



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis que provocaram precipitações extremas nas cidades de Recife, Maceió e Aracaju no período de 2011 a 2015

Alaerte da Silva Germano¹, Ricardo Ferreira Carlos de Amorim², Jéssica Rodrigues Delgado³, Juliete Baraúna dos Santos⁴

¹ Meteorologista, Mestrando do curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, Alagoas, Brasil. alaertegermano@hotmail.com (autor correspondente). ² Prof. Doutor Associado, Instituto de Ciências Atmosféricas, UFAL. rfgamorim@gmail.com. ³ Graduanda do curso de Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, UFAL. jessicarodriguesdelgado@gmail.com. ⁴ Meteorologista, Mestranda do curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, UFAL. juhbarauna@gmail.com.

Artigo recebido em 19/09/2016 e aceito em 20/10/2016

RESUMO

Este estudo tem o objetivo de analisar casos de Vórtice Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) que provocaram precipitações extremas nas cidades de Recife, Maceió e Aracaju, durante 2011 a 2015. As análises foram realizadas através de imagens de satélites, dados de reanálises do projeto National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e do National Center for Atmospheric Research (NCAR) que geraram campos de linhas de corrente, vorticidade relativa, Ômega e água precipitável. Também se utilizou dados diários de precipitação pluvial do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Com os dados de precipitação diária foi utilizado a técnica dos percentis e considerou-se como um evento de precipitação extrema o valor igual ou superior ao percentil 95. Com o valor obtido, identificou-se a quantidade e variabilidade dos eventos ocorridos entre Janeiro de 2011 e Dezembro de 2015. Selecionou-se os eventos de precipitações extremas ocorridos durante a temporada de VCAN, que vai de Novembro a Março e, através das análises de imagens de satélites juntamente com os campos de linhas de corrente em altos níveis (200hPa) pôde-se identificar quantos dos eventos de precipitações extremas foram provocados por VCAN. Foi constatado na temporada Novembro à Março (2011 à 2015) a ocorrência de 6 casos de VCANs, esses casos provocaram 52,2% dos eventos de precipitações extremas que ocorreram nas cidades de Recife, Maceió e Aracaju. Os casos mais duradouros ocorreram nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro e, os menos duradouros, ocorreram nos meses de Novembro e Março.

Palavras-chave: VCAN, precipitação extrema, vorticidade relativa.

Cyclonic Vortex in High Levels that caused extreme rainfall in the cities of Recife, Maceió and Aracaju in the period 2011 to 2015

ABSTRACT

This study aims to analyze cases of Cyclonic Vortex in High Levels (CVHL) that caused extreme rainfall in the cities of Recife, Maceió and Aracaju, during 2011 to 2015. The analyzes were performed using satellite images, reanalysis data project National Centers for Environmental Prediction (NCEP) and the National Center for Atmospheric Research (NCAR) that generated streamlines fields, relative vorticity, Omega and precipitable water. Also used daily rainfall data from the National Institute of Meteorology (NIMET). With the data of daily precipitation was used the technique of percentiles and it was considered as an extreme rainfall event the value at or above the 95th percentile with the obtained value, identified the amount and variability of the events that occurred between January 2011 and December 2015. Was selected the extreme rainfall events during the season CVHL, which runs from November to March and through satellite image analysis along with the current line fields at high levels (200 hPa) could identify how many of the events of extreme rainfall were caused by CVHL. It has been found in the season November to March (2011 to 2015) the occurrence of six cases of CVHL these cases caused 52.2% of extreme rainfall events that occurred in the cities of Recife, Maceió and Aracaju. The most enduring cases occurred in the months of December, January and February and the less durable, occurred in the months of November and March.

Keywords: CVHL, extreme rainfall, relative vorticity.

Introdução

No Brasil, assim como no Nordeste brasileiro, as precipitações estão associadas a quase a totalidade dos desastres naturais, pois, não são frequentes situações como maremotos, terremotos ou erupções vulcânicas, comuns em outras regiões do planeta. Autores como Changnon (1996) e Kobiyama et al. (2006) afirmam que casos de precipitação intensas tem consequências em curto e longo prazo, através de impactos diretos à agricultura e pecuária, aos recursos hídricos, à infraestrutura urbana, como também aos seres humanos, afetando o bem-estar social

Na escala intra-sazonal, parte da variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Nordeste deve-se ao Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN). Esse sistema ocorre frequentemente no verão austral e é definido como um sistema de baixa pressão em escala sinótica, formado na alta troposfera e cuja circulação ciclônica fechada possui o centro mais frio que sua periferia e é geralmente associado a eventos de chuvas intensas (Aragão, 1975; Virji, 1981; Gan, 1983).

Conforme demonstrado por Kousky e Gan (1981), o VCAN é um conjunto de nuvens que, observado pelas imagens de satélite, têm a forma aproximada de “S”. Na periferia do VCAN há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de subsidência de ar, aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens de chuva. A intensificação do VCAN ocorre devido à convecção de energia potencial em energia cinética através da liberação de calor latente ao longo da periferia do sistema (Gan, 1983). A desintensificação ocorre através da destruição da energia cinética. Esse processo geralmente ocorre sobre os continentes e deve-se ao aquecimento (calor sensível) da superfície e ao calor latente liberado pelas nuvens do tipo cumulonimbus situadas na periferia do VCAN (Kousky e Gan, 1981). De acordo com autores como Kousky e Gan (1981) e Ramírez et al., (1999), os principais sistemas meteorológicos associados à formação do VCAN são, os Sistemas Frontais, a Zona de Convergência do Atlântico Sul e a Alta da Bolívia.

Tendo em vista os enormes transtornos e prejuízos, tanto humano quanto material, causados pelas condições de tempo associadas a esse sistema, vários pesquisadores como Alves et al., (1996), Ramírez et al., (1999) vêm se dedicando ao estudo da climatologia e sinótica dos VCANs. O objetivo deste trabalho é estudar os Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis tropicais sobre a Região Nordeste do Brasil e que provocaram

precipitações extremas nas cidades de Recife, Maceió e Aracaju durante os anos de 2011 à 2015, com a finalidade de aumentar o conhecimento sobre estes sistemas.

Material e métodos

A área de estudo está compreendida entre as Longitudes 0°W à -90°W e Latitudes 15°N à -60°S, com três pontos de referência, as cidades de Recife, Maceió e Aracaju. São utilizados dados de reanálises do projeto do NCEP (National Centers for Environmental Prediction) e do NCAR (National Center for Atmospheric Research), que geraram campos de linhas de corrente (componentes zonal (u) e meridional (v) do vento), vorticidade relativa, Ômega (velocidade vertical) e água precipitável. Para análise da nebulosidade associada aos casos de VCANs, utilizou-se imagens composta dos satélites GOES e METEOSAT, com abrangência para a América do Sul. Todas as imagens foram obtidas a partir do Centro de previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para análise da precipitação, foram utilizados dados diários de precipitação pluvial das estações meteorológicas de Recife (OMM: 82900), Maceió (OMM: 82994) e Aracaju (OMM: 83096), provenientes do Banco de Dados para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015).

Foi utilizado a técnica dos percentis (Equação 1) para uma definição de evento de precipitação extrema para as cidades de Recife, Maceió e Aracaju. Essa técnica foi proposta por Pinkayan (1966) e amplamente utilizada por Xavier (2001) e Santos 2013. Considerou-se como um evento de precipitação extrema o valor igual ou superior ao percentil 95.

$$Pi = li + \left(\frac{\frac{i+N}{100} \sum fi}{fpi} \right) * h \quad [1]$$

Selecionou-se os eventos de precipitações extremas ocorridos durante o período de maior frequência de casos de VCAN tropicais, que segundo pesquisadores como Kousky e Gan (1981) e Ramírez (1999), ocorrem nos meses de Novembro à Março. A etapa seguinte foi identificar quantos dos eventos de precipitações extremas ocorridos nesse período, nas três cidades, foram provocados por VCAN. Essa etapa foi realizada através das análises de imagens de satélites juntamente com os campos de linhas de corrente em altos níveis (200hPa).

Resultados e discussão

O valor estabelecido para um evento de precipitação extrema, obtido com o percentil 95 mostrou uma variabilidade nas três cidades. Em Recife o valor do percentil 95 foi igual a 42,2 mm, em Maceió foi 37,5 mm e em Aracaju foi 30,4 mm. Essa variabilidade é explicada devido as características pluviais diferentes de cada cidade. Assim, existirá a ocorrência de um evento de precipitação extrema quando se obtiver o valor diário igual ou superior a 42,2 mm, 37,5 mm e 30,4 mm, respectivamente para as cidade de Recife, Maceió e Aracaju.

A Tabela 1 mostra a quantidade de dias sem precipitação, com precipitação e com precipitação extrema, para a cidade de Recife, durante Janeiro de 2011 à Dezembro de 2015. É possível observar que o ano que teve maior frequência de precipitações extremas foi 2011, com 21 eventos e o que apresentou a menor frequência foi o ano 2012, com apenas 6 eventos. Foi identificado em Recife um total de 56 eventos de precipitações extremas, sendo que durante a temporada de VCAN, de Novembro à Março, ocorreram 15 eventos, 26,8% do total. Desses 15

eventos, a ocorrência de VCANs foram responsáveis por 7 eventos.

Na Tabela 2 é observa-se que durante Janeiro de 2011 à Dezembro de 2015 ocorreu 46 eventos de precipitações extremas na cidade de Maceió, com o ano de 2011 apresentando o maior número, com 16 eventos. De Novembro à Março foi registrado 5 eventos, desses, 3 foram provocados pela ocorrência de VCANs.

As características pluviais diárias na a cidade de Aracaju durante 2011 à 2015 pode ser visualizada na Tabela 5. Nota-se que dos 1827 dias do período (2011-2015), em 576 (31,5%) deles foi registrado precipitação, no entanto, durante 310 dias a precipitação registrada foi inferior a 5mm. Das três cidades que fazem parte da área de estudo deste trabalho, Aracaju, pode-se assim dizer, é a mais seca, pois registra o menor número de dias com precipitação e com menos intensidade. Observa-se que ocorreram 27 eventos de precipitações extremas no total, desses, apenas 3 eventos ocorreram entre Novembro e Março. Constatou-se que 2 foram provocados por VCANs.

Tabela 1. Quantidade de dias sem precipitação, com precipitação e com precipitação extrema na cidade de Recife durante janeiro de 2011 a dezembro de 2015



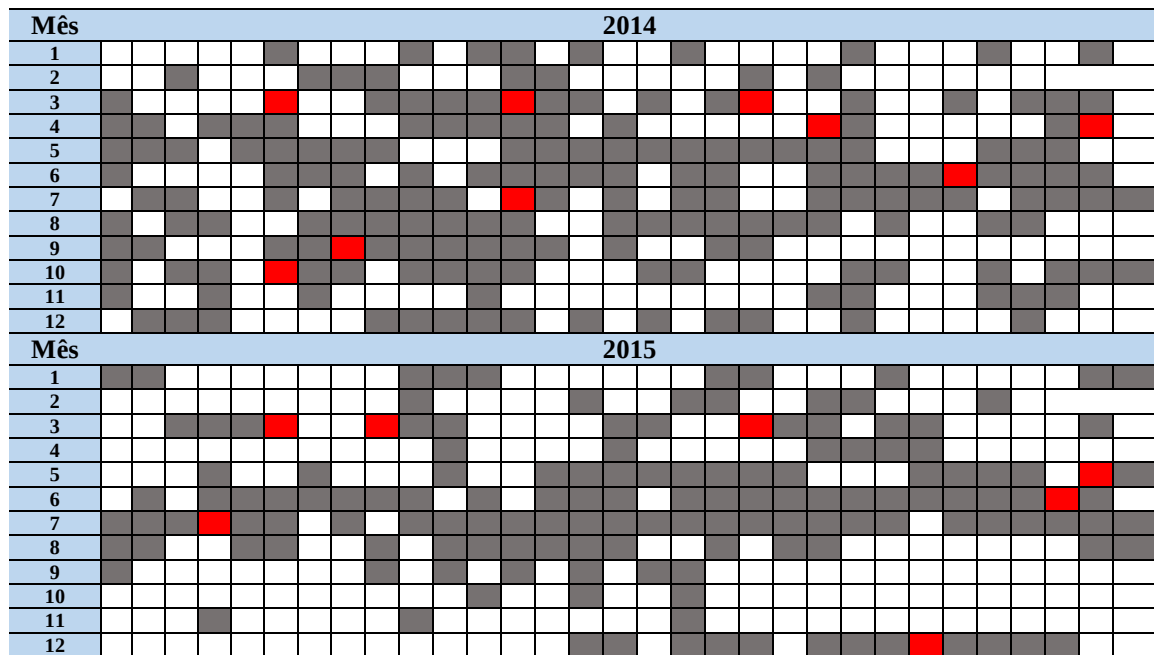
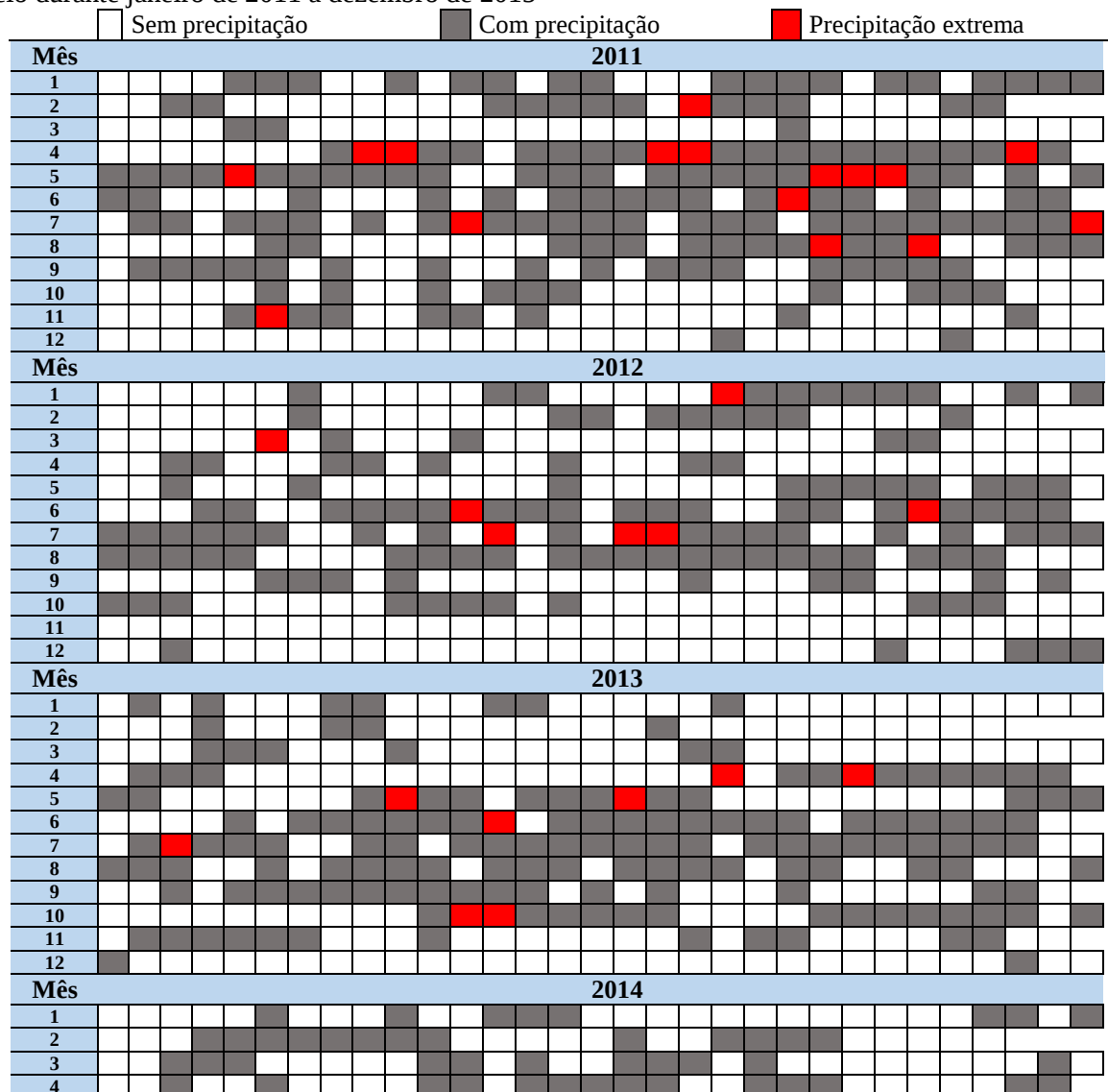
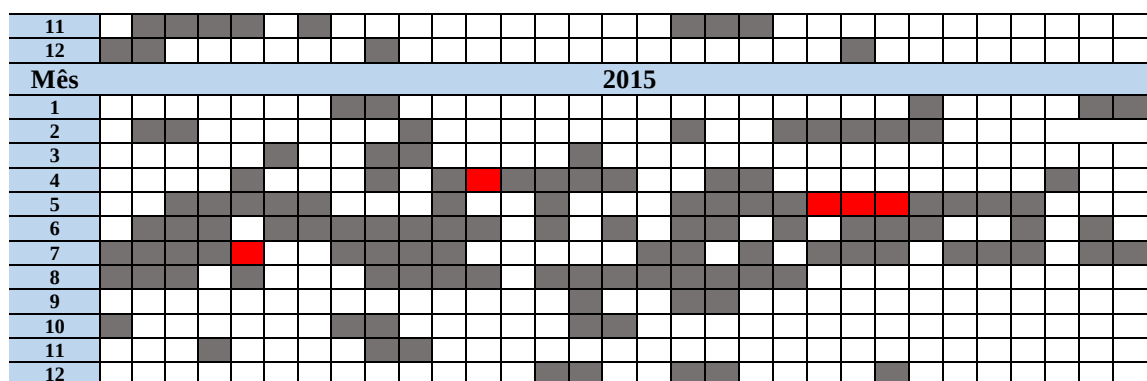


Tabela 2. Quantidade de dias sem precipitação, com precipitação e com precipitação extrema na cidade de Maceió durante janeiro de 2011 a dezembro de 2015



[illegible]



No período Novembro à Março, durante os anos de 2011 à 2015, foram analisados os principais sistemas de escala sinótica que determinaram a ocorrência de precipitações extremas nas três cidades da área de estudo deste trabalho. Nessas análises foi constatado a existência de seis casos de VCANs. É importante ressaltar que no período analisado ocorreram dezenas de casos de VCANs, no entanto, os que provocaram precipitações em Recife, Maceió e Aracaju foram exclusivamente esses seis casos.

Através da Tabela 4 observa-se as datas de início, término e tempo de permanência (em dias)

dos seis casos de VCANs que foram encontrados. É observado que o 4º caso apresentou-se como o mais duradouro, com 16 dias de duração e, os casos de menor permanência foram o 3º e 5º, com duração de 2 dias cada. Na literatura, nos trabalhos de Kousky e Gan (1981) é observado que os vórtices mais duradouros surgem no mês de Janeiro, com duração de aproximadamente 15 dias e os de menor permanência surgem no mês de Novembro, com duração de aproximadamente 5 dias.

Tabela 4. Período de vida dos seis casos de VCANs: data de início, término e duração em dias

Ano / caso	Início	Término	Duração
2011 / 1º caso	12 de Fevereiro	21 de Fevereiro	09 dias
2012 / 2º caso	15 de Janeiro	28 de Janeiro	13 dias
2013 / 3º caso	03 de Novembro	05 de Novembro	02 dias
2013 / 4º caso	12 de Dezembro	28 de Dezembro	16 dias
2014 / 5º caso	11 de Março	13 de Março	02 dias
2015 / 6º caso	16 de Fevereiro	25 de Fevereiro	09 dias

É mostrado na Figura 1 a posição e o deslocamento dos 6 casos de VCANs. O surgimento do VCAN está representado pela cor verde, já a cor vermelha representa o último dia que o vórtice foi observado. As análises foram feitas a cada 24 horas, a partir do surgimento do VCAN. Os pontos foram plotados no centro de cada vórtice.

O 1º caso (VCAN-1) surgiu sobre o Oceano Atlântico na Latitude 17°S e Longitude 24°W. O deslocamento ocorreu predominantemente de leste para oeste e a dissipação ocorreu no continente, na Latitude 12°S e Longitude 52°W. O 2º caso (VCAN-2) surgiu na Latitude 13°S e Longitude 37°W. O deslocamento foi predominantemente latitudinal, inicialmente no

sentido norte-sul e depois no sentido sul-norte e se dissipou na Latitude 5°S e Longitude 46°W. O surgimento do 3º caso (VCAN-3) ocorreu sobre o Oceano Atlântico na latitude 20°S e longitude 34°W. A dissipação também ocorreu sobre o Atlântico na Latitude de 13°S e Longitude 37°W. O 4º caso (VCAN-4) surgiu na latitude 16°S e longitude 21°W sobre o Oceano Atlântico e a dissipação também ocorreu sobre o oceano, na Latitude de 21°S e Longitude de 36°W. O 5º caso (VCAN-5) surgiu na Latitude 13°S e Longitude 29°W. Do dia-1 ao dia-2 deslocou-se no sentido sudoeste e do dia-2 ao dia-3 o deslocamento foi no sentido noroeste. A dissipação ocorreu sobre o continente, na Latitude 7,5°S e Longitude 41°W. O surgimento do 6º caso (VCAN-6) ocorreu na

Latitude 18°S e Longitude 23°W. O deslocamento ocorreu predominantemente no sentido leste-oeste e se dissipou na Latitude 9°S e Longitude 57°W.

Segundo critérios estabelecidos por Ramírez et al. (1999), o VCAN-1, VCAN-5 e o VCAN-6 apresentaram deslocamentos regular, que é caracterizado por um deslocamento predominantemente de leste para oeste (deslocamento zonal) e que, segundo Ramírez et al. (1999), são os mais intensos. O VCAN-2, VCAN-

3 e VCAN-4 apresentaram um deslocamento predominantemente meridional e podem assim serem descritos como vórtices de deslocamentos irregular. O VCAN-1 e o VCAN-6 alcançou o setor leste da Amazônia, percorrendo uma longa distância continental (episódio citado na literatura como raro, pelo fato de que ao adentrar no continente o vórtice tende a se dissipar pela destruição da energia cinética).

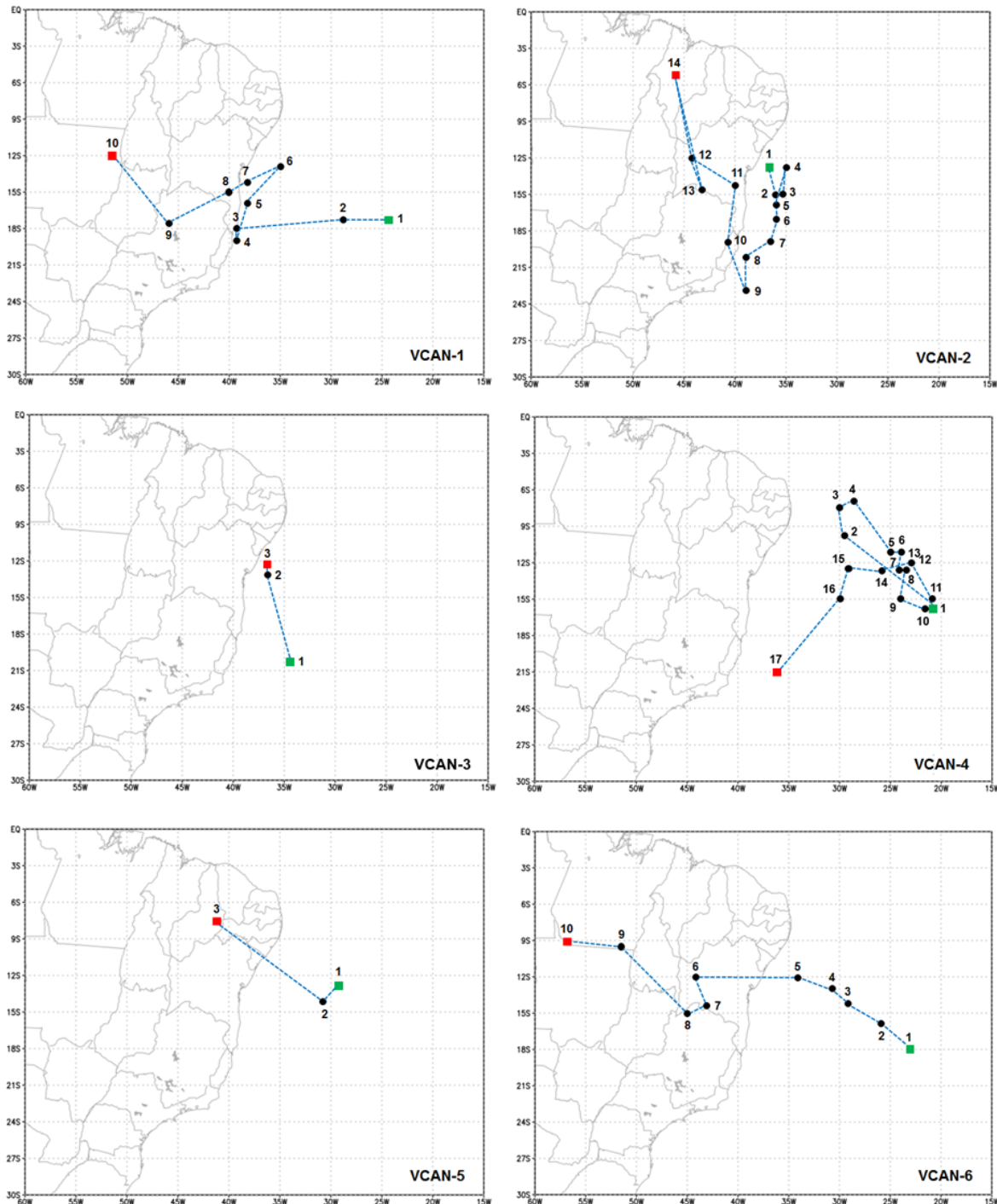


Figura 1. Posição e deslocamento dos 6 casos de VCANs que provocaram eventos de precipitação extrema nas cidades de Recife, Maceió e Aracaju durante 2011 à 2015.

A Tabela 5 mostra o número de precipitações extremas ocorrida durante o período de vida dos seis casos de VCAN. O VCAN-1 provocou 3 eventos de precipitações extremas na cidade de Recife, dias 13, 14 e 20 e provocou 1 evento na cidade de Maceió, no dia 19. O VCAN-2 permaneceu ativo durante um período de 13 dias, de 15 a 28 de Janeiro de 2012. Provocou 2 eventos de precipitações extremas, um no dia 20 na cidade Maceió e outro no dia 23 na cidade de Recife. A precipitação registrada em Maceió no dia 20 foi igual a 90,4mm, esse valor é a maior precipitação diária registrada no mês de Janeiro desde 1986. O VCAN-3 provocou 1 uma precipitação extrema na cidade de Aracaju no dia 4 de Novembro de 2013, igual a 135,4 mm. Essa foi a maior precipitação diária já registrada em Aracaju no segundo

semestre dos últimos 30 anos. Durante o VCAN-4 ocorreram 2 eventos de precipitações extremas em Recife, dias 19 e 20 e 1 evento ocorrido em Maceió, dia 19. O VCAN-5 provocou 1 evento na cidade de Recife no dia 13 de Março, igual a 49,2mm. O VCAN-6 provocou 1 precipitação extrema na cidade de Maceió, no dia 18 de Fevereiro de 2015, igual a 48,4mm. Devido a essas precipitações extremas ocorridas, jornais locais noticiaram diversos transtornos enfrentados pela população de Recife Maceió e Aracaju. Há relatos de diversos alagamentos em ruas e avenidas, quedas de árvores e escorregamentos de terra, mas sem registros de morte.

Tabela 5. Número de eventos de precipitações extremas provocados pelos seis casos de VCANs nas cidades de Recife, Maceió e Aracaju: VCAN-1 (de 12 a 21 de Fevereiro de 2011); VCAN-2 (de 15 a 28 de Janeiro de 2012); VCAN-3 (de 3 a 5 de Novembro de 2013); VCAN-4 (de 12 a 28 de Dezembro de 2013); VCAN-5 (de 11 a 13 de Março de 2014); VCAN-6 (de 16 a 25 de Fevereiro de 2016)

	Recife	Maceió	Aracaju
1º caso (VCAN-1)	3	1	0
2º caso (VCAN-2)	1	1	0
3º caso (VCAN-3)	0	0	1
4º caso (VCAN-4)	2	0	1
5º caso (VCAN-5)	1	0	0
6º caso (VCAN-6)	0	1	0
Total	7	3	2

Foram selecionados o VCAN-3 e o VCAN-6 para uma descrição detalhada. Na Figura 2 (a), que representa linhas de corrente e vorticidade relativa no nível de 200hPa para às 00:00 UTC do dia 3 de Novembro de 2013, nota-se próximo à costa sul do estado da Bahia, na Latitude 20°S e Longitude 34°W, um vórtice ciclônico com vorticidade relativa variando entre -9×10^{-5} e -12×10^{-5} (início do VCAN-3). Nas Figuras 2 (b) e 2 (c), respectivamente para às 18:00 UTC do dia 3 e 00:00 UTC do dia 4 de Novembro de 2013, o centro do VCAN-3 é notado no litoral da Bahia, entre as Latitudes 10°S e 15°S e entre as Longitudes 35°W e 40°W. A vorticidade relativa apresenta valores

entre $-10 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ e $-12 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$, um indicativo de que o vórtice irá se manter configurado.

Para o mesmo horário e dia (00:00UTC do dia 4) é mostrado na Figura 2 (d) o campo composto de linhas de corrente e vorticidade relativa para o nível de 600hPa. Percebe-se que o vórtice ciclônico pôde ser visto nos médios níveis da troposfera (600hPa), indicando que o VCAN-3 foi o mais profundo de todos os casos estudados. Segundo Gan (1982) os VCANs que ficam confinados na alta troposfera, acima de 400hPa, possuem pouca ou nenhuma nebulosidade, enquanto os que atingem níveis mais baixos, possuem nebulosidade muita intensa.

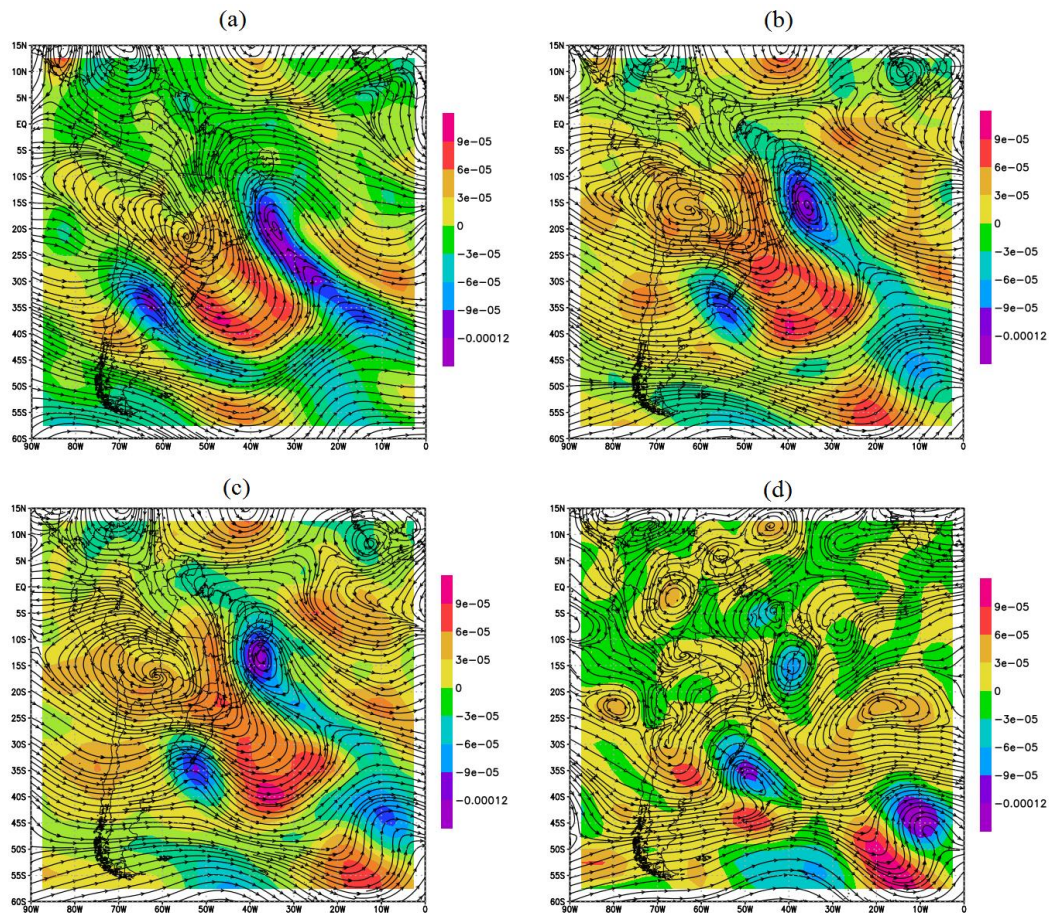


Figura 2. Linhas de correntes e vorticidade relativa no nível de 200hPa, para às 00:00 UTC do dia 3 de Novembro de 2013 (a), 18:00 UTC do 3 de Novembro de 2013 (b), 00:00 UTC do dia 4 de Novembro de 2013 (c) e para às 00:00 UTC do dia 4 de Novembro de 2013 no nível de 600hPa (d).

A nebulosidade associada ao VCAN-3 obedece um padrão característico visto na maioria dos VCANs, com o centro do vórtice sobre o continente, o qual é caracterizado por “céu claro” devido aos movimentos descendentes de ar que inibe a formação de nebulosidade convectiva. Já na periferia há instabilidade atmosférica e muita nebulosidade. Na Figura 3 (a e b) percebe-se que a

nebulosidade associada ao VCAN-3 cobre praticamente toda a parte litorânea do NEB, deixando o interior sem nuvens convectivas. O núcleo ciclônico está aproximadamente sobre o estado da Bahia. O VCAN-3 se desenvolveu a partir da penetração de um sistema frontal nos subtrópicos, como foi descrito por Kouky e Gan (1981).

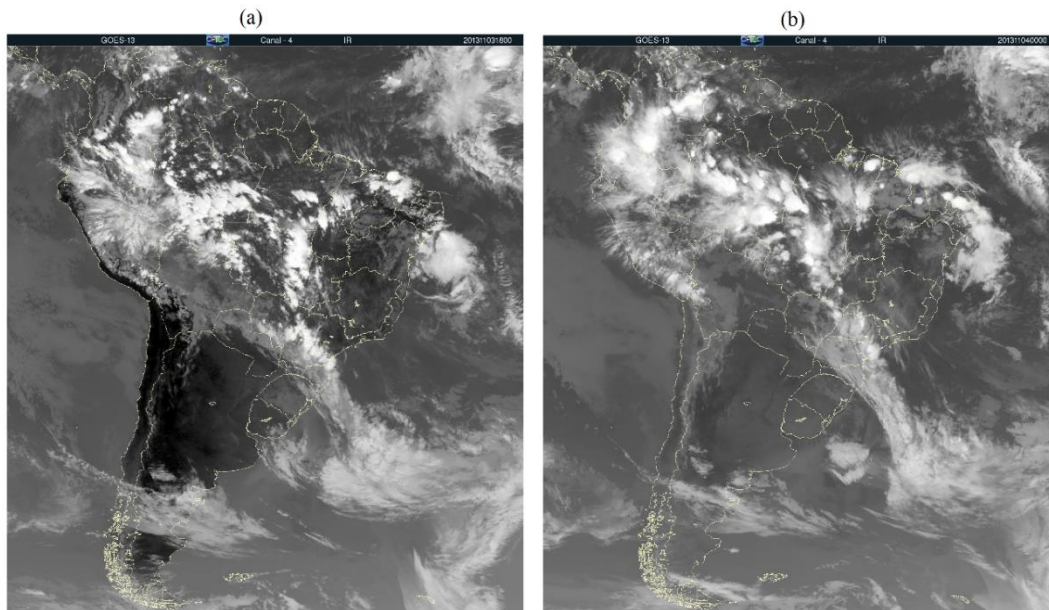


Figura 3. Imagem do satélite GOES-13 no canal espectral infravermelho (IR) para às 18:00 UTC do dia 03 (a) e 00:00 UTC dia 04 de Novembro de 2013 (b). Fonte: adaptado do CPTEC/INPE, 2016.

No campo de água precipitável, percebem-se uma configuração semelhante com nebulosidade, pois a água precipitável é mais intensas em região com atividade convectiva. Os valores mais intensos ocorrem na periferia do VCAN-3, entre 40mm e

50mm. Nota-se que as áreas com os valores mais intensos ocorrem sobre o Atlântico Equatorial, aproximadamente entre as Latitudes 0° e 10°N, indicando forte atividade convectiva, possivelmente áreas em que a ZCIT está atuando.

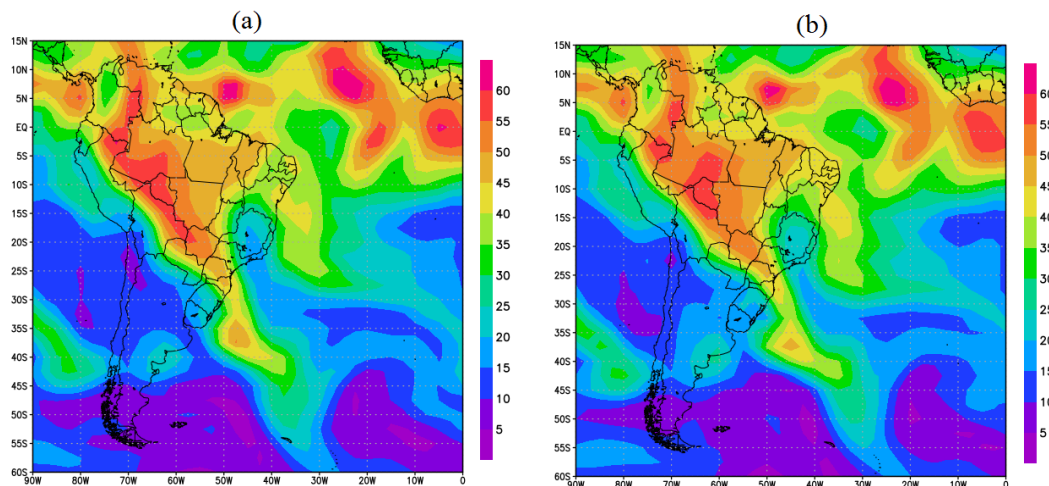


Figura 4. Campo de água precipitável para às 18:00 UTC do dia 03 (a) e 00:00 UTC dia 04 de Novembro de 2013 (b).

O VCAN-3 surgiu às 06:00 UTC do dia 16 de Fevereiro de 2015, aproximadamente entre as latitudes 15°S e 25°S e longitudes 20°W e 30°W (Figura 5 (a)). Em seu núcleo percebe-se valores intensos de vorticidade relativa, variando entre $6 \times 10^{-5} s^{-1}$ e $10 \times 10^{-5} s^{-1}$. Na Figura 5 (b), percebe-se que no dia 19 de Fevereiro de 2015 o VCAN-6

estava mais próximo da costa do NEB, desde o seu surgimento, localizando-se aproximadamente entre as latitudes 10°S e 20°S e longitudes 25°W e 35°W. No dia 21 (Figura 5 (c)), às 12:00 UTC o núcleo do VCAN é visto pela primeira vez sobre o continente, apresentando desenvolvimento intenso com vorticidade relativa variando, em torno de seu

núcleo, entre $-8 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ e $-10 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$, um indicativo de que o VCAN irá se intensificar ou se manter configurado. No 23 (Figura 5 (d)) o VCAN é notado se deslocando sobre o continente, não

apresentando diminuição no campo de vorticidade. O VCAN-6 se dissipou às 12:00 UTC e 18:00 UTC do dia 25 de Fevereiro de 2015.

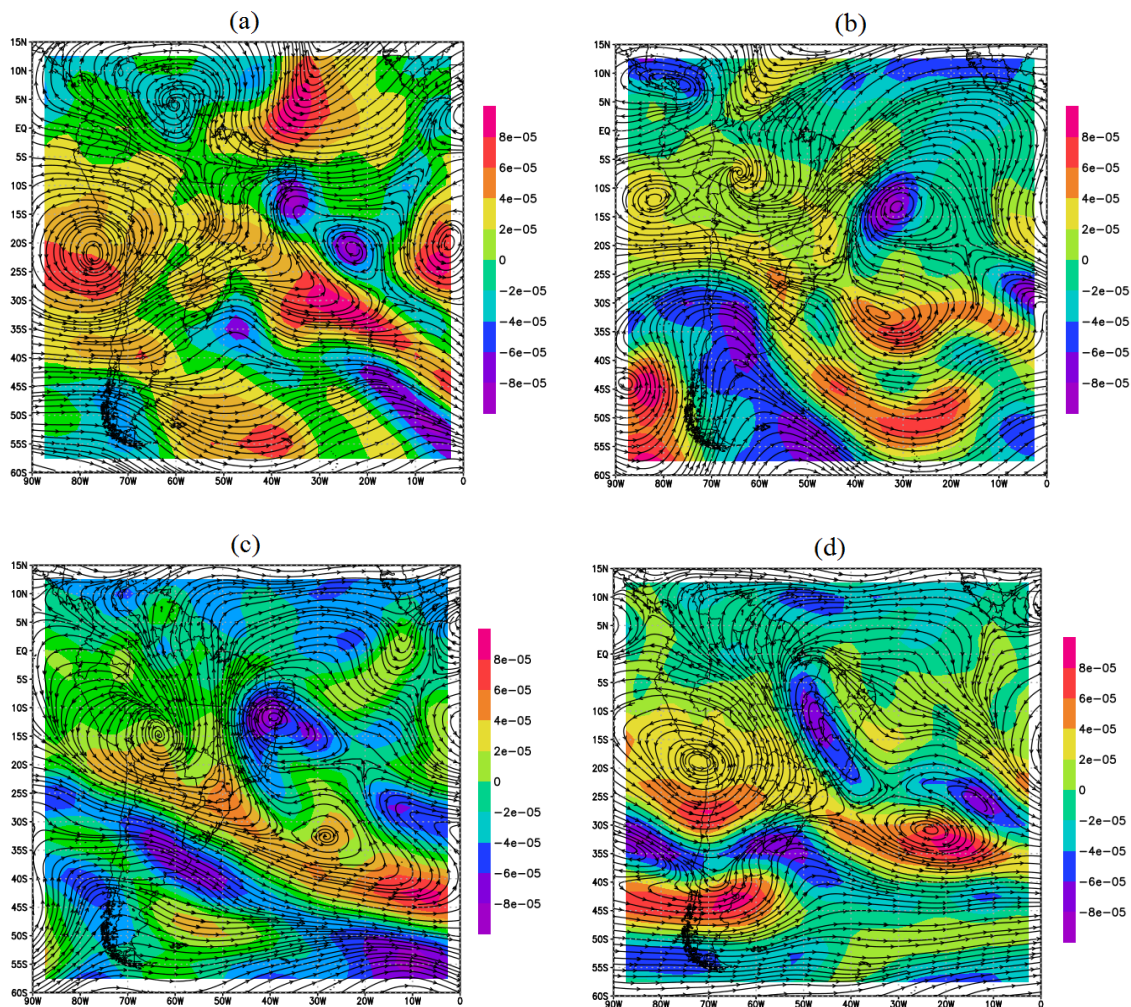


Figura 5. Linhas de correntes e vorticidade relativa no nível de 200hPa, para às 06:00 UTC do dia 16 de Fevereiro de 2015 (a), 12:00 UTC do 19 de Fevereiro de 2015 (b), 12:00 UTC do 21 de Fevereiro de 2015 (c), 12:00 UTC do dia 23 de Fevereiro de 2015 (d).

A Figura 6 representa o campo de velocidade vertical para às 12:00 UTC do dia 18 (a) e 19 (b) de Fevereiro de 2015 e mostra que, aproximadamente entre as Longitudes 27°W e 40°W , existem movimentos descendentes de ar, desde os altos até os baixos níveis da troposfera. Essa região estava sob influência do núcleo do VCAN-6 nos dias 18 e 19. Percebe-se, tanto na periferia oeste quanto na periferia leste do VCAN-6, movimentos ascendentes de ar desde os baixos até os altos níveis

da troposfera, dando o indicativo de ocorrência de nuvens com desenvolvimento vertical, como as cumulonimbus. Os fortes movimentos ascendentes de ar no baixos níveis da troposfera, aproximadamente entre as Longitudes 65°W e 80°W no dia 18 e, aproximadamente entre as Longitudes 70°W e 75°W no dia 19, estão provavelmente associados com a ocorrência da Alta da Bolívia.

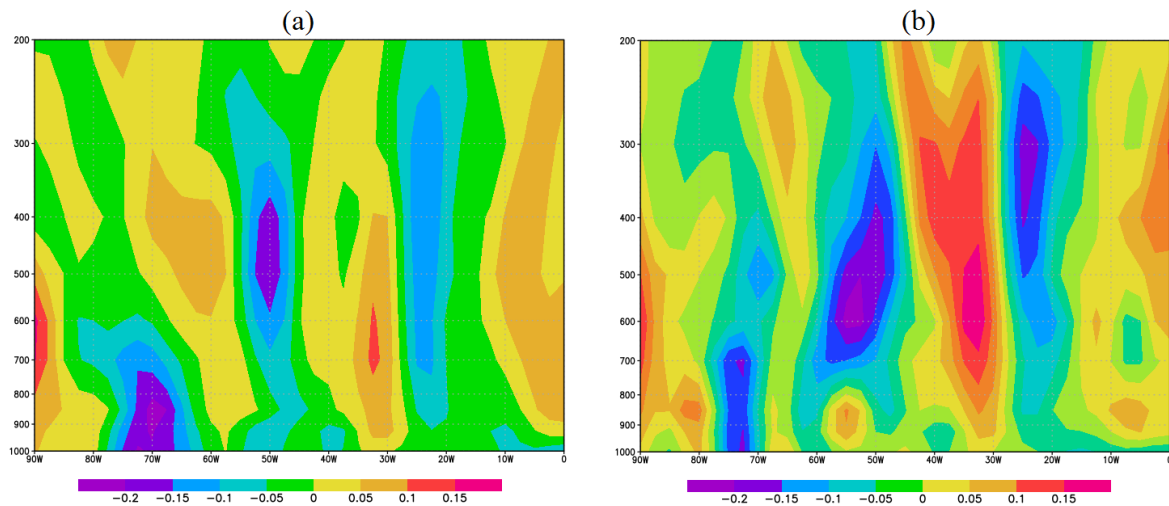


Figura 6. Seção vertical longitudinal na latitude de 15° Sul do campo de velocidade vertical (m.s^{-1}), entre 1000hPa e 200hPa, para às 12:00 UTC do dia 18 de Fevereiro de 2015 e para às 12:00 UTC do dia 19 de Fevereiro de 2015.

Nos dias 18 e 19 de Fevereiro de 2015 o núcleo do VCAN-6 estava sobre o Oceano Atlântico, próximo à costa do estado da Bahia e pelas imagens de satélites (Figuras 7 (a e b)), nota-se “céu claro”, devido aos movimentos descendentes de ar que inibe a formação de nebulosidade convectiva, fato característico da região do núcleo de um VCAN. A nebulosidade observada é diferente da configuração clássica descrita por Kousky e Gan (1981). Tanto no dia 18

quanto no dia 19, é possível observar nebulosidade cobrindo a cidade de Maceió, assim como, a maior parte do Brasil. A ocorrência da Zona de Convergência da Atlântico Sul, banda de nebulosidade convectiva, é claramente observada desde o continente brasileiro até o Atlântico Sul. Também pode ser notado um sistema frontal que, no dia 18 estar sobre a Argentina, chegando ao Sul do Brasil no dia 19.

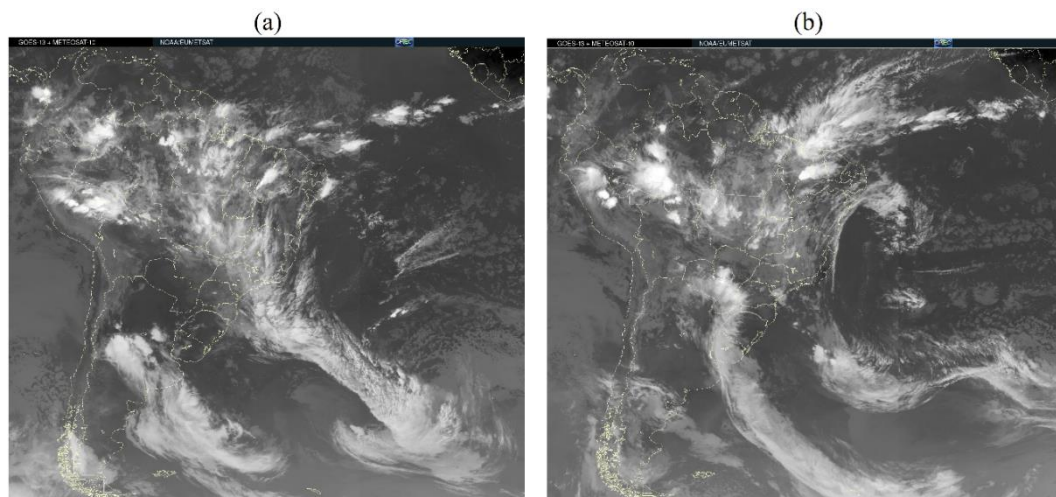


Figura 7. Recorte de imagem composta dos satélites GOES-13 + METEOSAT-10 no canal espectral infravermelho, para às 12:00 UTC do dia 18 (a) e 19 (b) de Fevereiro de 2015.

Conclusões

Constatou-se que os VCANs foram responsáveis por 52,2% de todos os eventos de precipitação extrema que ocorreram nas cidades de Recife, Maceió e Aracaju durante a temporada

Novembro à Março entre os anos de 2011 à 2015. Os seis casos de VCANs surgiram sobre o Oceano Atlântico, desses, 2 se dissiparam sobre o mesmo oceano e 4 se dissiparam sobre o continente.

Foi observado deslocamento longitudinal no VCAN-1, 5 e 6 e deslocamento latitudinal no

VCAN-2, 3 e 4. Os casos mais duradouros, variando entre 9 e 16 dias, ocorreram nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro e, os menos duradouros, com média de 2 dias, ocorreram nos meses de Novembro e Março, condizente com a literatura.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto de Ciências Atmosféricas – UFAL pelo ambiente agradável. O primeiro e quarto autor também agradecem a CAPES pela bolsa de mestrado.

Referências

- Aragão, J. O. R., 1975. Um estudo da estrutura das perturbações sinóticas do Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos, INPE.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível: [GSearch](#)
- Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE . Disponível em: <<http://tempo.cptec.inpe.br/>>. Acesso em setembro de 2015.
- Changnon, A. S., 1996. The Great Flood of 1993: Causes, Impacts and Responses. Westview Press, Boulder.
- Gan, M. A., 1983. Um estudo observacional das baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos, INPE.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., 1996. The nmc\ncar 40-year reanalysis Project. Bulletin of the american meteorological society 77, 437-471.
- Kobiyama, M., Mendonça, M., Moreno, D. A., Marcelino, I. P. V. O., Marcelino, E. V., Gonçalves, E. F., Brazetti, L. L. P., Goerl, R. F., Moller, G. S. F., Rudorff, F. M., 2006. Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos. Organic Trading, Curitiba.
- Kousky, V. E., Gan, M. A., 1981. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. Tellus 33, 538-551.
- Pinkayan, S., 1966. Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area. Colorado State University, Fort Collins.
- Ramírez, M. C. V., Kayano, M.T., Ferreira, N. J., 1999. Statistical analysis of upper tropospheric vortices in the vicinity of Northeast Brazil during the 1980-1989 period. Atmosfera 12, 75-88.
- Ramírez, M. C. V., 1999. Padrões dos Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis no Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos, INPE.
- Virji, H., 1981. A preliminar study of summertime tropospheric circulation patterns over South American estimated cloud winds. Montley Weather Review, March.
- Xavier, T. B. S., 2001. Tempo de Chuva – Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional. ABC Editora, Fortaleza.