de a banda dupla afetar diretamente a qualidade da estação chuvosa, principalmente, no setor norte do NEB, a sua formação ainda não é completamente entendida. Dessa forma, o objetivo principal deste estudo é determinar um critério prático e objetivo para identificar a banda dupla da ZCIT, e que possa ser implementado no ambiente operacional do GPT do CPTEC/ INPE. Além disso, objetiva-se também obter uma climatologia do posicionamento da banda dupla ZCIT no oceano Atlântico.

2. DADOS UTILIZADOS

Para as análises contidas neste trabalho, foram utilizados dados do período de 2010 a 2015. Os dados foram obtidos do *European Center for Medium-term Meteorological Forecast* (ECMWF). Esses dados possuem resolução horizontal de $0,75^\circ \times 0,75^\circ$ de latitude por longitude. As variáveis obtidas foram: componente zonal e meridional do vento nos níveis de 925 e 250 hPa, umidade relativa nos níveis de 850 e 700 hPa, velocidade vertical em 500 hPa e água precipitável. A precipitação diária em ponto de grade de $1,0^\circ \times 1,0^\circ$ de latitude por longitude, pertencente ao conjunto de dados do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP) também foi utilizada. Além desses dados, foi obtida a temperatura de brilho do topo das nuvens no canal infravermelho do *The National Climatic Data Center* (NCDC) – *Gridded Satellite Data* com resolução horizontal de $0,07^\circ \times 0,07^\circ$ de latitude por longitude.

3. METODOLOGIA

A identificação de casos em que a ZCIT apresentou duas bandas de nebulosidade no período de 2010 a 2015 foi feita através da análise visual das cartas sinóticas de superfície do CPTEC/INPE. A ZCIT é registrada nas cartas sinóticas pelo GPT do CPTEC com base na análise de imagens de satélite e em campos meteorológicos de água precipitável, umidade relativa na camada 850/700 hPa, convergência de umidade na camada limite planetária, linha de corrente em 925 hPa, omega em 700 hPa e 500 hPa e precipitação convectiva. As informações referentes à data, posição latitudinal e tempo de permanência das bandas duplas foram registradas numa planilha.

Neste estudo, as bandas de nebulosidade associadas à ZCIT foram separadas em dois conjuntos: bandas boreais e bandas austrais. Uma análise estatística da variabilidade sazonal, fazendo ênfase no posicionamento das bandas duplas do Atlântico foi realizada.

Foram geradas imagens de satélite no canal infravermelho pelo software *Grid Analysis and Display System* (GrADS) para dar suporte na análise do posicionamento das bandas duplas. As posições latitudinais dessas bandas foram analisadas nas longitudes 40° W e 25° W. Em seguida, o GrADS também foi utilizado para a obtenção dos campos meteorológicos nos dias em que a ZCIT apresentou banda dupla. Os campos calculados foram os seguintes: água precipitável + omega; linhas de corrente em 925 hPa + umidade relativa média entre 850 e 700 hPa; precipitação diária + intensidade do vento em 925 hPa; divergência de massa em 250 hPa + linhas de corrente em 250 hPa.

4. RESULTADOS PARCIAIS

4.1. Climatologia da Banda dupla da ZCIT no período de estudo

Entre 2010 e 2015 foi identificado 45 ocorrências de banda dupla da ZCIT no Oceano Atlântico. Climatologicamente as ocorrências de banda dupla no período analisado se deram entre os meses de janeiro a maio. O mês preferencial para aparecimento de banda dupla foi o mês abril (18 casos no período analisado). O mês de janeiro foi aquele em que se observaram menos casos de aparecimento de banda dupla (2 casos no período analisado).

A posição média mensal das bandas duplas da ZCIT nas longitudes 40° W e 25° W podem ser vista na Figura 1. Na tabela 1, correspondente ao tempo médio mensal de permanência das bandas duplas, nota-se que as ocorrências de banda dupla dos meses de outono foram mais duradouras das que ocorreram durante o verão.

A máxima posição latitudinal ao norte que a banda boreal de nebulosidade associada à banda dupla da ZCIT atingiu, foi 7,5° norte. Já, a máxima posição latitudinal ao sul que a banda austral atingiu foi 4,5° sul.

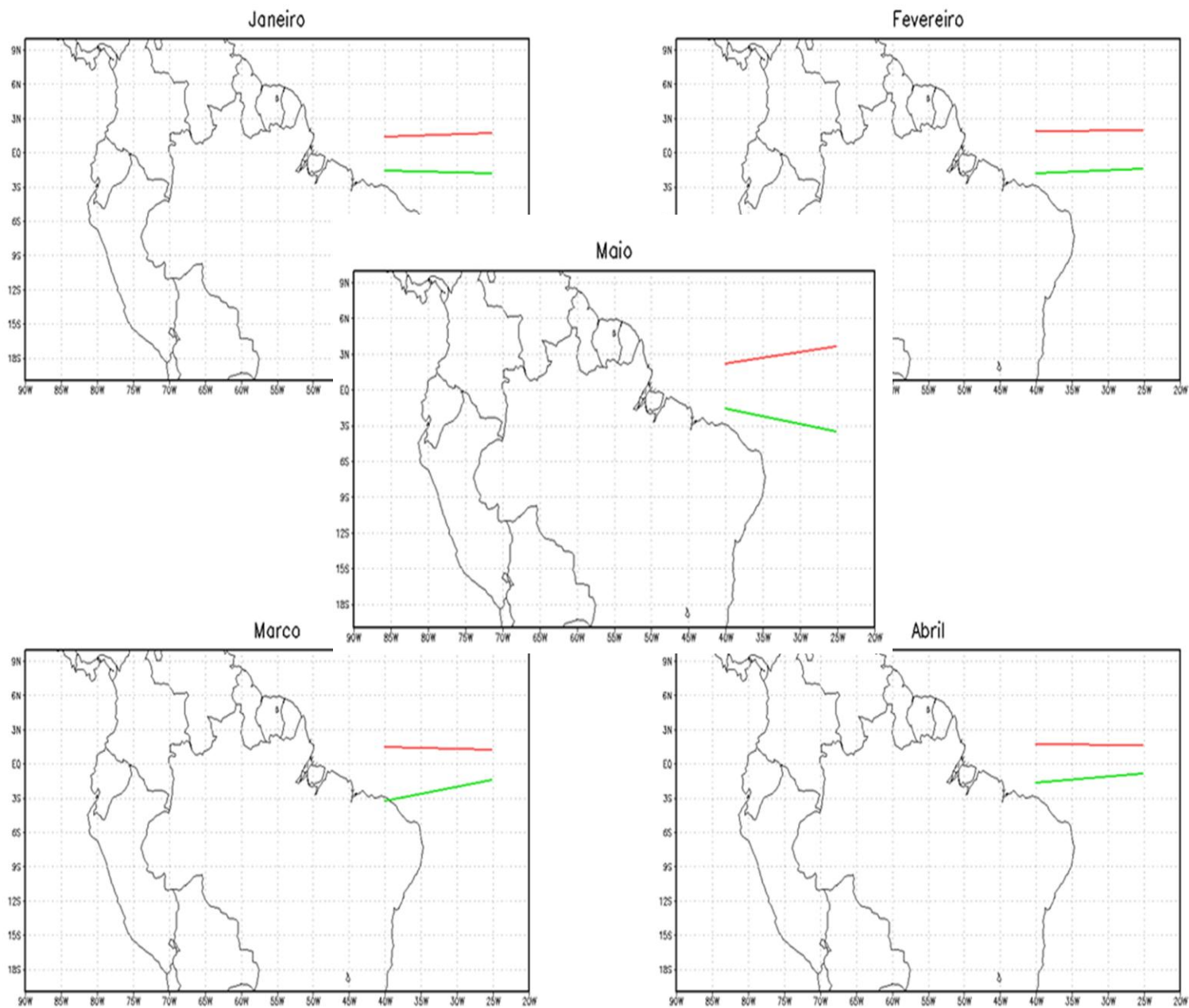


Figura 1 – Posição média mensal latitudinal das bandas boreal (vermelho) e austral (verde) da ZCIT nas longitudes 40°W e 25°W.

Tabela 1 – Tempo médio mensal de permanência (em horas) da banda dupla da ZCIT no Oceano Atlântico entre 2010 a 2015.

Jan	81 h
Fev	82,7 h
Mar	171 h
Abr	128,4 h
Mai	58,8 h

4.2. Identificação da banda dupla da ZCIT por campos meteorológicos

A figura 2 apresenta as imagens de satélite para dois dias que foram caracterizados como dia de banda dupla. Por esta figura, é possível notar que nesses dois dias, duas bandas de nebulosidade estão posicionadas entre à costa norte e nordeste brasileiro.

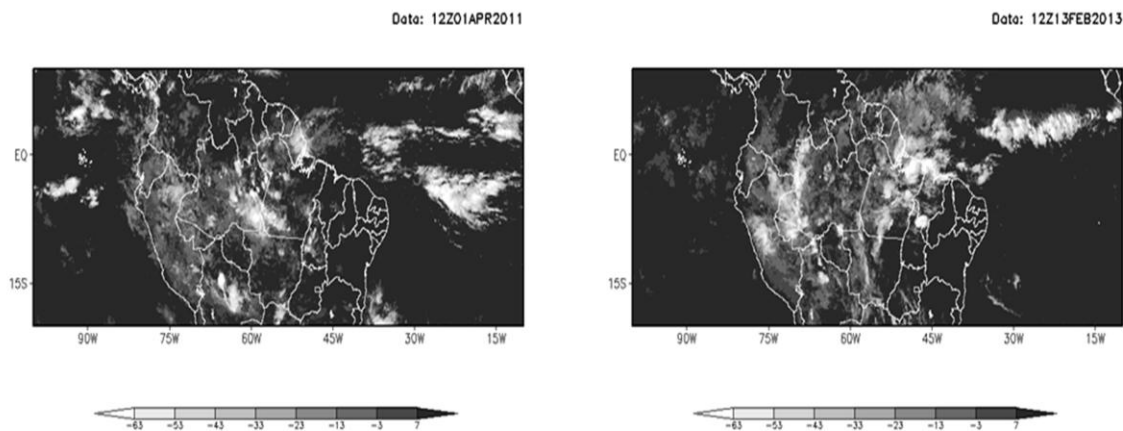


Figura 2 – Temperatura de brilho ($^{\circ}\text{C}$, tons de cinza); ilustrando a banda dupla da ZCIT em 01/04/2011, às 12 UTC (esquerda) e no dia 13/02/2013, às 12 UTC (direita).

Ao gerar os campos meteorológicos que melhor definem a ZCIT, foi possível identificar casos em que a ZCIT apresentou duas bandas de nebulosidade no Atlântico. As figuras 3 e 4 apresentam os campos meteorológicos calculados para o dia 01/04/2011, às 12 UTC e 13/02/2013, às 12 UTC, respectivamente (mesmos dias das imagens de satélite da figura 2). Esses campos conseguiram representar bem os aspectos meteorológicos relacionados à banda dupla da ZCIT.

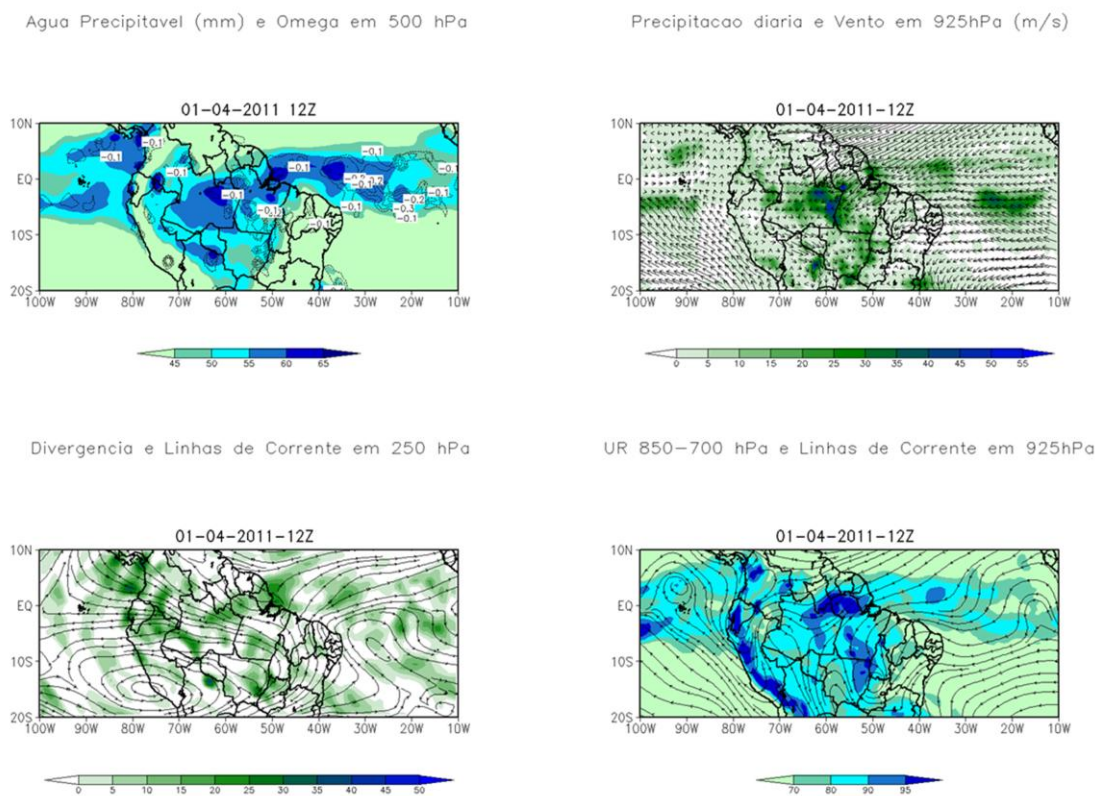
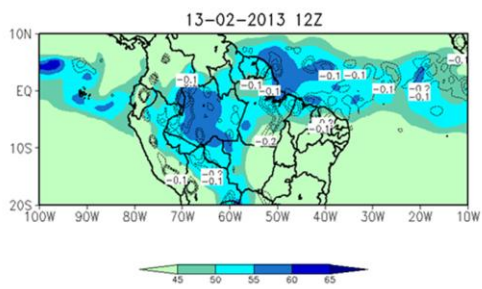
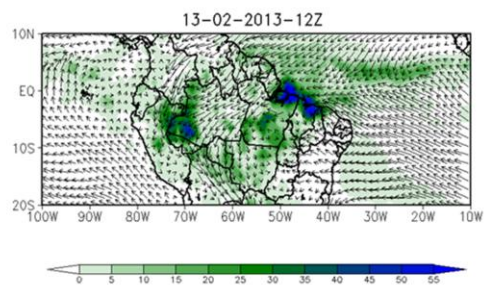


Figura 3 – Campos meteorológicos de identificação da banda dupla da ZCIT para o dia 01/04/2011 às 12 UTC.

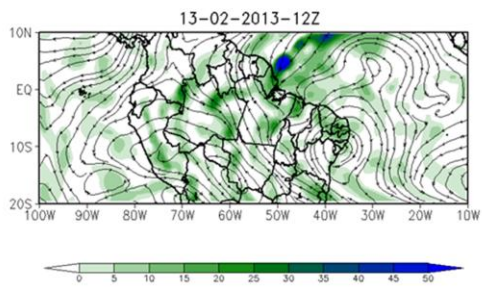
Água Precipitável (mm) e Omega em 500 hPa



Precipitação diária e Vento em 925hPa (m/s)



Divergência e Linhas de Corrente em 250 hPa



UR 850–700 hPa e Linhas de Corrente em 925hPa

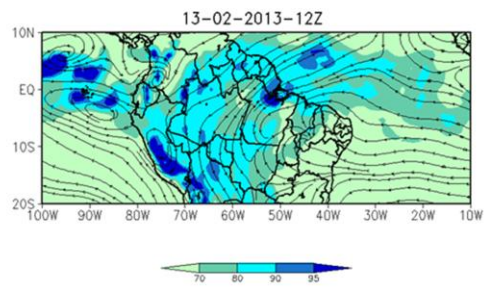


Figura 4 – Campos meteorológicos de identificação da banda dupla da ZCIT para o dia 13/02/2013, às 12 UTC.

5. CONCLUSÕES PARCIAIS

Nessa primeira etapa do trabalho, foi possível estabelecer uma climatologia das bandas duplas. Também foi possível identificar as ocorrências de banda dupla por campos meteorológicos calculados no GrADS. Objetiva-se, agora, obter as características médias da banda dupla através da composição de vários casos. Incluiremos em nosso estudo uma análise do comportamento da TSM e da intensidade do vento na região de formação da banda dupla. O intuito final deste trabalho é desenvolver um critério que consiga detectar a formação de bandas duplas da ZCIT.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HASTENRATH, S., HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. Q. Jour Roy. Meteor. Soc., 103, p.77-92, 1977.

KRISHNAMURTI, T.N.; STEFANOVA, L.; MISRA, V. **Tropical Meteorology - An Introduction**, Springer, New York, 2013.

MELO, A. B. C; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. 2.1 – **Aspectos meteorológicos característicos da ZCIT**. 2.2 – **Variabilidade interanual**. In: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva (Org.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 26-34.

P. Nobre, M. L. D. de Melo, S. C. Santana .2000. Estudo Climatológico da Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial e sua Influência sobre o Nordeste Brasil. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro.

PENNA, C. et al. Estudo das Características da Banda Dupla da ZCIT no Oceano Atlântico. In: **VIII Seminário de Recursos Naturais (SEMENAR)**, Universidade Federal de Itajubá, 2013.

UVO, C. B. *A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da região Norte do Nordeste Brasileiro*. Dissertação de mestrado em Meteorologia, INPE, 1989.

ZHANG, C. Double ITCZs. J. Geophys. Res., 106, 11,785-11,792, 2001.