



ISSN:1984-2295

# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Condições Sinóticas em Episódio de Rajadas de Vento na Região Metropolitana de Salvador

Alexsandra Barbosa Silva<sup>1</sup>; Maria Regina da Silva Aragão<sup>2</sup>; Magaly de Fatima Correia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestranda em Meteorologia, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia (CNPq), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil, [alexandrabs@yahoo.com.br](mailto:alexandrabs@yahoo.com.br). <sup>2,3</sup>Profa. Doutora efetiva, Universidade Federal de Campina Grande, Campus Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil, [regina@dca.ufcg.edu.br](mailto:regina@dca.ufcg.edu.br), [magaly@dca.ufcg.edu.br](mailto:magaly@dca.ufcg.edu.br).

Artigo recebido em 11/07/2013 e aceito em 25/09/2013

### RESUMO

O foco deste trabalho são as rajadas de vento registradas no Aeroporto Internacional de Salvador no período 2003-2011. Variáveis meteorológicas observadas à superfície na área do aeroporto, imagens de satélites meteorológicos e dados em pontos de grade foram utilizados para analisar a variabilidade interanual, sazonal e horária das rajadas, e diagnosticar as condições sinóticas de um caso selecionado. Um percentual de 51% do número total de rajadas de vento foi registrado em 2003 e 2007 (em conjunto), com valores muito próximos. O mês de maio teve o maior percentual de registros de rajadas (22%), e as direções do setor sul da rosa dos ventos foram as mais frequentes (51%). No caso selecionado (10-11 de maio de 2007) houve cinco registros, no período da noite, com a direção do vento variando entre 170 e 200 graus. A rajada mais forte, com 190 graus e 69 km/h, ocorreu às 01 UTC do dia 11. Nuvens de convecção profunda (cúmulos congestos) foram observadas na área do aeroporto. Esse caso foi associado à passagem de um sistema frontal em Salvador, evidenciada pela variação diária de elementos atmosféricos observados à superfície na estação meteorológica do aeroporto. Segundo a Coordenadoria de Defesa Civil de Salvador (CODESAL), as fortes variações do vento causaram desabamento e destelhamento de imóveis registrados no dia 11.

Palavras-chave: vento à superfície, evento extremo, sistema frontal, Bahia, Nordeste do Brasil.

### Synoptic Conditions in a Wind Gust Episode in Metropolitan Salvador.

### ABSTRACT

This work focuses on wind gusts observed at the Salvador International Airport during the period 2003-2011. Surface meteorological variables observed at the airport, meteorological satellite images and gridpoint data were used to analyze the interannual, seasonal and hourly variability of the wind gusts and to diagnose the synoptic conditions of one selected case. A fifty two percent of the total number of wind gusts was found in 2003 and 2007 (altogether), with very close values. May had the highest percentage of wind gust reports (22%), while wind directions in the southern sector of the wind rose were more frequent (51%). The selected case (10-11 May 2007) had 5 gusts, at night, with wind direction varying from 190 to 200 degrees. The strongest wind gust, with 190 degrees and 69 km/h, occurred at 01 UTC on the 11th. Deep cumulus clouds (cumulus congestus) were observed within the airport area. This case was associated with a frontal passage in Salvador, as shown by the daily variability of the atmospheric elements observed at the airport surface meteorological station. The Civil Defense of Salvador (CODESAL) registered collapsed and unroofed houses on the 11th.

Keywords: surface wind, extreme event, frontal system, Bahia, Northeast Brazil

\* E-mail para correspondência:  
[alexandrabs@yahoo.com.br](mailto:alexandrabs@yahoo.com.br) (Barbosa Silva, A.).

## Introdução

As rajadas de vento são fenômenos meteorológicos caracterizados pela mudança repentina na velocidade e direção do vento em um curto intervalo de tempo, enquanto que cortantes de vento são variações em uma camada próxima à superfície. Ambas oferecem grande risco para a aviação, especialmente durante as operações de pouso e decolagem, além de acarretar transtornos à população já que podem causar destelhamento de imóveis, tombamento de árvores, etc. As rajadas de vento são ventos fortes que podem ser originados por nuvens de convecção profunda, isoladas ou organizadas, correntes de jato de baixos níveis, sistemas frontais, linhas de instabilidade, sistemas de brisas, fortes inversões de temperatura, etc.

Na aviação, as rajadas de vento são mais perigosas quando ocorrem próximo à superfície. Elas podem causar turbulência, alterações na leitura do altímetro e no ângulo de ataque, e perda de sustentação da aeronave, o que pode ocasionar sua queda. Cortantes de vento são fenômenos que também causam problemas para a aviação. Segundo a Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET), o Aeroporto Internacional de Salvador - Deputado Luís Eduardo Magalhães ocupa a quarta posição entre os aeroportos com maior número de eventos de cortantes de vento, totalizando 382 casos no período de 1999 a 2012. Localizado a 28 km da capital, no município de Lauro de Freitas, região metropolitana de Salvador (RMS) (Figura 1),

ele é o mais movimentado da Região Nordeste e um dos aeroportos de melhor infraestrutura do País (<http://www.infraero.gov.br>).

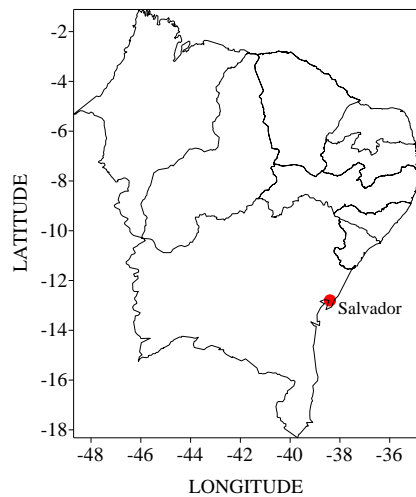
Salvador é influenciada por circulações atmosféricas de diversas escalas: alta subtropical do Atlântico Sul, sistemas frontais (Santos, 2008), ciclones de altos níveis, distúrbios ondulatórios de leste (Santos et al., 2012), sistemas convectivos de mesoescala e sistemas de brisa. Considerando essa grande diversidade de sistemas meteorológicos, o objetivo deste trabalho é analisar a variabilidade dos episódios de rajadas de vento registrados no Aeroporto Internacional de Salvador no período 2003-2011, e diagnosticar as condições atmosféricas associadas em um caso selecionado pela magnitude das rajadas.

## Material e Métodos

Os dados meteorológicos de superfície utilizados neste trabalho foram coletados em horários inteiros (METAR) e intermediários (SPECI) na estação meteorológica de coordenadas (12°54'S, 38°19'W, 15m), indicador SBSV e número sinótico 83248 do Aeroporto Internacional Deputado Luís Eduardo Magalhães (antigo Dois de Julho) de Salvador, capital da Bahia. Os dados estão disponíveis na Internet através da REDEMET (Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica), na forma do código METAR (Brasil, 2012; Correia, 1995).

A primeira etapa deste trabalho consistiu em utilizar os dados de velocidade e direção do vento observado à superfície no período de janeiro de 2003 a dezembro de 2011 com o objetivo de determinar a frequência de ocorrência de rajadas de vento,

e estudar a variabilidade interanual, sazonal e horária desse fenômeno. Uma análise complementar consistiu em determinar a frequência das rajadas, com foco na direção do vento, considerando os 16 setores de 22,5° da rosa dos ventos apresentados no Quadro 1.



(a)



(b)

**Figura 1.** (a) Região Nordeste do Brasil e localização aproximada da cidade de Salvador (círculo vermelho) e (b) Região Metropolitana de Salvador (RMS) e divisão das 18 regiões administrativas do município. (Fonte: Leis N° 7.400/2008 e N° 8.167/2012 regulamentadoras do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Salvador.

(Disponível em: [http://www.desenvolvimentourbano.salvador.ba.gov.br/lei7400\\_pddu/index.php](http://www.desenvolvimentourbano.salvador.ba.gov.br/lei7400_pddu/index.php)).

A segunda etapa da pesquisa consistiu em identificar os sistemas atmosféricos atuantes no caso que apresentou a rajada de vento mais forte. O desenvolvimento de sistemas meteorológicos foi visualizado a partir de imagens dos satélites meteorológicos METEOSAT e GOES-E disponíveis em intervalos de três horas no canal do infravermelho térmico. Também foram utilizados os dados METAR de pressão,

temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho, direção e velocidade do vento e nebulosidade (quantidade e altura da base das nuvens) observados à superfície no Aeroporto Internacional de Salvador. As médias diárias da pressão reduzida ao nível médio do mar, do vento (componente zonal e meridional) e das temperaturas foram calculadas para filtrar as variações devidas ao ciclo diário.

Setor	Código	Direção	Intervalo de Direção
norte	N	360°	348,75°   360° U 0°
norte-	NNE	22,5°	11,25°   33,75°
nordeste	NE	45°	33,75°   56,25°
leste-nordeste	ENE	67,5°	56,25°   78,75°
leste	E	90°	78,75°   101,25°
leste-sudeste	ESE	112,5°	101,25°   123,75°
sudeste	SE	135°	123,75°   146,25°
sul-sudeste	SSE	157,5°	146,25°   168,75°
sul	S	180°	168,75°   191,25°
sul-sudoeste	SSW	202,5°	191,25°   213,75°
sudoeste	SW	225°	213,75°   236,25°
oeste-	WSW	247,5°	236,25°   258,75°
oeste	W	270°	258,75°   281,25°
oeste-	WNW	292,5°	281,25°   303,75°
noroeste	NW	315°	303,75°   326,25°
norte-	NNW	337,5°	326,25°   348,75°

Quadro 1 – Classificação dos setores de direção do vento.

De acordo com Sonnemaker [199-] e Brasil (2012), a quantidade de nuvens, estimada em oitavos, foi decodificada da seguinte forma:

FEW = Poucas nuvens = 1 a 2 oitavos encobertos,

SCT = Nuvens esparsas = 3 a 4 oitavos,

BKN = Céu nublado = 5 a 7 oitavos,

OVC = Céu encoberto = 8 oitavos.

A altura da base das nuvens é informada em centenas de pés ou unidades de 30 metros até o limite de 10.000 pés ou 3.000 metros, de modo que o número de camadas não ultrapasse três, exceto quando existirem nuvens convectivas significativas do tipo cumulonimbos (CB) ou cúmulos congestos (TCU), que sempre são informadas. Os grupos foram decodificados de acordo com os seguintes critérios:

1° Grupo = o mais baixo, independentemente da quantidade de nuvens,

2° Grupo = próximo, em altura, com três oitavos ou mais,

3° Grupo = o seguinte, com cinco oitavos ou mais,

Grupo adicional = TCU ou CB, com qualquer quantidade.

As condições sinóticas da atmosfera também foram analisadas através de dados de pressão reduzida ao nível médio do mar (hPa) e das componentes do vento em coordenadas de pressão, obtidos das reanálises dos National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) (KALNAY et al., 1996), com espaçamento de grade de 2,5°x2,5°, para os horários das 00, 06, 12 e 18 UTC e exibidos através do Sistema de

Visualização e Análise de Dados em Pontos de Grade (GrADS), na área geográfica

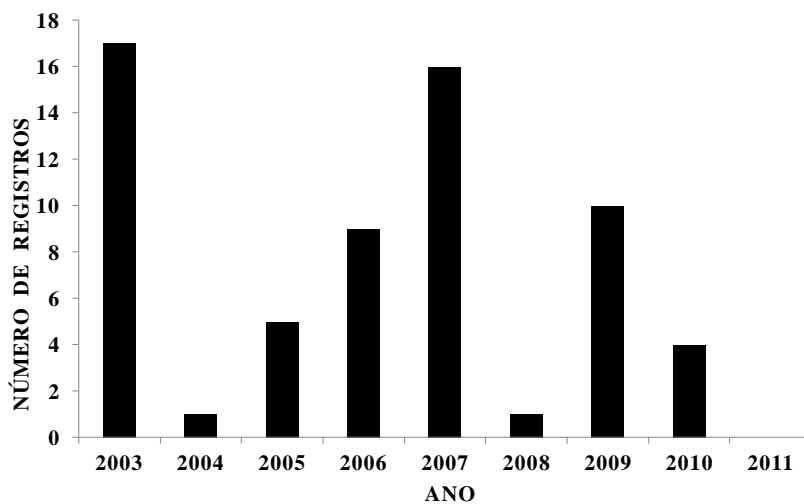
## Resultados e Discussão

### Estatística das rajadas de vento

A ilustração da distribuição anual do número de registros de rajadas de vento no Aeroporto Internacional de Salvador para o período de 2003 a 2011 (Fig. 2) mostra os anos de 2004 e 2008 com o menor número de

limitada pelas latitudes de 30°N e 55°S, e pelas longitudes de 0° e 120°W.

registros (1), enquanto que os maiores valores, 17 e 16, são vistos nos anos de 2003 e 2007, respectivamente. A distribuição anual para o período de 2003 a 2010 obtida por Silva Aragão et al. (2011) é semelhante a da Figura 2, tendo em vista que não houve registro de rajadas de vento em 2011.

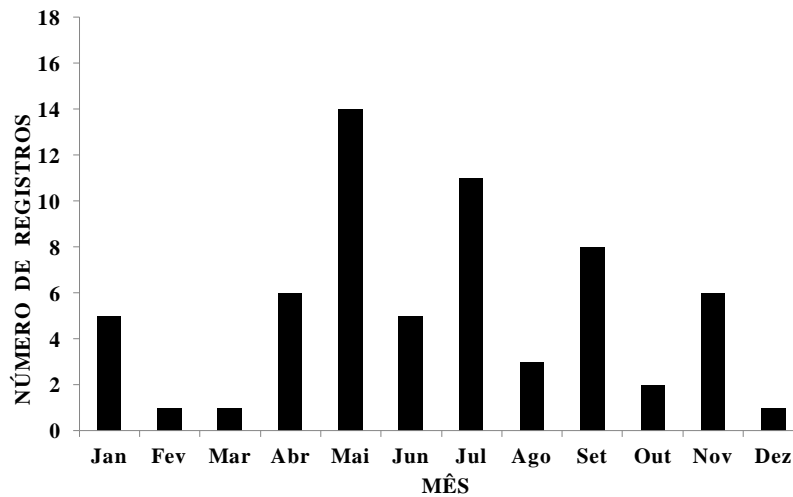


**Figura 2.** Distribuição anual do número de rajadas de vento registradas no Aeroporto Internacional de Salvador no período 2003-2011. (Fonte dos dados: <http://www.redemet.aer.mil.br>).

A distribuição mensal do número de rajadas de vento (Fig. 3) mostra que o maior número foi registrado em maio, 14 casos, dos quais cinco ocorreram no ano de 2007 (não mostrado). Uma dessas rajadas, a de maior intensidade do período 2003-2011, motivou a escolha de maio de 2007 para estudo. Os menores valores são vistos nos meses de fevereiro, março e dezembro, que tem apenas um caso. O mês de janeiro apresenta cinco

casos, três deles registrados em 2007 (não mostrado).

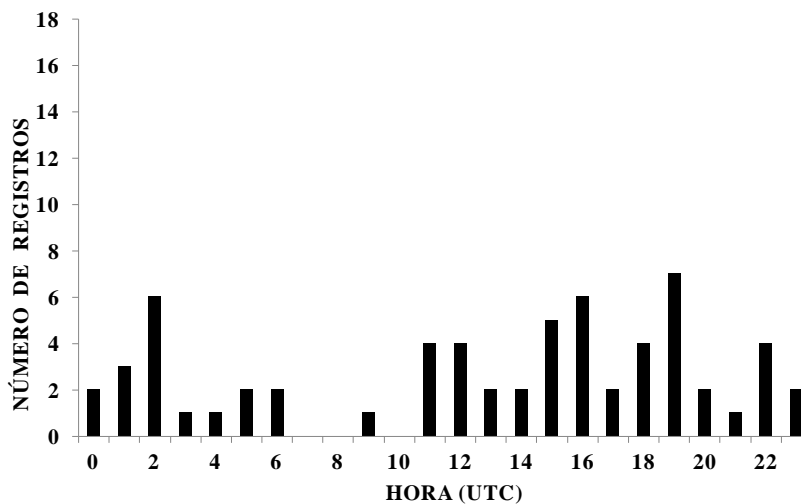
A ilustração da variação horária do número de registros de rajadas de vento (Fig. 4) indica que a frequência é mínima entre a meia noite e 7 horas da manhã (3 e 10 UTC no gráfico), e é máxima durante a tarde, entre meio dia e 16 horário local (15 e 19 UTC no gráfico). Esses horários preferenciais sugerem uma relação com o ciclo diário do vento na área analisada.



**Figura 3.** Distribuição mensal do número de rajadas de vento registradas no Aeroporto Internacional de Salvador no período 2003-2011. (Fonte dos dados: <http://www.redemet.aer.mil.br>).

A Figura 5 ilustra a distribuição do número de rajadas de vento por setor de direção do vento de acordo com o Quadro 1. Nela é possível observar que há setores preferenciais para a ocorrência de rajadas: o setor sul (S), com 32 casos, 51% do total de 63 registros do período, e os setores leste (E)

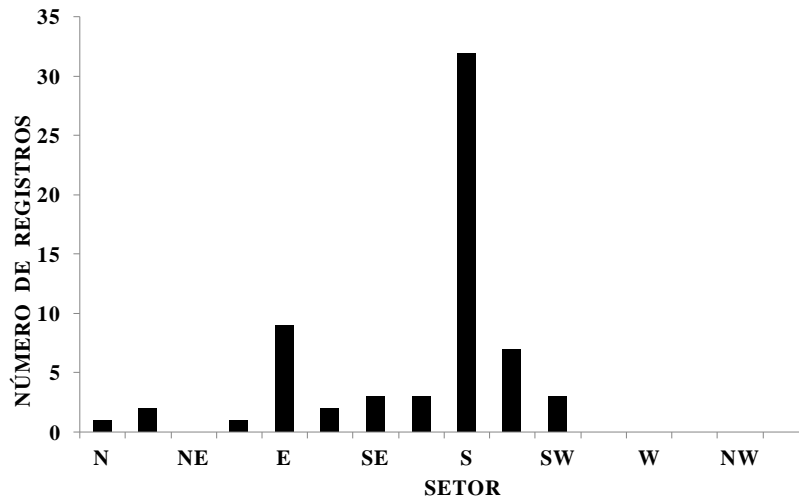
e sul-sudoeste (SSW) com 9 (14%) e 7 (11%), respectivamente. O número de registros nos demais setores não ultrapassa 3 (5%). Esse setor preferencial sugere situações de passagens frontais, já que nelas prevalecem ventos com componente de sul.



**Figura 4.** Distribuição horária do número de rajadas de vento registradas no Aeroporto Internacional de Salvador no período 2003-2011. Observe que a hora local (HL) é  $HL = UTC - 3$  horas. (Fonte dos dados: <http://www.redemet.aer.mil.br>).

A Figura 5 ilustra a distribuição do número de rajadas de vento por setor de direção do vento de acordo com o Quadro 1. Nela é possível observar que há setores preferenciais para a ocorrência de rajadas: o setor sul (S), com 32 casos, 51% do total de 63 registros do período, e os setores leste (E)

e sul-sudoeste (SSW) com 9 (14%) e 7 (11%), respectivamente. O número de registros nos demais setores não ultrapassa 3 (5%). Esse setor preferencial sugere situações de passagens frontais, já que nelas prevalecem ventos com componente de sul.



**Figura 5.** Distribuição por setor do número de rajadas de vento registradas no Aeroporto Internacional de Salvador no período 2003-2011. (Fonte dos dados: <http://www.redemet.aer.mil.br>).

#### Estudo de caso

O caso selecionado para análise a partir das mensagens METAR disponibilizadas pela REDEMET tem cinco registros de rajadas de vento nos dias 10 e 11 de maio de 2007, todos no período da noite (Quadro 2). A rajada mais forte, de 69 km/h, foi registrada às 01 UTC do dia 11. Ainda no Quadro 2, observa-se que a direção das rajadas variou entre 170 e 200 graus.

Neste episódio também houve registro de cortantes de vento (“wind shear”), num total de sete, todos com a presença de nuvens

do tipo cúmulos congestos. As cortantes ocorreram no dia 11, entre 01 e 05 UTC, e entre 17 e 18 UTC. De acordo com o histórico de acidentes da CODESAL, foram registrados casos de desabamento e destelhamento de imóveis no dia 11 de maio de 2007, causados possivelmente por ventos fortes, o que também foi observado por Barbosa Silva et al. (2011) no episódio de 8 de setembro de 2006.

Data	Horário (UTC)	Direção (°) / Setor	Velocidade (km/h)
10/05/2007	21h35min	180 / S	52
10/05/2007	22h00min	200 / SSW	50
10/05/2007	23h00min	170 / S	48
11/05/2007	00h00min	180 / S	44
11/05/2007	01h00min	190 / S	69

Quadro 2 – Data, horário, direção e velocidade das rajadas de vento registradas em maio de 2007 nas mensagens METAR/SPECI do Aeroporto Internacional de Salvador. (Fonte dos dados: <http://www.redemet.aer.mil.br>).

De acordo com a Coordenadoria da Defesa Civil de Salvador (CODESAL) (<http://www.defesacivil.salvador.ba.gov.br/>), no ano de 2007 o total pluviométrico foi inferior à normal climatológica do período 1961-1990 (RAMOS et al., 2009), caracterizando-o como um ano seco. Essa classificação foi confirmada por Santos (2013), que utilizou a técnica dos quantis para analisar a série histórica dos totais mensais de precipitação da estação climatológica principal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Salvador. Na análise mensal, Santos identificou o mês de maio de 2007 como muito seco.

Análise da variação de elementos meteorológicos observados à superfície

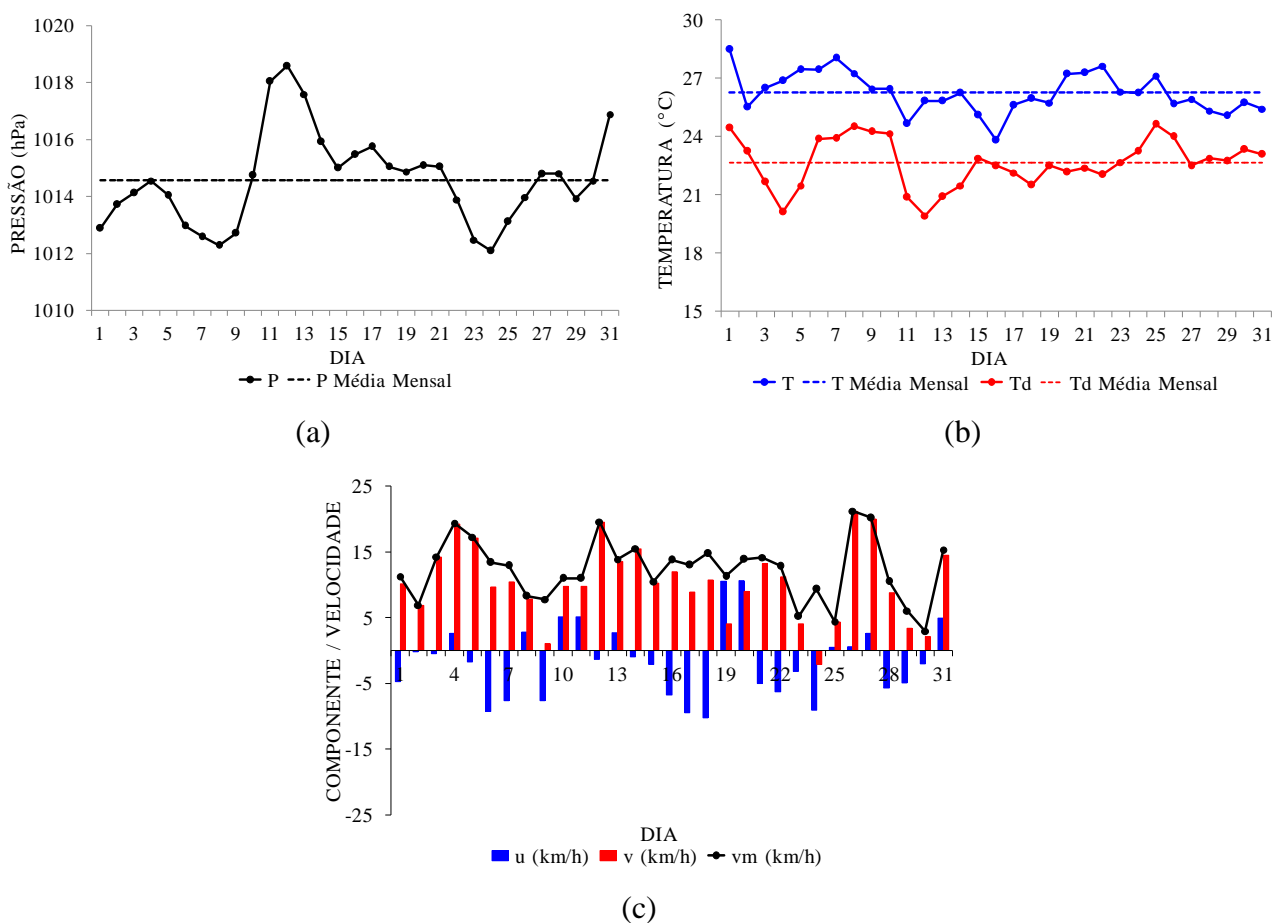
A Figura 6, que ilustra a distribuição da média diária de elementos meteorológicos observados à superfície no Aeroporto Internacional de Salvador em maio de 2007, evidencia que os valores de pressão diminuem nos dias que antecedem 8 e 24, quando

atingem o valor mínimo de 1012 hPa (Fig. 6a) e que, em seguida, aumentam até atingir máximos de 1019 e 1015 hPa, nos dias 12 e 27, respectivamente. A magnitude e o sinal dessas variações sugerem o avanço de sistemas frontais sobre a Bahia, o que é confirmado por mudanças nas temperaturas e no vento em Salvador. De acordo com Kousky (1979), as frentes frias atingem o sul da Bahia (Caravelas) durante todo o ano, porém são mais frequentes de março a dezembro. Há casos em que esses sistemas provocam mudanças significativas no tempo em localidades ao norte de Caravelas, o que ocorreu em Salvador na passagem frontal da primeira quinzena de maio de 2007. Salvador também pode registrar chuvas fortes associadas a passagens frontais, a exemplo do caso de 21 de abril de 2006 estudado por Santos (2008).

Na ilustração das temperaturas de maio de 2007, a curva da temperatura do ponto de orvalho (Td) (Fig. 6b) indica aumento da umidade atmosférica entre os dias 4 e 8 e posterior decréscimo até o dia 12.

Essas variações, opostas àquelas vistas na pressão atmosférica (Fig. 6a), são características da aproximação, até o dia 8, e chegada de um sistema frontal. As mudanças observadas nos dias posteriores, até o dia 12, indicam a presença da massa de ar situada na retaguarda da frente, cujo teor de umidade é menor. De maneira geral, a curva da temperatura do ar mostra variações opostas (e de menor magnitude).

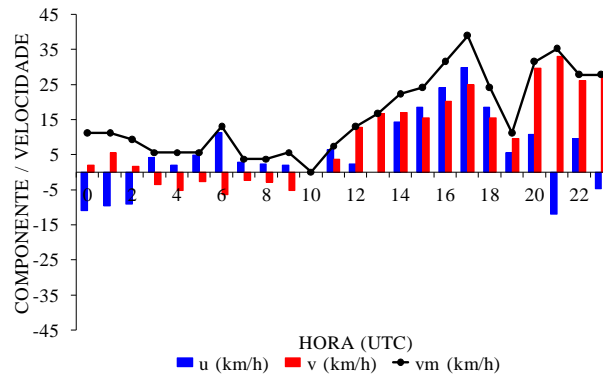
A Figura 6c evidencia que a componente meridional é a mais intensa durante todo o mês, e que ventos do quadrante sudeste dominam nos dias que antecedem a chegada da frente, que ocorre no dia 8, quando a direção do vento passa a ser do quadrante sudoeste. O maior valor de velocidade média diária (21,2 km/h) é visto no dia 26 de maio.



**Figura 6.** Distribuição dos valores médios diários de elementos meteorológicos observados à superfície no Aeroporto Internacional de Salvador em maio de 2007: (a) pressão (P), (b) temperatura (T) e temperatura do ponto de orvalho (Td), e (c) velocidade (vm) e componentes zonal (u) e meridional (v) do vento (km/h). Os valores positivos (negativos) da componente zonal representam escoamento de oeste (leste). Os valores positivos (negativos) da componente meridional representam escoamento de sul (norte). A simbologia utilizada é vista abaixo dos gráficos. (Fonte dos dados: <http://www.redemet.aer.mil.br>).

A Figura 7 ilustra a distribuição horária da velocidade e das componentes do vento observado à superfície no Aeroporto Internacional de Salvador em 10 de maio de 2007. Ela mostra grande variabilidade, tanto na direção quanto na velocidade. É possível

observar que até as 9 UTC os ventos são fracos e do quadrante sudeste ou noroeste, e que ocorre calmaria às 10 UTC. A partir de 11 UTC o vento intensifica e prevalece o quadrante sudoeste. A velocidade máxima horária, 38,9 km/h, ocorre às 17 UTC.



**Figura 7.** Distribuição dos valores horários da velocidade (vm) e componentes zonal (u) e meridional (v) do vento observado à superfície (km/h) no Aeroporto Internacional de Salvador em 10 de maio de 2007. Os valores positivos (negativos) da componente zonal representam escoamento de oeste (leste). Os valores positivos (negativos) da componente meridional representam escoamento de sul (norte). A simbologia utilizada é vista abaixo do gráfico. (Fonte dos dados: <http://www.redemet.aer.mil.br>).

#### Análise da nebulosidade e da circulação atmosférica

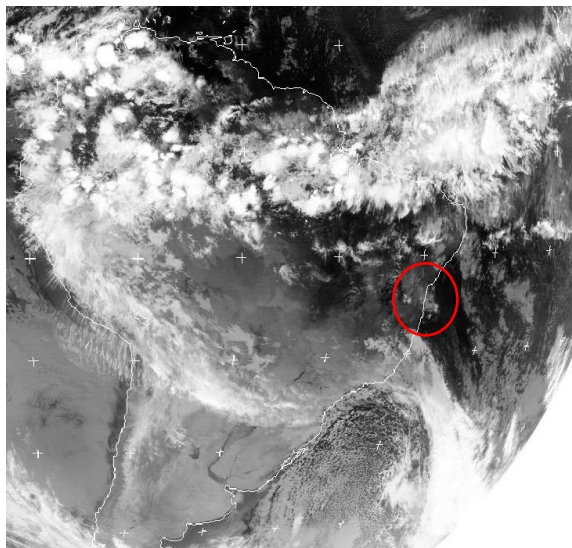
A distribuição horária, em quatro grupos, da quantidade de nuvens existente na área do Aeroporto Internacional de Salvador em 10 de maio de 2007 é apresentada no Quadro 3. Ela evidencia que até as 11 UTC há 4 oitavos do céu encoberto e que a partir das 12 UTC há presença de nuvens do tipo cúmulos congestos em todos os horários, com exceção das 21 UTC. É possível observar no decorrer do período que o número de grupos de nuvens aumenta e que as respectivas alturas da base diminuem.

Dia / Hora (UTC)	CAMADA			
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo Adicional
10 / 00	FEW017			
01	SCT017			
02	SCT017			
03	SCT017			
04	SCT017			
05	SCT017			
06	SCT017			
07	SCT017			
08	SCT017			
09	SCT017			
10	SCT017	SCT100		
11	SCT017	SCT100		
12	SCT017	SCT100		FEW020TCU
13	SCT017	SCT100		FEW020TCU
14	SCT017	BKN100		FEW020TCU
15	SCT010	SCT017	BKN100	FEW020TCU
16	BKN012	SCT017	BKN100	FEW020TCU
17	BKN012	SCT017	BKN100	FEW020TCU
18	FEW012	BKN013		FEW017TCU
19	FEW012	BKN013		FEW017TCU
20	SCT012	BKN013	BKN100	FEW017TCU
21	SCT012	BKN013	BKN100	
22	BKN007	BKN010	BKN070	FEW017TCU
23	BKN010	BKN013	BKN080	FEW017TCU
11 / 00	BKN010	BKN013	BKN070	FEW017TCU
01	BKN007	BKN013	BKN070	FEW017TCU
02	BKN010	BKN013	BKN070	FEW017TCU
03	BKN010	BKN015	BKN070	FEW017TCU
04	BKN010	BKN015	BKN070	FEW017TCU

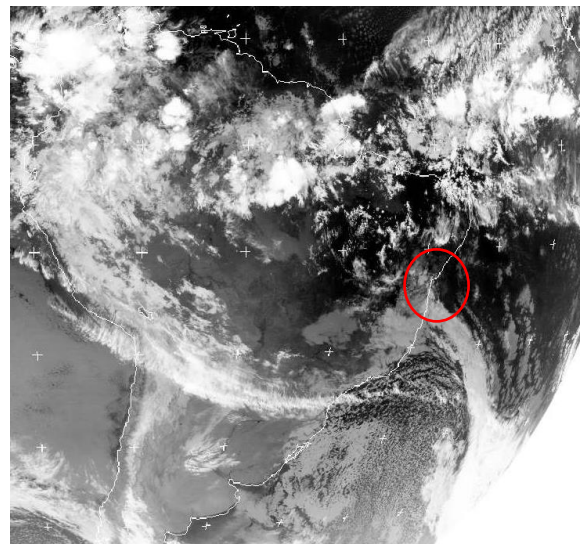
Quadro 3 – Distribuição horária (UTC) da quantidade (oitavos) e altura da base (centenas de pés) dos grupos de nuvens existentes na área do Aeroporto Internacional de Salvador no dia 10 e nas primeiras horas de 11 de maio de 2007. As abreviaturas usadas para a quantidade de nuvens representam: FEW = Pouco = 1 a 2 oitavos encobertos, SCT = Esparso = 3 a 4 oitavos, BKN = Nublado = 5 a 7 oitavos, OVC = Encoberto = 8 oitavos. Observe que 1 metro = 3,28 pés e que a hora local (HL) é  $HL = UTC - 3$  horas. (Fonte dos dados: <http://www.redemet.aer.mil.br>).

O avanço do sistema frontal, que ocorreu no início de maio de 2007, pode ser acompanhado através de imagens do satélite GOES-E obtidas em intervalos de 3 horas. Nas imagens da Figura 8 é possível observar uma banda de nebulosidade convectiva posicionada na direção noroeste-sudeste sobre o oceano e parte sul do Nordeste,

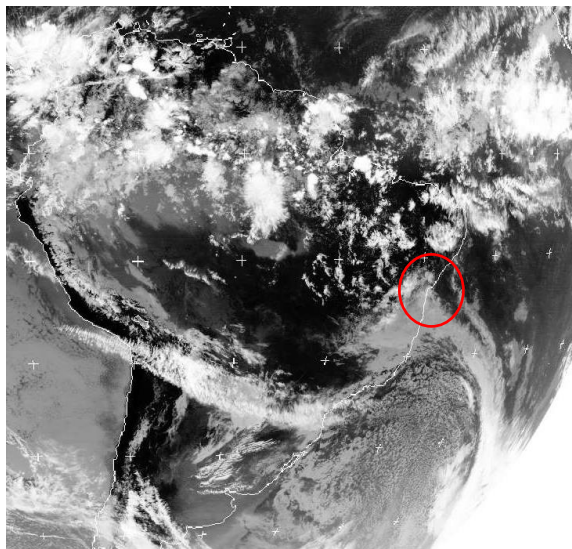
configurando uma zona frontal, e as nuvens de convecção profunda situadas na faixa equatorial associadas à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A nebulosidade registrada no aeroporto de Salvador a partir das 12 UTC (Quadro 3) mostra relação com as imagens da Figura 8c,d.



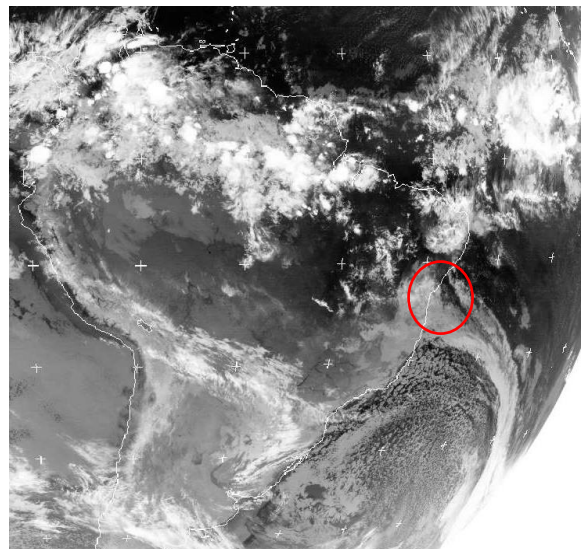
(a)



(b)



(c)

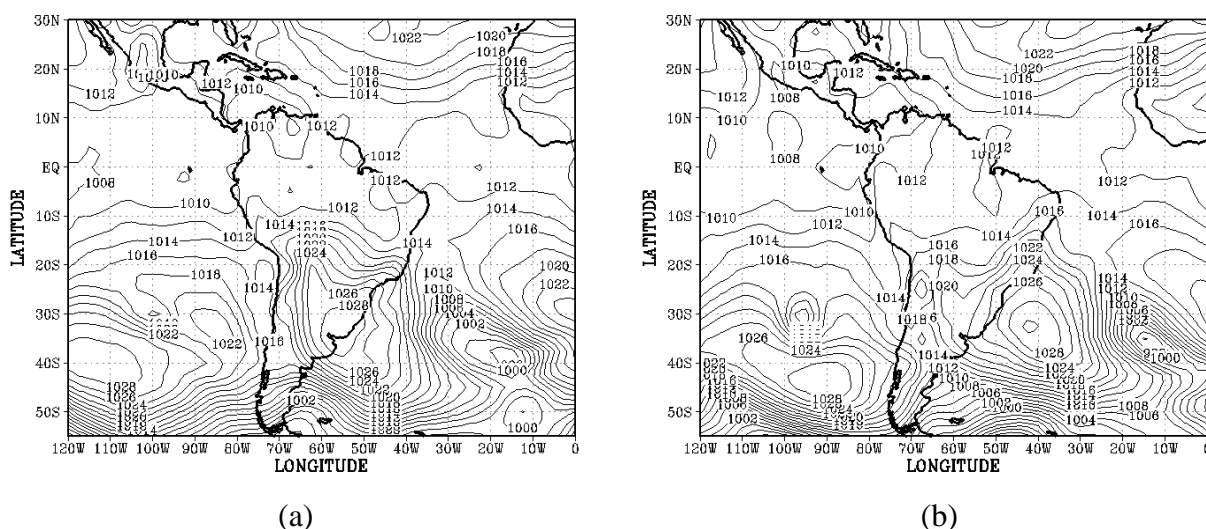


(d)

**Figura 8.** Imagens do satélite meteorológico GOES-E na banda do infravermelho térmico para o dia 10 de maio de 2007 às 00 UTC (a), 12 UTC (b) e 18 UTC (c), e para o dia 11 de maio de 2007 às 00 UTC (d). A circunferência vermelha está centrada em Salvador, aproximadamente. (Fonte das imagens: Adaptado de <http://www.sat.dundee.ac.uk>).

Nos campos da pressão ao nível médio do mar dos dias que antecedem o caso de rajadas de vento (não mostrados), é possível observar o deslocamento do sistema frontal sobre a Bahia, e do forte centro de alta pressão na sua retaguarda, que também pode ser observado às 00 UTC do dia 10 (Fig. 9a) e

11 de maio (Fig. 9b). Na mesma figura, os valores de pressão relativamente baixos na faixa equatorial indicam a presença do cavado equatorial, área com atividade convectiva associada à ZCIT nas imagens de satélite (Fig. 8a,d).



**Figura 9.** Pressão reduzida ao nível médio do mar (hPa) para as 00 UTC do dia 10/05/2007 (a) e 11/05/2007 (b). O intervalo de análise é de 2 hPa. (Fonte dos dados: NCEP/NCAR).

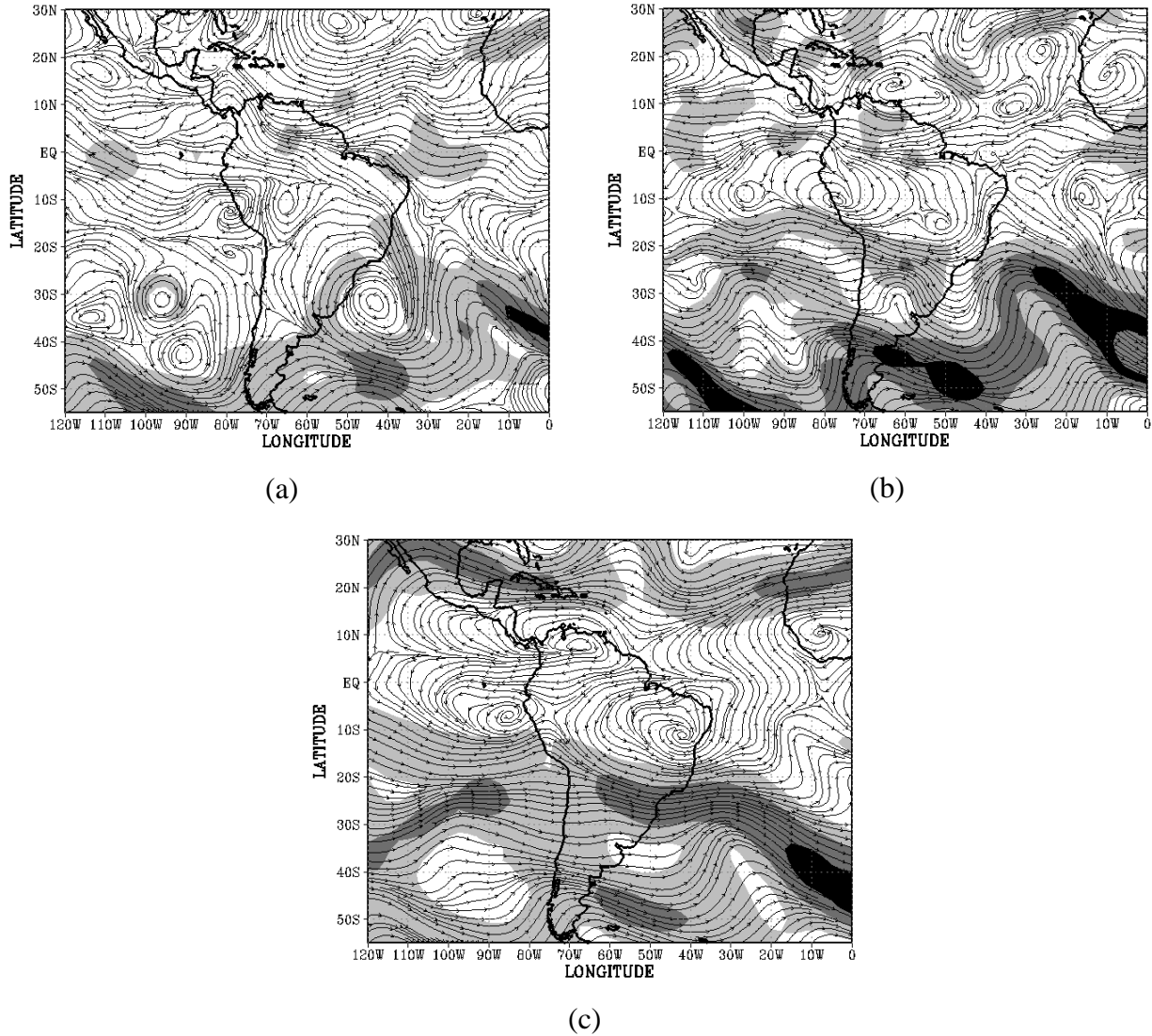
A Figura 10, que ilustra o campo do vento para as 00 UTC do dia 11 de maio de 2007, evidencia no nível de 850 hPa (Fig. 10a) o anticiclone intenso centrado no Oceano Atlântico, associado ao centro de alta pressão na retaguarda do sistema frontal visto no mapa de superfície das 00 UTC (Fig. 9b). Ainda no nível de 850 hPa, merece destaque o cavado invertido situado a leste do Nordeste, induzido pelo avanço do cavado frontal para latitudes baixas. No nível de 500 hPa (Fig. 10b), o cavado frontal se estende até próximo do equador, sobre o Oceano Atlântico e o leste do Nordeste. No nível de 200 hPa (Fig.

10c), o cavado frontal é evidente até a latitude de 30°S e um anticiclone atua sobre o Nordeste do Brasil, favorecendo a divergência nos altos níveis sobre a região.

A Figura 11a,b,c ilustra a componente vertical da vorticidade relativa em 850, 500 e 200hPa, respectivamente. Ela mostra em 850 hPa (Fig. 11a) um núcleo de vorticidade ciclônica com inclinação noroeste-sudeste que se estende do extremo leste do Nordeste ao sudeste do Atlântico Sul, associado ao cavado frontal e ao cavado invertido ilustrados no campo do vento da Figura 10a. A oeste desse núcleo há uma extensa área de vorticidade

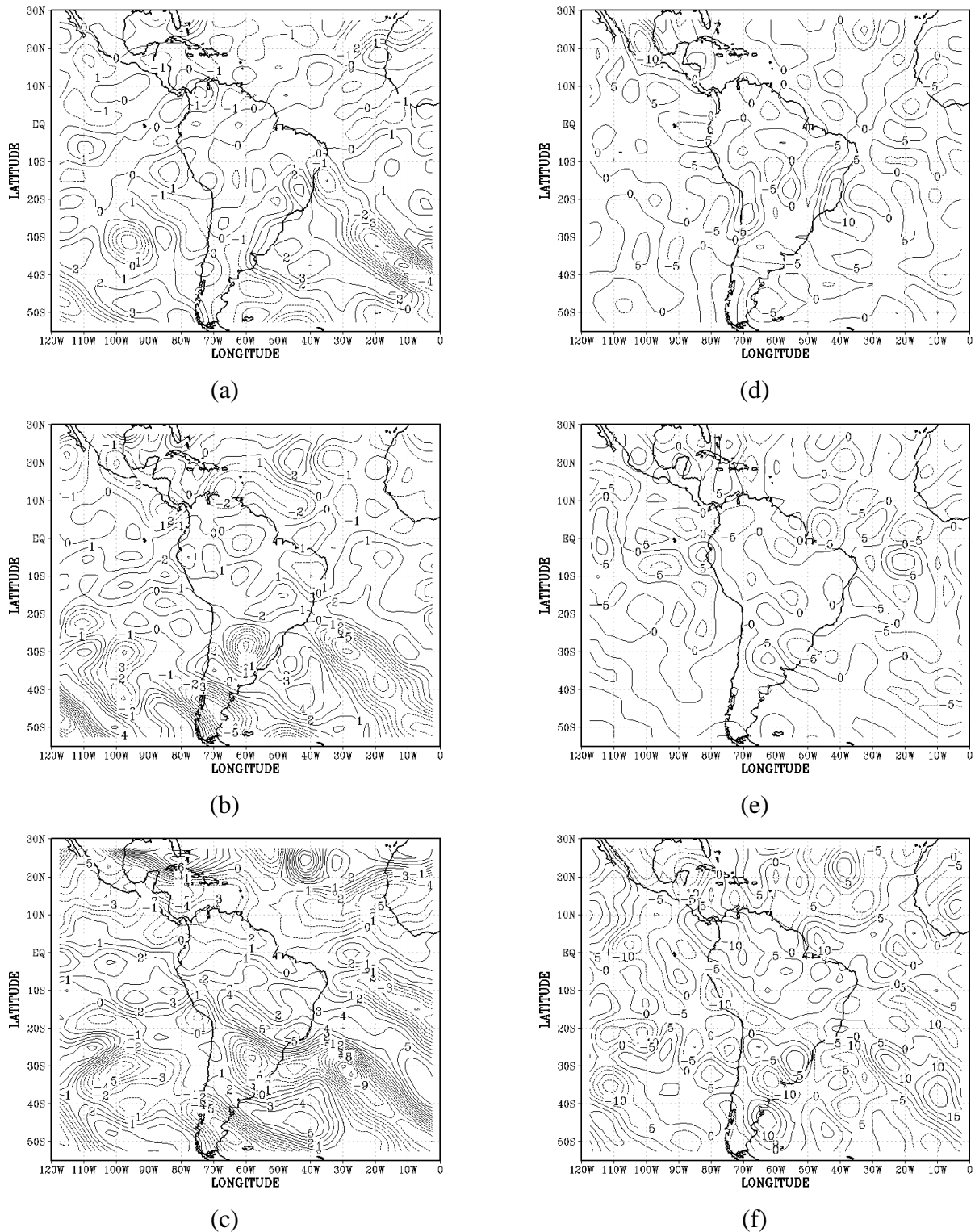
anticiclônica. No nível de 500 hPa (Fig. 11b) há vorticidade ciclônica em grande parte do Nordeste, enquanto que vorticidade anticiclônica domina a região no nível de 200 hPa (Fig. 11c). O campo da divergência

horizontal mostra divergência no extremo leste do Nordeste no nível de 850 hPa (Fig. 11d), e em grande parte da região no nível de 500 e de 200 hPa (Fig. 11e,f).



**Figura 10.** Análise de linhas de corrente e velocidade do vento para as 00 UTC do dia 11 de maio de 2007 nos níveis de: (a) 850 hPa, (b) 500 hPa e (c) 200 hPa. A intensidade do vento está representada por: cinza escuro para  $60 \text{ m/s} \leq V$  ( $30 \text{ m/s} \leq V$ ) em 200 hPa (500 hPa), cinza médio para  $40 \text{ m/s} \leq V < 60 \text{ m/s}$  ( $20 \text{ m/s} \leq V < 30 \text{ m/s}$ ) em 200 hPa (500 e 850 hPa), e cinza claro para  $20 \text{ m/s} \leq V < 40 \text{ m/s}$  ( $10 \text{ m/s} \leq V < 20 \text{ m/s}$ ) em 200 hPa (500 e 850 hPa).

(Fonte dos dados: *NCEP/NCAR*).



**Figura 11.** Componente vertical da vorticidade relativa ((a),(b),(c)), com intervalo de análise de  $1,0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , e divergência horizontal ((d),(e),(f)), com intervalo de análise de  $5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ , para as 0000 UTC do dia 11 de maio de 2007 no nível de: 850 hPa ((a),(d)); 500 hPa ((b),(e)); e 200 hPa ((c),(f)). As linhas contínuas (pontilhadas) correspondem a valores positivos (negativos). (Fonte dos dados: *NCEP/NCAR*).

## Conclusões

- Nos anos de 2003 e 2007 houve 33 casos (51%) do total de 63 registros de rajadas de vento.
- O mês de maio, climatologicamente o mais chuvoso de Salvador, é o de maior número de rajadas (14).
- Os setores sul (S) (32), leste (E) (9) e sul-sudoeste (SSW) (7) são os mais frequentes.
- O caso estudado (10-11 de maio de 2007) tem cinco rajadas, no período da noite, com a direção do vento variando entre 170° e 200°. A rajada mais forte do período de estudo ocorreu nessa noite, com direção de 190° e velocidade de 69 km/h.
- Esse episódio esteve associado à passagem de uma frente fria e do forte centro de alta pressão na sua retaguarda, evidenciada pela variação diária de elementos meteorológicos observados à superfície na área do aeroporto e por campos meteorológicos de altitude.
- Nuvens cúmulos congestos foram observadas na área do aeroporto no dia das rajadas. A CODESAL registrou desabamento e destelhamento de imóveis no dia 11.

## Agradecimentos

A primeira autora agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudos. Esta pesquisa teve apoio parcial da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) através do Convênio FINEP/PCPC Nº 01 08 0617 01 Projeto CAFÉ – Centro de Alerta de Fenômenos Extremos.

## Referências

- Barbosa Silva, A.; Silva Aragão, M. R.; Correia, M. F.; Oliveira Silva, P. K. 2011. Características de Episódios de Rajadas de Vento no Aeroporto Internacional de Salvador. In: Simpósio Internacional De Climatologia, 4, João Pessoa/PB. Anais... João Pessoa/PB, CD-ROM.
- Brasil. 2012. Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica. Departamento de controle do espaço aéreo. Manual de Códigos Meteorológicos. MCA 105-10. BCA, n. 001. [Rio de Janeiro].
- Correia, M. F. 1995. Meteorologia Aplicada I. Códigos Meteorológicos (Versão Preliminar), Parte 2.
- Kalnay, E. and coauthors. 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 77, n. 3, p. 437-471. ISSN 1520-0477.
- Kousky, V. E. 1979. Frontal influences on Northeast Brazil. Monthly Weather Review, Boston, v. 107, p. 1140-1153. ISSN 0027-0644.
- Ramos, A. M.; Santos, L. A. R.; Fortes, L. T. G. 2009. Normais Climatológicas do Brasil. 1961-1990 / DF: INMET, 279 p. ISBN: 978-85-62817-01-4.

Santos, A. H. M. 2008. Eventos extremos de chuva em Salvador, Bahia: Condições atmosféricas e impactos ambientais. 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

Santos, A. H. M.; Silva Aragão, M. R.; Correia, M. F.; Araújo, H. A.; Barbosa Silva, A. 2012. Distúrbio ondulatório de leste e seus impactos na cidade de Salvador. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, n. 3, p. 355-364, ISSN 0102-7786.

Santos, A. P. P. 2013. Precipitação na cidade de Salvador: Classificação em quantis e análise de um evento climático extremo. 2013. 100 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

Silva Aragão, M. R.; Barbosa Silva, A.; Correia, M. F.; Oliveira Silva, P. K. 2011. Episódios de Rajadas de Vento no Aeroporto Internacional de Salvador. In: *Brazilian Micrometeorology Workshop*, 8. Santa Maria/RS. Anais... Santa Maria/RS, CD-ROM.

Sonnemaker, J. B. *Meteorologia*. São Paulo: Editora Asa. 203p. [199-].