Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

ESTUDO DE CASO : EVENTO EXTREMO NO ESTADO DO CEARÁ ENTRE OS DIAS 03 E 04 DE JANEIRO DE 2015

COUTINHO, Maytê Duarte Leal – mayte.coutinho@funceme.br
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos / FUNCEME

COSTA, Micejane da Silva - micejane@gmail.com
Universidade Federal do Rio Grande do Norte / UFRN

GOMES, Ana Carla dos Santos - anacarla02@gmail.com
Universidade Federal do Oeste do Pará/ UFOPA

MORAIS, Michelyne Duarte Coutinho de - michelyne_duarte@yahoo.com.br
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE

JACINTO, Leandro Valente– leandro.jacinto@funceme.br
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos / FUNCEME

LIMA, Kellen Carla – kellencarla@gmail.com
Universidade Federal do Rio Grande do Norte / UFRN

SAKAMOTO, Meiry Sayuri - meiry@funceme.br
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos / FUNCEME

RESUMO: Este estudo tem o intuito de avaliar um evento extremo ocorrido no estado do Ceará. Grandes transtornos à sociedade foram causados, como deslizamentos de terras, inundações, alagamentos, entre outras perdas materiais. O evento consistiu em dois sistemas atuando simultaneamente, um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) e uma Ondas de Leste, sendo que o segundo atuou em um mês atípico, caracterizando uma ocasião rara. Segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), nos dias que ocorreu o evento, a chuva na região metropolitana superou a média história do mês, chegando a 148 mm. Desta forma, é importante obter uma previsão mais precisa evitando maiores transtornos à sociedade. Sabe-se que de maneira geral, modelos regionais ou globais apresentam deficiência em simular a variável precipitação. Esta dificuldade geralmente está associada as parametrizações dos modelos e também aos processos físicos e dinâmicos, uma vez que, a variável precipitação não é contínua no tempo e no espaço. No entanto, para as variáveis de vento (u, v) e umidade específica (q) que são variáveis necessárias para o cálculo da convergência de umidade, os modelos conseguem ter um melhor desempenho. Assim, com intuito de estudar os possíveis sistemas meteorológicos, realizou-se simulações numéricas utilizando três diferentes conjuntos de dados: Climate Prediction Centre (CPC), Reanálise do National Center for Enviromental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) e Regional Atmospheric Modeling System (RAMS). Os principais resultados mostraram que a partir das simulações do RAMS, percebeu-se núcleos de convergência de umidade associadas a chuvas intensas no Ceará. Indicando ser uma opção interessante para suporte na previsão do tempo.

Palavras- chaves: Eventos extremos, Precipitação, Convergência de umidade, Previsão do tempo.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

CASE STUDY: EXTREME EVENT IN THE STATE OF CEARÁ BETWEEN THE DAYS 03 AND 04 OF JANUARY 2015

ABSTRACT: This study aims to evaluate an extreme event occurred in the state of Ceará. Major disruptions to society were caused, such as landslides, floods, flooding, and other material losses. The event consisted of two systems acting simultaneously a Cyclonic of High Levels Vortex (CHLV) and the easterly waves, and the second appeared in an atypical month, featuring a rare occasion. According to the Foundation Cearense for Meteorology and Water Management (Funceme), the day the event occurred, the rain in the metropolitan area surpassed the average story of the month, which reached 148 mm. Thus, it is important to get a more accurate forecast avoid major inconveniences to society. It is known that in general, regional or global models are deficient in simulating variable rainfall. This difficulty is normally associated with the parameterizations of the models and also the physical and dynamic processes, since the variable precipitation is not continuous in time and space. However, for wind variables (u, v) and specific humidity (q) which are variables necessary for calculating the moisture convergence, the models can have better performance. Thus, in order to study the possible weather systems, was performed numerical simulations using three different sets of data: Climate Prediction Centre (CPC), the National Center Reanalysis for Enviromental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) and Regional atmospheric Modeling System (RAMS). The main results showed that starting the RAMS simulations, it was noticed moisture convergence of nuclei associated with heavy rains in Ceará. Indicating be an interesting option for the weather forecast in support.

Keys- words: Extreme events, precipitation, moisture convergence, weather forecast.

1.INTRODUÇÃO

A região do Nordeste do Brasil (NEB) está situada na zona tropical, entre 35° e 47°W de longitude e de 1° e 18°S de latitude. Essa região é caracterizada por três diferentes climas: clima equatorial úmido, clima litorâneo úmido e clima tropical semi-árido (Menegheti, 2009). Do ponto de vista climático, o NEB é considerado semi-árido por apresentar substanciais variações temporal e espacial da precipitação pluviométrica, e elevadas temperaturas ao longo do ano (Molion e Bernardo 2002).

Segundo Uvo e Berndtsson (1996), cinco mecanismos que controlam o regime de chuva no NEB: i. Eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); ii. Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); iii. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico, iv. Frentes Frias, e v. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Além desses mecanismos destacam-se ainda, a atuação das linhas de Instabilidade (LI), das Perturbações Ondulatórias dos Alísios (POA), das Ondas de Leste (OL), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) (Ayoade, 2007), e do efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação.

No estado do Ceará, o mês de Janeiro em questão, é considerado o mês da pré-estação chuvosa no estado, e entre os diferentes sistemas atmosféricos que afetam a distribuição e a intensidade das precipitações na região NEB está o VCAN. Nos verões de El Niño, os vórtices apresentam uma maior extensão vertical do que nos verões de La Niña, quando ficam mais confinados nos altos níveis (Ramirez, 1997; Mishra et al., 2001; Coutinho et al., 2010).

No que diz respeito a evento extremo, define-se como uma anomalia ou desvio de comportamento de um padrão médio ou habitual. Os eventos de

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

origem climática/meteorológica respondem por mais 85% dos eventos extremos do planeta (Sant'anna Neto, 2005).

Segundo Marengo (2005) um evento extremo pode ocorrer em forma de enchente, seca prolongada, ondas de calor, tufões e tornados. Em uma escala temporal, estes eventos podem variar desde dias à milênios. Entretanto, as atividades humanas, os eventos relacionados à meteorologia (escala temporal curta) e ao clima (escala temporal média), devido os seus fortes impactos, configuram-se os mais importantes.

Assim, com intuito de analisar o evento extremo ocorrido entre os dias 03 e 04 de janeiro de 2015 no estado do Ceará, o presente estudo será dividido em duas partes: i. análise observacional baseada em imagens de satélite e dados observados de precipitação e ii. simulação numérica do evento.

2. DADOS E METODOLOGIA

2.1 REGIÃO DE ESTUDO

O estado do Ceará (CE) situa-se no norte do NEB (Figura 1) e apresenta clima predominantemente semi-árido. Em pelo menos oito meses do ano, chove pouco, dependendo da localidade. As precipitações podem variar de menos de 500 mm/ano, em algumas áreas do Sertão do Inhamuns, a mais de 1.400/ano, no litoral de Fortaleza, a valores em torno de 1.000 mm/ano, na Chapada do Araripe, e a mais de 1.800 mm/ano em áreas da Serra da Ibiapaba (Coutinho et al, 2010). Devido à grande variabilidade espacial da precipitação, vários são os sistemas meteorológicos atuantes na produção de chuvas no Estado, os principais são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Ondas de Leste, Vórtice Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e sistemas de mesoescala, como linhas de instabilidade e complexos convectivos de mesoescala (CCM).

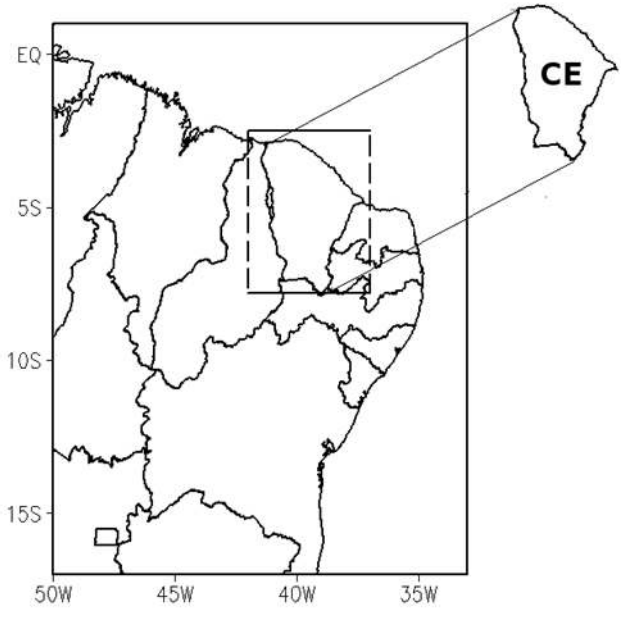

Figura 1 - Ilustração do NEB, destacando o estado do CE, área de estudo.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

2.2 DADOS

Durante o evento, a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) executou um plano emergencial de plantão para monitoramento dos sistemas meteorológicos e, portanto, muitas das informações foram cedidas.

Na primeira parte deste estudo, foram selecionadas imagens do satélite GOES cedidos pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE no canal infravermelho realçado e do vapor d'água para melhor analisar a temperatura do topo das nuvens e estimar o teor do vapor d'água.

Na segunda parte, utilizaram-se Reanálises do National Center for Enviromental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR), com resolução de 2.5° de longitude x 2.5° de latitude nos quatro horários sinóticos: 00, 06, 12, 18 UTC. Com estes dados, elaborou-se campos de linhas de corrente e vorticidade relativa em 200 hPa para identificar o VCAN, como também linhas de corrente em 700 hPa para identificação das OL. Outros dados utilizados foram a estimativa de precipitação do Climate Prediction Centre (CPC) Unified Gauge-Based Analysis of Global Daily Precipitation com resolução de 0.5° de longitude x 0.5° de latitude, no intuito de identificar áreas com núcleos de precipitação associado a forte convergência de umidade, comparando com as imagens de satélite selecionadas anteriormente. Para isso, avaliou-se o Fluxo de umidade integrado verticalmente (FUIV) a partir das saídas do Regional Atmospheric Modeling System (RAMS), desenvolvido na Colorado State University, e o Regional Spectral Model (RSM), desenvolvido pelo NCEP-National Center for Environmental Prediction. Alimentado pelo o Modelo Global Forecast System (GFS). O RAMS possui resolução de 0.5° de longitude x 0.5° de latitude, neste estudo, utilizaram-se dois horarios: 00 e 12 UTC. As variáveis meteorológicas utilizadas foram: umidade específica, vento meridional e zonal, pressão nos níveis padrões entre 1000 e 300 hPa.

2.3 METODOLOGIA

CONVERGÊNCIA DE UMIDADE

Fluxos de umidade integrados verticalmente para a região do NEB foram calculados desde a superfície até 300 hPa. A integração vertical do fluxo de umidade, foi realizada com base na metodologia de Rao et al., (1998), uma vez que, esta formulação tem sido utilizada com sucesso em vários estudos (Lima et al., 2010; Satyamurty et al., 2013; Coutinho et al., 2013; Coutinho et al., 2016). Dado pelas seguintes equações:

$$Q_v = \frac{1}{g}\int_{p_t}^{p_o} \mathrm{qvdp} \quad (1)$$

$$Q_u = \frac{1}{g}\int_{p_t}^{p_o} \mathrm{qudp} \quad (2)$$

Em que Q_v e Q_u representam o fluxo de umidade meridional e zonal, g é aceleração devido à gravidade, q é a umidade específica, u e v são as componentes do vento meridional e zonal e P_t representa a pressão na parte superior do domínio de integração (300 hPa) e P_0 é a pressão à superfície (hPa). A unidade desses fluxos é em *kg/s.*

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

3. RESULTADOS

3.1 MUNÍCIPIOS COM CHUVA

Conforme mostra a Figura 2, observa-se a distribuição espacial da precipitação nos dias 03 e 04 de janeiro de 2015 e também os dez maiores registros de chuva. No dia 03, os maiores registros de precipitação foi observado na região de Icapuí (Região Jaguaribana) com 68 mm e Fortaleza com 67 mm (litoral de Fortaleza). Nos outros municípios, ficam abaixo de 62 mm, apresentando menor valor em Maranguape (litoral de Fortaleza), em torno de, 39 mm.

Enquanto no dia 04 a precipitação foi mais intensa, principalmente na faixa litorânea com registro de 132 mm em Fortaleza, seguido de 115 mm em Berberibe (Litoral de Fortaleza) e menor registro de chuva em Aracoiaba (Maciço de Baturité) de 70 mm.

O evento responsável por estas chuvas foram provocadas pela combinação de dois sistemas meteorológicos: o primeiro, um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), típico da pré-estação chuvosa, cuja atuação no NEB, trouxe algumas chuvas isoladas ao Ceará; o segundo sistema são as chamadas Ondas de leste (OL), que atuam mais comumente nos meses de junho e julho, mas responsável pela intensificação das precipitações, principalmente na Região Metropolitana de Fortaleza.

A chuva em Fortaleza superou a média história para o mês de janeiro, que atingiu 132 mm. Mas que eram esperados 122 mm até o fim do mês, segundo dados da FUNCEME. Outras 29 cidades cearenses de regiões como o Cariri, Inhamuns e Ibiapaba, também tiveram precipitação acima da média.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

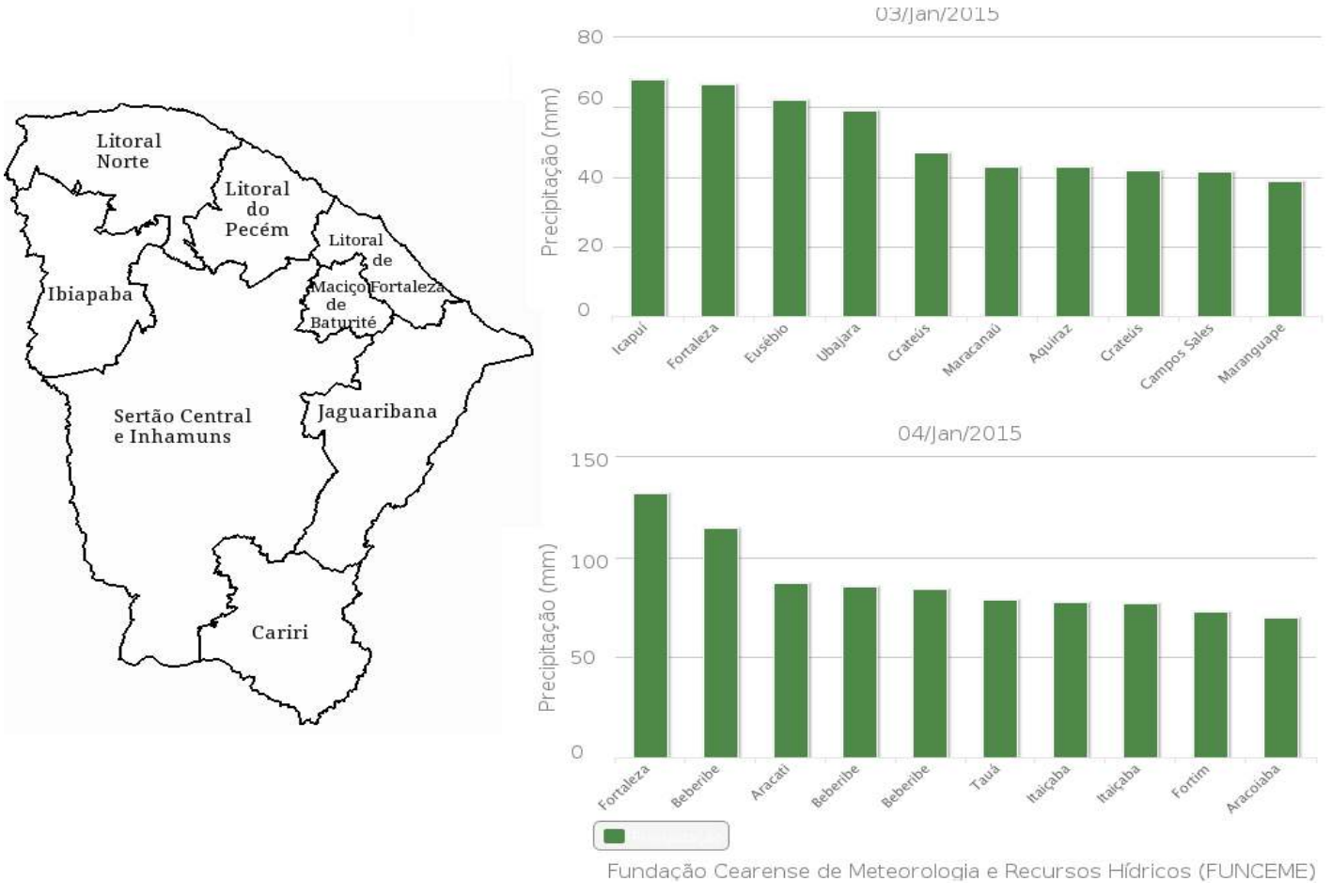

Figura 2 - Precipitação observada sobre o estado do Ceará nos dias 03/Jan/2015 e 04/Jan/2015. Fonte: FUNCEME.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

O evento casou grandes transtornos à sociedade, principalmente na região metropolitana. A chuva alagou ruas, casas e ouve ainda, deslizamento de terra no morro de Santa Terezinha que acabou invadindo parte da via. Segundo Cristiano Ferrer, coordenador da Defesa Civil muncipal, afirmou que o trilho do Veículo Leve Sobre Trilho, em frente ao Iate Clube, foi bloqueado. Uma das faixas, que vai da Via Expressa ao Mucuripe, ficou interditada. Segundo Cristiano Ferrer, não houve feridos no deslizamento. Conforme mostra a Figura 3 registrados nos dias do evento.



Figura 3 - Imagens dos transtornos causados à sociedade: a. Estacionamento de um condomínio, b. Morro de Santa Terezinha, no Mucuripe, houve deslizamento da terra que fica abaixo do muro de contenção. Fortaleza, no dia 04/01/2015. Fonte: G1.

3.2 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO

Elaborou-se mapas de precipitação (Figura 4) nos dias que ocorreu o evento, objetivando analisar a distribuição da chuva sobre o Ceará. É possível observar, que há núcleos de precipitação sobre o estado do ceará e, com maior intensidade sobre a região metropolitana. Fica claro, que as regiões mais atingidas localizam-se no Litoral (Figura 4a). A precipitação acumulada no dia 3, mostra o início da atuação dos sistemas meteorológicos atingindo grande parte do centro norte e também, região do cariri. As estimativas do CPC, subestimam os valores observado (FUNCEME), mas conseguem representar bem a precipitação na região e captar os núcleos convectivos que são mostrados na imagem do satélite a seguir.

Pertencentes à Região Metropolitana, tem-se Fortaleza e Berberibe, em que as estimativas de precipitação do CPC, mostram valores em torno de 90 mm e 80 mm, respectivamente e, no sul do do Ceará, valor em torno de 55 mm (Figura 4b). O sistema ficou localizado nas regiões do cariri e Litoral, sendo que, em direção ao interior e ao sul do Estado, o sistema perdeu força. Portanto, pode-se presumir a contribuição de outros sistemas na intensificação das precipitações nas proximidades do Litoral..

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

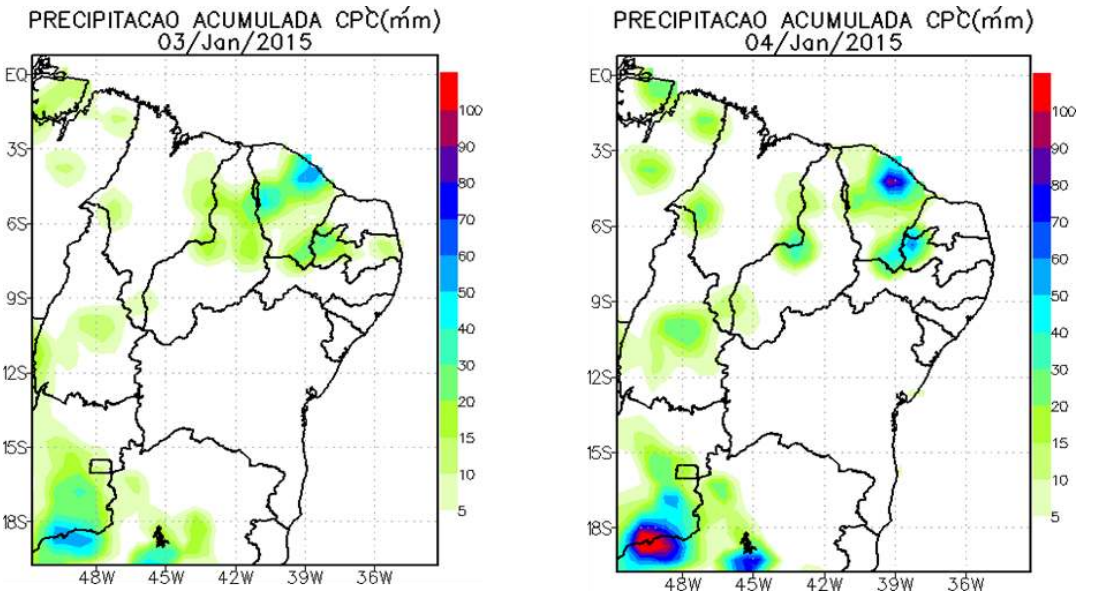

Figura 4 - Precipitação acumulada, utilizando dados do CPC para o evento ocorrido nos dias (a) 03/Jan/2015 e (b) 04/Jan/2015 sobre o NEB.

3.3 IMAGENS DE SATÉLITE

É possível visualizar, na Figura 5, imagens do satélite GOES no canal de vapor d'água, que permitem a verificação de locais onde existem, aproximadamente, zonas úmidas e secas, dos sistemas atuantes nos dois dias. As figuras estão organizadas do dia 03 ao dia 04 de Janeiro em horário sinótico. Observa-se, atuação de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), com o seu núcleo no centro do estado da Bahia e na sequência das imagens de satélite (Figura 5), até o dia 04 de janeiro, é possível perceber que a convecção da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) interagiu com a nebulosidade do VCAN. Por isso, observou-se muita nebulosidade e forte atividade convectiva no setor norte da região do NEB, além de atividade convectiva a oeste da circulação ciclônica que se estende ao longo da ZCAS, e na região central da Amazônia, onde se localiza a Alta da Bolívia (AB). Este sistema possui uma formação climatológica ligada aos meses de verão. Percebe-se que, durante a atuação do VCAN, as regiões da borda oeste e norte do vórtice apresentavam áreas de umidade, que são características de nuvens verticalmente extensas. Às 06Z do dia 03 (Figura 5b), essas formações começaram a se desenvolver, intensificando-se até as 18Z do dia 04 de Janeiro (Figura 5h). Ressalta-se que, quase não houve deslocamento do núcleo do VCAN nos dois dias, mas por outro lado, fica claro a umidade associada a este sistema, que se intensificam ainda mais no dia 04 de janeiro.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

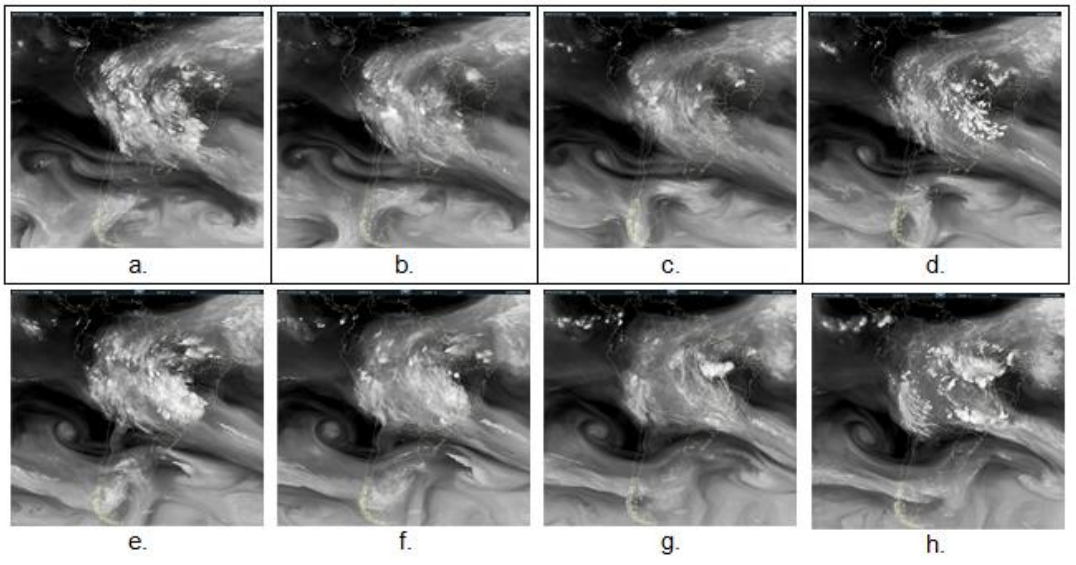

Figura 5 - Imagem do satélite GOES do produto vapor d'água, para os horários sinóticos, no dia 3 às 00Z (a), 06Z (b), 12Z (c), 18Z (d) e do dia 4 às 00Z (e), 06Z (f), 12Z (g), 18Z (h) sobre a América do Sul, cedidas pelo CPTEC/INPE.

A Figura 6 mostra imagens do satélite GOES, no canal infravermelho realçado, mas com foco na região do NEB nos dias do evento, onde se pode observar com mais clareza, o comportamento da convecção. No dia 03 de janeiro às 06Z (Figura 6b), o VCAN se fazia presente, mas as nuvens não apresentavam desenvolvimento vertical significativo. A partir das 18Z do dia 03 (Figura 6d), percebe-se o maior desenvolvimento das nuvens convectivas na costa do Rio Grande do Norte, podendo-se equipará-lo à posição mais oriental do VCAN e onde se deu a aproximação da OL em um primeiro momento. A atuação das OL nessa época do ano é considerada raro, visto que, para esta região, os meses de mais frequente atuação do sistema estão entre junho e julho. Nota-se que a presença deste, foi responsável pela intensificação das precipitações, principalmente na Região Metropolitana de Fortaleza. A partir das 18Z do dia 03 de janeiro, verifica-se a formação do sistema e posteriormente, a intensificação que perdurou até às 18Z do dia 04 de janeiro.

Percebe-se ainda, que na sequência de imagens de satélite, canal infravermelho realçado, a atuação do VCAN que contribuiu para a formação de convecção durante no dia 03 de janeiro, às 12 Z, na faixa litorânea do estado. O núcleo convectivo (Figura 6 c, d) apresenta uma temperatura do topo das nuvens entre -30 e -50 °C. Enquanto no dia 04, nota-se que a convecção é mais intensa sobre a região metropolitana, com temperatura do topo das nuvens entre -40 e -60°C entre às 06Z e 12Z (Figura 6 f, g).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

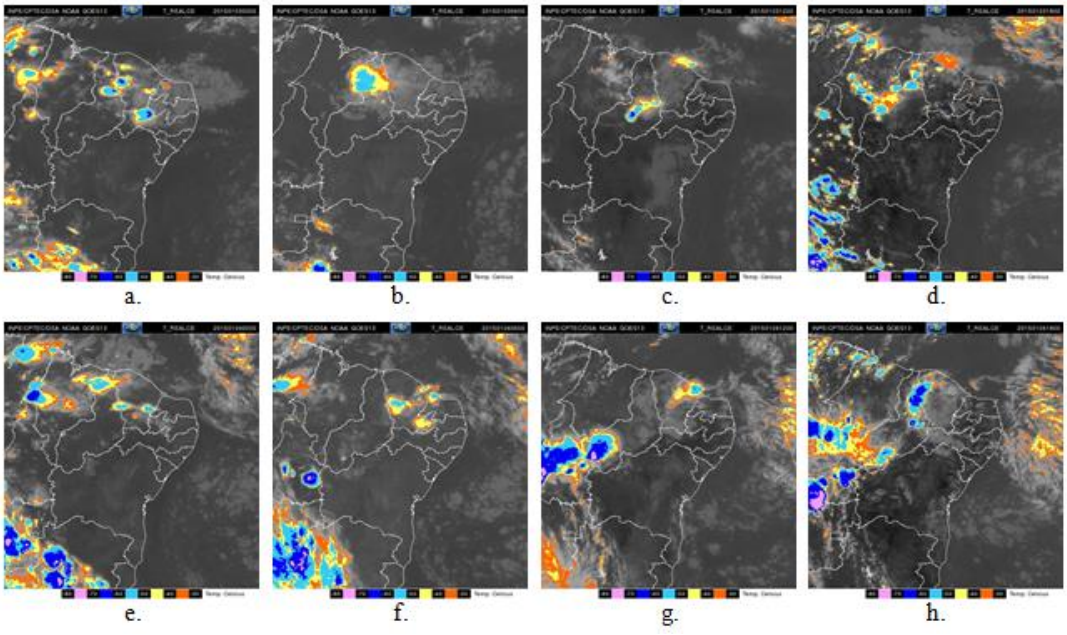

Figura 6 - Imagem do satélite GOES no canal infravermelho realçado, para a região do Nordeste nos horários sinóticos, no dia 3 às 00Z (a), 06Z (b), 12Z (c), 18Z (d) e do dia 4 às 00Z (e), 06Z (f), 12Z (g), 18Z (h) para o NEB, cedidas pelo CPTEC/INPE

3.4 VÓRTICE CICLÔNICO DE ALTOS NÍVEIS

Nas Figuras 7 e 8 mostram-se as condições previstas para os dias do evento em altos níveis (200hPa). Analisando as Linhas de corrente e vorticidade relativa em 200hPa para o dia 03 (Figura 7), observa-se dois centros, um com vorticidade anticiclônica (Alta da Bolívia) e outro, com vorticidade ciclônica (VCAN). É interessante verificar, que no decorrer do dia, a Alta da Bolívia teve um deslocamento mais para oeste, assim como, o VCAN. Inicialmente, o centro do VCAN estava próximo da costa do Rio Grande do Norte e no ultimo horário sinótico (Figura 7), deslocou-se um pouco para o sudoeste.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

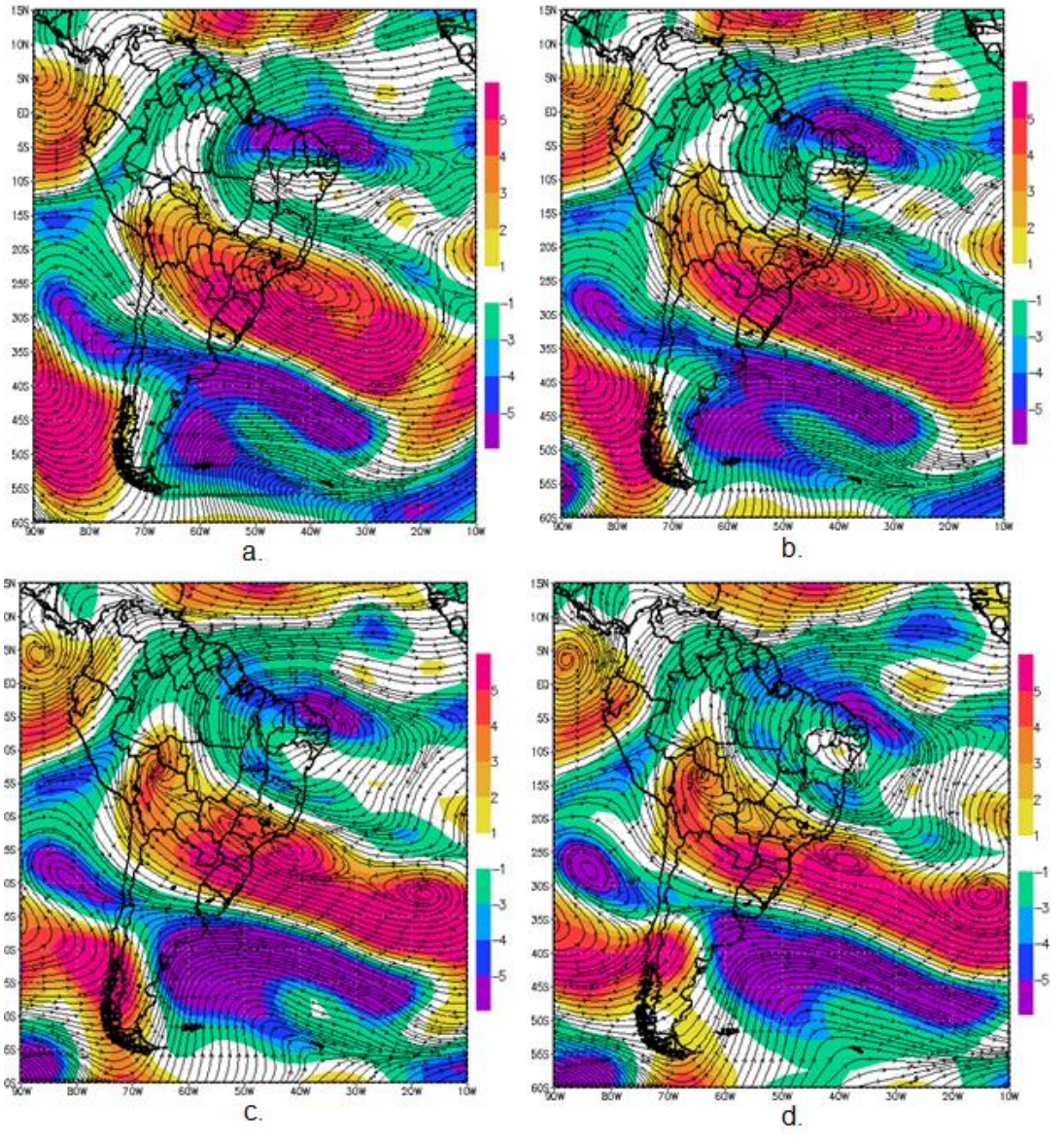

Figura 7 - Linhas de corrente e vorticidade (*10-5.s-1) em 200 hPa para o dia 03 de Janeiro, nos respectivos horários sinóticos: a. 00UTC, b. 06UTC, c. 12UTC e d. 18UTC.

Com relação a nebulosidade e precipitação, é comumente observada nos setores norte, oeste e sudoeste da periferia do VCAN, com céu claro no seu centro, embora possa ocorrer convecção no centro durante o processo de dissipação (Kousky e Gan, 1981).

Desta forma, condições mais favoráveis para ocorrência de chuva foram percebidas às 06 UTC de 04 de Janeiro (Figura 8b) até 18 UTC (Figura 8d), visto que, a borda oeste influenciou ainda mais o estado do Ceará.

A posição da Alta da Bolívia favorece o posicionamento do centro do VCAN mais para norte, contribuindo assim, que sua borda convectiva permanecesse sobre o NEB, gerando um aumento das chuvas na região (Figura 8).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

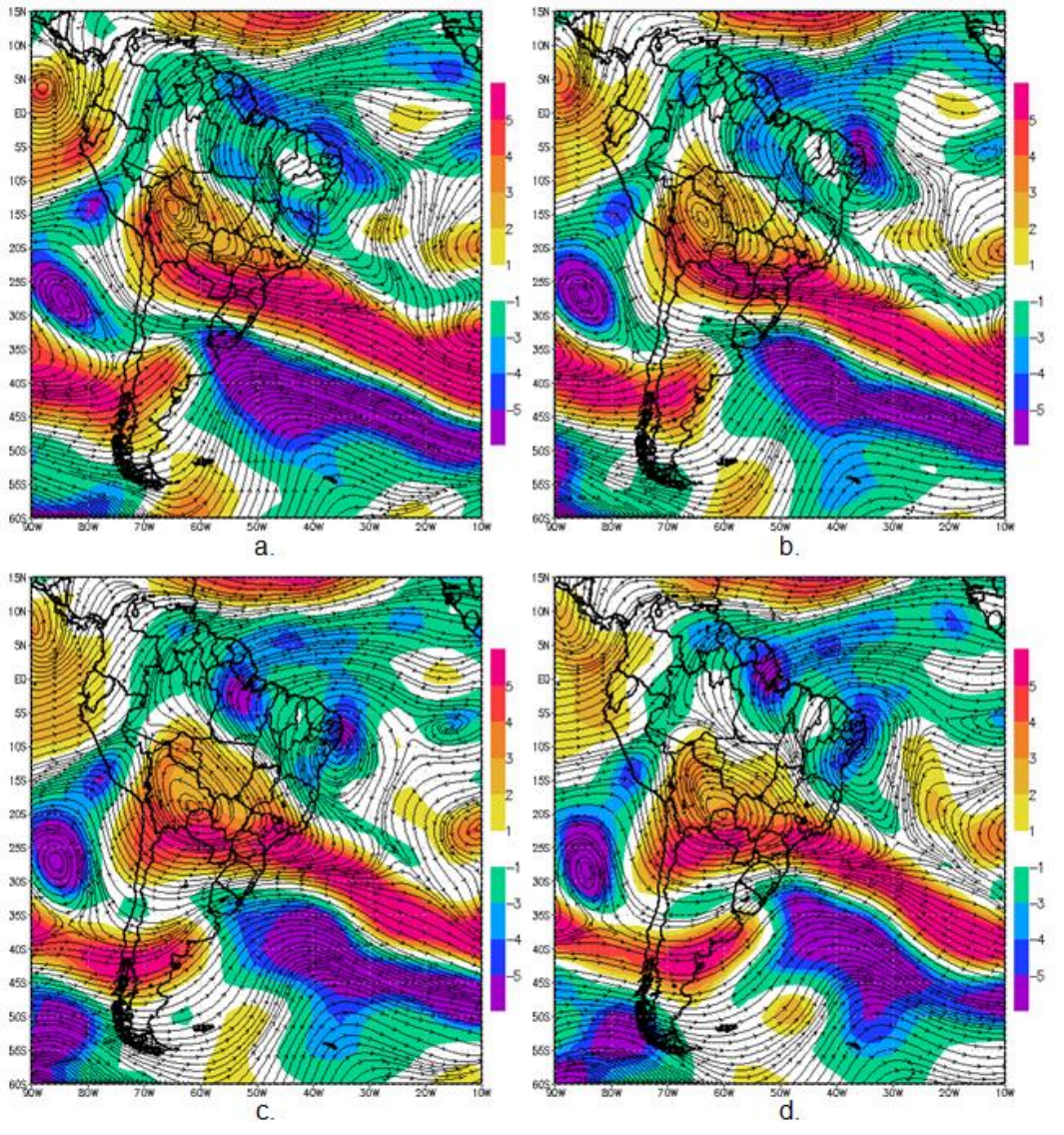

Figura 8 - Linhas de corrente e vorticidade (*10-5.s-1) em 200 hPa para o dia 04 de Janeiro, nos respectivos horários sinóticos: a. 00UTC, b. 06UTC, c. 12UTC e d. 18UTC.

3.5 ONDAS DE LESTE

No que diz respeito a este sistema, foi elaborado mapas de linhas de correntes em 700hPa, nível em que as OL apresentam sua máxima amplitude e intensidade (Espinoza, 1996; Comet, 2007).

As OL se melhor configuram em baixos níveis (~850-700 hPa), onde apresentam cavados, e sua nebulosidade é caracterizada por nuvens geralmente convectivas, que se deslocam de leste para oeste sobre os oceanos tropicais, atingindo áreas continentais, como o leste do Nordeste do Brasil (Varejao-Silva, 2005). No Hemisfério Sul, é caracterizado sinoticamente por um cavado sobre o Oceano Atlântico que se desloca para a costa do NEB e na dianteira do cavado é comumente observada uma crista.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Nas Figuras 9 e 10, têm-se as condições previstas a partir da reanálises do NCEP no nível de 700hPa, para os dias 03 e 04 de Janeiro de 2015. A princípio, a atuação de uma crista é observada apenas as 18 UTC do 1° dia (Figura 9), próximo da costa do NEB sobre o Oceano Atlântico, com deslocamento (leste-oeste) para o interior do continente. Esse deslocamento é intensificado no decorrer do 2° dia (Figura 10), com maior inclinação e extensão até as 18 UTC.

Segundo a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) a OL foi suficiente para intensificação das chuvas ocasionadas no estado do Ceará.

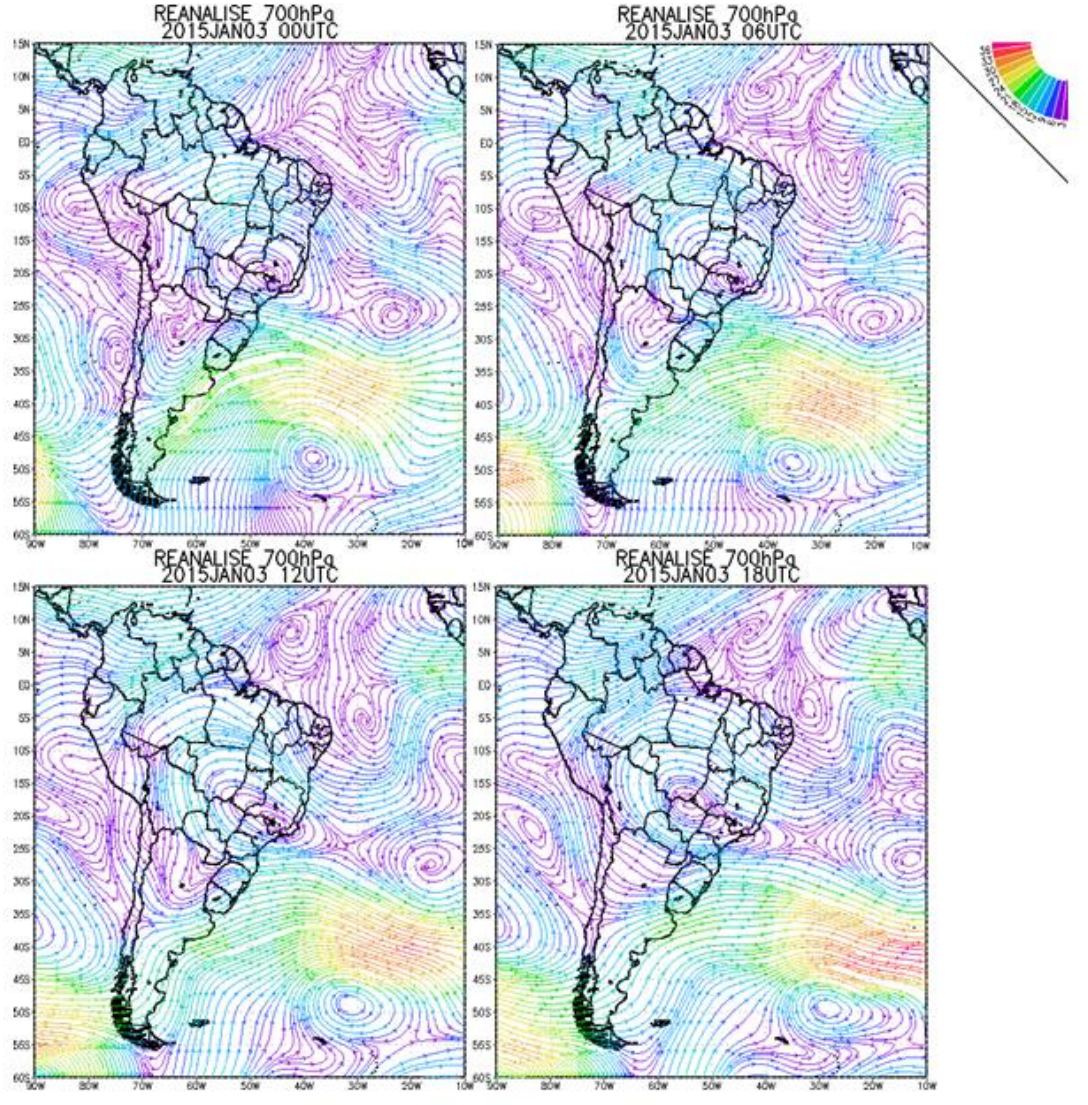

Figura 9 - Linhas de corrente com a Reanálise do NCEP, em 700 hPa para o dia 03 de Janeiro, nos respectivos horários sinóticos: a. 00UTC, b. 06UTC, c. 12UTC e d. 18UTC.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

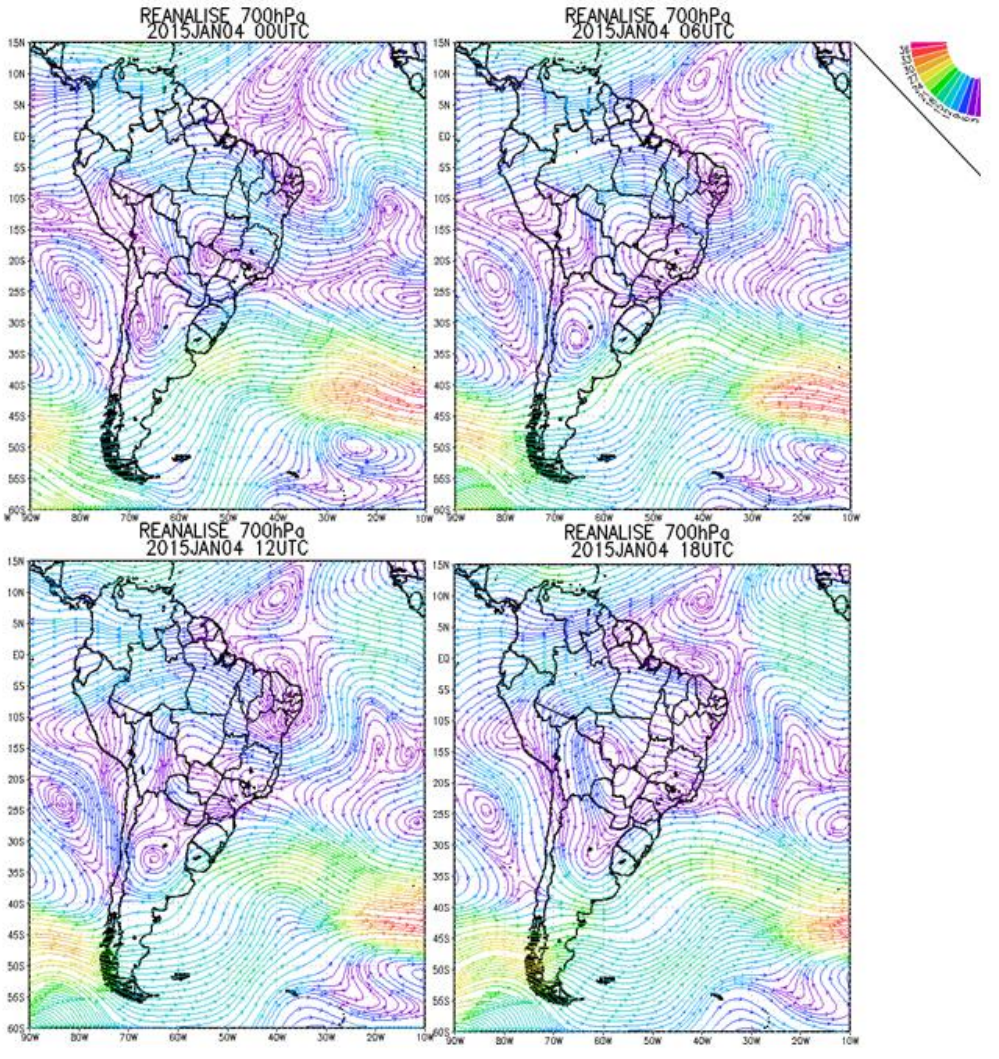

Figura 10 - Linhas de corrente com a Reanálise do NCEP, em 700 hPa para o dia 04 de Janeiro, nos respectivos horários sinóticos: a. 00UTC, b. 06UTC, c. 12UTC e d. 18UTC.

3.6 FLUXO DE UMIDADE INTEGRADO VERTICALMENTE (FUIV)

A Figura 9, mostra o fluxo de umidade integrado na vertical simulado pelo modelo regional RAMS apenas para o 2° dia, 04 de janeiro de 2015 por ter a maior ocorrência da intensa precipitação. E desta forma, ser possível a convergência de umidade associada a precipitação (Figura 4).

A atuação de um sistema meteorológico de baixa pressão sobre o NEB, contribuiu para a ocorrência de núcleos de convergência de umidade, responsável em ocasionar as chuvas no estado do Ceará.

Percebe-se ainda (Figura 11), a entrada de umidade (maior contribuição) no lado norte e leste do Ceará, associado ao deslocamento do VCAN e a intensidade do fluxos de umidade próximo a faixa litorânea do estado. Uma outra contribuição importante de umidade, deve-se ao Oceano Atlântico Norte e Sul, que foi responsável em transportar umidade para o NEB. A componente de

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

leste e nordeste, faz com que este fluxo de umidade (Figura 11) chegue até o estado do do Ceará, com influencia na precipitação nas regiões cearenses (Figura 4).

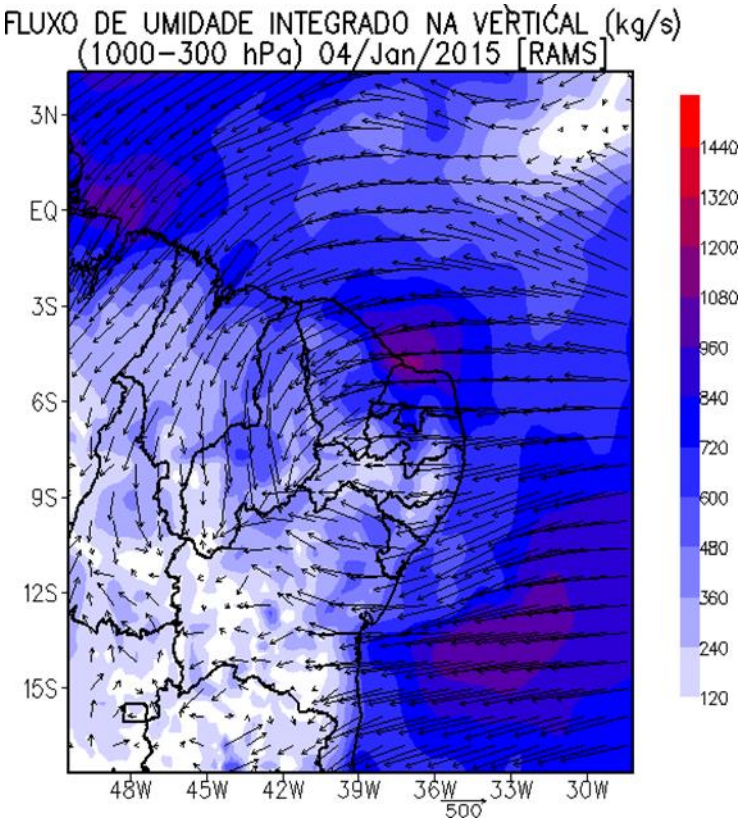

Figura 11 - Fluxo de umidade total integrado entre a superfície e 300 hPa com o modelo RAMS, para o dia 04 de Janeiro de 2015

4. CONCLUSÕES

Na primeira análise realizada deste estudo, verificou-se que o evento ocorrido teve como característica principal a atuação de um VCAN e uma OL. Nessa época do ano, o VCAN é mais frequente, e é conhecido como um dos principais sistemas indutores (simultaneamente inibidores) de precipitação da pré-estação chuvosa NEB, em contrapartida, a atuação da OL é considerado raro nesta época, pois geralmente esse sistema atua entre junho e julho.

Na segunda parte do estudo, percebeu-se que o fluxo de umidade integrado verticalmente, simulados pelo RAMS, indicou núcleos de convergência de umidade associadas as chuvas no estado do Ceará. A análise dos fluxos de umidade foi de grande contribuição neste trabalho, pois quando há atuação de sistemas meteorológicos, os modelos têm dificuldades em representar a chuva associada aos sistemas na região. Desta forma, é necessário um estudo mais detalhado do evento, principalmente aquele em época atípica, sendo de suma importância este tipo de análise para que, caso ocorram sistemas raros, uma previsão mais precisa destes sejam feita com antecedência, evitando maiores transtornos à sociedade.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 12ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

COUTINHO, MICHELYNE D. L ; GAN, M. A. ; RAO, V. B. . Método objetivo de identificação dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis na região Tropical Sul: validação. Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso), v. 25, p. 311-323, 2010.

COUTINHO, MAYTE D.L; COUTINHO, MICHELYNE. D. L; BRITO, J.I.B de . Análise de componentes principais com dados pluviométricos no estado do Ceará.. In: A Amazônia e o clima global., 2010, Belém - Pará. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010

COUTINHO, MAYTE. D.L; LIMA, K.C. ; SANTOS E SILVA, C.M. Moisture Transport to Weather Present, Past and Future of South America. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 6, p. 945-958, 2013.

COUTINHO, MAYTE. D.L; LIMA, K.C. ; SANTOS E SILVA, C.M. Regional climate simulations of the changes in the components of the moisture budget over South America. International Journal of Climatology, v.36, n. 3, p. 1170–1183, 2016.

LIMA, K. C.; SATYAMURTY, P.; FERNÁNDEZ, J. P. R. 2010. Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in Southeast Brazil. Theoretical and Applied Climatology, v. 101, n. 1-2, p.121-135.

MISHRA, S. K.; RAO, V. B.; GAN, M. A. Structure and evolution of the large-scale flow and an embedded upper tropospheric cyclonic vortex over northeast Brazil. Mon. Wea. Rev., v. 129, p. 1673-1688, 2001.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. 2002. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 17, n. 1, p. 1-10.

MARENGO, J.A., Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climático no Brasil, in: MARENGO, J.A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H.S.; ZEE, D.M.W. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Fundação brasileira para o desenvolvimento sustentável FBDS.

PALLOTA, M.; GAN, M. A. Caracterização do Mês de Janeiro de 2010 em Relação a Não Ocorrência de ZCAS: Uma Comparação com a Climatologia. IV Simpósio Internacional de Climatologia , 2011

RAO, V. B.; CHAPA, S.R.; CAVALCANTI, I.F.A. Moisture budget in the tropics and the Walker circulation. Journal Geophysical Research, v.103, n.D12, p.13713-13728, 1998.

RAMIREZ, M. C. V. Padrões climáticos dos vórtices ciclônicos em altos níveis no Nordeste do Brasil. 1996 .132p. (INPE-6408-TDI/618). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1997.

SANT'ANNA NETO, J.L., 2005 . Eventos climáticos extremos e impactos socioambientais: a vulnerabilidade da América Latina em questão. X Encontro de Geógrafos da América La tina (EGAL). São Paulo/SP.

SATYAMURTY, P.; COSTA, C. P. DE W.; MANZI, A. O. Moisture source for the Amazon

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Basin: a study of contrasting years. Theoretical and Applied Climatology, v. 111, n. 1-2, p.195-209, 2013

UVO, C.B.; BERNDTSSON, R. Regionalization and spatial properties of Ceará State rainfall in Northeast Brazil. Journal of Geophysical Research, Washington, v.101, p.4221-4233, 1996.