



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

Nº de ordem: MET-UFAL-MS/132

JOÃO MARIA DE SOUSA AFONSO

ANÁLISE DE OCORRÊNCIA DE NEVOEIROS E DOS RESULTADOS DO MODELO DE  
PREVISÃO 'PAFOG' EM DIFERENTES REGIÕES CLIMÁTICAS DO BRASIL

MACEIÓ – AL  
2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

JOÃO MARIA DE SOUSA AFONSO

ANÁLISE DE OCORRÊNCIA DE NEVOEIROS E DOS RESULTADOS DO MODELO DE  
PREVISÃO 'PAFOG' EM DIFERENTES REGIÕES CLIMÁTICAS DO BRASIL

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, para obtenção do título de Mestre em Meteorologia – área de concentração em Processos de Superfície Terrestre.

Orientador: Natalia Fedorova  
Co-orientador: Vladimir Levit

MACEIÓ – AL  
2016

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
Bibliotecária Responsável: Janaina Xisto de Barros Lima

A257a Afonso, João Maria de Sousa.

Análise de ocorrência de nevoeiros e dos resultados do modelo de previsão 'PAFOG' em diferentes regiões climáticas do Brasil / João Maria de Sousa Afonso. – 2016.

237 f. : il.

Orientadora: Natalia Fedorova.

Coorientador: Vladimir Levit.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Maceió, 2016.

Bibliografia: f. 168-174.

Anexo: f. 175-237.

1. Nevoeiro de radiação. 2. Nevoeiro frontal. 3. Modelo PAFOG. I. Título.

CDU: 551.575



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

**CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO**

N.º de ordem: MET-UFAL-MS-132.

*“ANÁLISE DE OCORRÊNCIA DE NEVOEIROS E DOS RESULTADOS DO MODELO DE PREVISÃO ‘PAFOG’ EM DIFERENTES REGIÕES CLIMÁTICAS DO BRASIL”*

*João Maria de Sousa Afonso*

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

Prof. Dra. Natalia Fedorova  
(orientadora)

Prof. Dr. Vladimir Levit  
(co-orientador)

Prof. Dr. Ricardo Ferreira Carlos de Amorim  
(Membro Interno)

Dr. Sergio Henrique Soares Ferreira  
(Membro Externo- INPE)

22 de fevereiro 2016



## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus Pais: Bário João Afonso e Maria João de Sousa. À toda a minha família, em especial aos meus irmãos cassulas: Ester, Paulo e Joel. Também à Hanielle Carolina de Santana , e aos meus professores e orientadores: Natalia Fedorova e Vladimir Levit.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida.

Agradeço aos meus Pais, Bário João Afonso e Maria João de Sousa, irmãos, em especial a Branca Flôr de Sousa Afonso e a toda a família, que com muito carinho e apoio não mediram esforços e depositaram confiança para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Ao meu cunhado Manuel da Silva Caetano pelos incentivos e apoio dado durante todo o tempo da graduação e mestrado.

À Hanielle Carolina Silva de Santana pelo apoio dado durante toda jornada.

À professora Natália Fedorova e ao professor Vladimir Levit, pela paciência na orientação e incentivo no geral, que tornaram possível o término deste trabalho.

Ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, em especial aos pesquisadores Manoel Alonso Gan, Sérgio Henrique Soares Ferreira e Julio Pablo Reyes Fernandez pela orientação técnica e científica durante o tempo de treinamento.

Ao colega João Pedro Nobre, pelo apoio técnico e sugestões.

Ao professor Marco Antonio Maringolo Lemes pelos incentivos e sugestões.

Ao colega Samuel Victor Oliveira dos Santos pelas muitas ajudas dadas durante a elaboração do trabalho.

Ao Aliton Oliveira da Silva pela instrução dada desde o tempo da graduação.

Ao professor Andres Bott, da Universidade de Bonn, Alemanha, por fornecer o modelo PAFOG.

Aos professores do Instituto de ciências atmosféricas-UFAL, em especial aos Professores Ricardo Ferreira de Amorim e Marcos Moura.

Aos colegas Jacinto Manuel Pombal, Isidro Metódio Tuleni, Bruno dos Santos Guimarães e Gomes António Muanza pelas ajudas e sugestões.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela viabilização deste trabalho, na colaboração do apoio financeiro.

# ANÁLISE DE OCORRÊNCIA DE NEVOEIROS E DOS RESULTADOS DO MODELO DE PREVISÃO 'PAFOG' EM DIFERENTES REGIÕES CLIMÁTICAS DO BRASIL

## RESUMO

O objectivo principal deste trabalho é analisar a ocorrência de eventos de nevoeiros, os processos físicos de formação e os resultados do modelo de previsão PAFOG em diferentes regiões climáticas do Brasil. Variáveis meteorológicas de superfície nos aeroportos das cidades de Porto Alegre e Confins foram analisadas durante 2 anos (2008-2009) e nas cidades de Salvador, Petrolina e Recife durante 7 anos (2008-2014). Os sistemas sinóticos atuantes durante os eventos de nevoeiros foram analisados utilizando produtos de reanálise do NCEP e do CFSR. As condições da troposfera foram analisadas usando dados de perfis observados de radiossonda e do CFSR que também foram utilizados para as inicializações do modelo PAFOG. Foram encontrados 82 casos de nevoeiro em Porto Alegre com duração entre 10 minutos e 11 horas, ocorrendo principalmente no outono e inverno; um único caso foi com chuva. Foram estudados detalhadamente 23 casos: 13 casos com nevoeiro de radiação no anticiclone, e 10 casos nas zonas frontais. Os nevoeiros frontais ocorreram na extremidade frontal (5), entre a extremidade frontal e um ciclone barotrópico (3) e associados a ciclogéneses (2). É importante enfatizar que a descrição desses nevoeiros frontais no Brasil nunca foram descritos antes. Em Confins foram encontrados 74 casos com duração entre 10 minutos e 3 horas e ocorridos principalmente na primavera e verão. O Nevoeiro foi registrado no período de ocorrência de chuva em 31 casos. Entre os 3 casos escolhidos para análise detalhada, 2 foram frontais e 1 foi associado com POA. Em Petrolina não foi encontrado nenhum caso de nevoeiro. Em Salvador e Recife foram encontrados apenas 1 caso para cada localidade (ocorridos no outono e inverno, respectivamente, ambos associados com POA, acompanhado com chuva em Recife) de curta duração (10 minutos). Todos os eventos escolhidos foram simulados usando o modelo PAFOG. Os resultados foram satisfatórios na maioria dos eventos. As previsões não satisfatórias foram devido aos erros da extrapolação do ponto de orvalho de 2m até a superfície na hora da inicialização; estes erros foram menores no inverno. Em Porto Alegre o PAFOG previu todos os nevoeiros de radiação, inicializados com perfis observados e com os do CFSR. As melhores previsões foram as inicializadas às 1200UTC do dia anterior. Nos nevoeiros frontais com inicialização com os perfis observados, o PAFOG previu 6 casos e não previu 2 casos, enquanto que com inicialização usando os perfis do CFSR o modelo previu 7 casos e não previu 1 caso. O PAFOG não previu nenhum nevoeiro em Confins. No NEB, o modelo não previu o nevoeiro em Recife, mas previu o nevoeiro em Salvador com 22 horas de antecedência. Os estudos mostram a viabilidade do modelo ser usado para previsão de nevoeiro em Porto Alegre.

Palavra chave: Nevoeiro de radiação, Nevoeiro frontal, modelo PAFOG.

# ANALYSIS OF A FOG OCCURRENCE AND RESULTS OF THE FORECASTING 'PAFOG' MODEL IN THE DIFFERENT CLIMATIC REGIONS OF BRAZIL

## ABSTRACT

The main purpose of this study is to analyze the fog events occurrence, physical processes of a fog formation and results of a using of the PAFOG forecasting model in different climatic regions of Brazil. Surface weather variables for two years (2008-2009) at the airports in Porto Alegre and Confins cities and for 7 years (2008-2014) in the Salvador, Recife and Petrolina cities were analyzed. The active synoptic systems over the fog events were analyzed using the NCEP's and CFSR's reanalysis products. The tropospheric conditions were analyzed using vertical profiles by the observed radiosonde data and CFSR reanalysis data which were also used to initialise the PAFOG model. Eighty-two cases of fog in Porto Alegre with the duration between 10 minutes and 11 hours, occurring mainly in autumn and winter were found (one of the cases was rain). Twenty-three cases (13 cases of the radiation fog in the cyclone, and 10 cases in the frontal zone) were studied in detail. The frontal fog occurred at the frontal extremity (5 cases), between the frontal extremity and a barotropic cyclone (3 cases) and associated with the cyclogenesis (2 cases). It is important to emphasize that the description of the frontal fog in Brazil have never been described before. Seventy-four fog cases with the duration between 10 minutes and 3 hours and occurred mainly in spring and summer were found in Confins. Fog was registered during the rain occurrence in 31 cases. Among the three cases selected for detailed analysis, two were the frontal fog and one was associated with POA. No any case of fog was found in Petrolina. Only one case of a short duration (10 minutes) for each location (occurring in autumn and winter, respectively, both associated with POA and accompanied with rain in Recife) was found in Salvador and Recife. All events selected were simulated using PAFOG model. The results were satisfactory in most events. Some forecasts were not satisfactory due to errors of the extrapolation of 2m dewpoint to the surface at the model initiation time; these errors were lower in winter. PAFOG model, initialized with the observed profiles by radiosond and with the CFSR reanalysis profiles, predicted all radiation fog in Porto Alegre. The best forecasts were those who were initialized at 1200 UTC the previous day. For the frontal fogs, PAFOG model initialized with the observed profiles forecasted 6 cases and did not forecast two cases, whereas with the CFSR reanalysis profiles the model forecasted 7 cases and 1 case was not forecasted. The PAFOG did not forecast any fog from 3 in Confins. In the NEB, model did not forecast fog in Recife, but forecasted fog in Salvador with 22 hours antecedence. Studies show the availability of the model using for the fog forecasting in Porto Alegre.

Keywords: Radiation Fog, Frontal Fog, PAFOG model.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Número de dias no ano com nevoeiro no Brasil. Fonte: Tubelis e Nascimento (1983). 38
- Figura 2- Dois tipos (a. Tipo I, b. Tipo II) de perfis verticais de temperatura e de temperatura do ponto de orvalho para os dias com nevoeiro de radiação. Linha a direita-temperatura do ar. Linha a esquerda-temperatura do ponto de orvalho. Fonte: Piva e Fedorova, 1999. 41
- Figura 3. Principais sistemas de escala sinótica na América do Sul e Oceanos adjacentes: (a) em baixos níveis e (b) em altos níveis. Fonte: Adaptado do Satyamurty et al., 1998. 42
- Figura 4- Estágios de desenvolvimento do ciclone, (a) estágio de onda, (b) estágio do ciclone jovem, (c) estágio de desenvolvimento máximo do ciclone e (d) estágio de dissipação do ciclone ou ciclone velho. 1. Isóbaras; 2. Isoípsas no nível de 700hPa; 3. Isoípsas da topografia relativa entre 500 e 1000hPa; 4. Mudança da pressão devido à componente térmica; 5. Mudança da pressão devido ao transporte da vorticidade. (Manual, 1964, p. 115). 44
- Figura 5- Circulação de Corrente de Jato para o hemisfério sul. Fonte: DjuDjuric, 1994. 47
- Figura 6- Formação do VCAN do tipo Palmer. Fonte: (VAREJÃO, 2005). 48
- Figura 7- Um modelo metodológico de classificação de climas. Fonte: Nunes (1979). 51
- Figura 8- Localização das regiões de estudo. Fonte: IBGE. 54
- Figura 9- Rede de estação de Altitude representando 29 estações no Brasil. Regiões de estudo em vermelho. Fonte: Adaptado do INMET 56
- Figura 10- Árvore de decisão para inicialização do PAFOG com valores de visibilidade observada e indefinida. 64
- Figura 11- Vistas aéreas dos aeroportos de (a) Porto Alegre, (b) Confins, (c) Salvador e (d) Recife com os pontos mais altos aos seus arredores indicados pelos círculos vermelhos. Fonte: Google earth. 67
- Figura 12- Número de eventos de nevoeiro ocorrido nas regiões de estudo. Fonte: DECEA. 73
- Figura 13- Distribuição da frequência dos eventos de nevoeiros. (a) distribuição mensal, (b) distribuição diária, para a cidade de Porto Alegre. Fonte: DECEA. 74
- Figura 14- Distribuição da frequência dos eventos de nevoeiros. (a) distribuição anual, (b) distribuição diária, para a cidade de Confins. Fonte: DECEA. 76
- Figura 15- Dados horários de altura da base da nuvem (a) e cobertura de nuvens (b) sobre o aeroporto de Recife, de 0000UTC do dia 17 até as 2300UTC do dia 18 de Agosto de 2013. Fonte: REDEMETS. 84
- Figura 16- Dados horários de pressão, temperatura do ar, ponto de orvalho e visibilidade (a), direção e velocidade do vento e umidade relativa (b) do aeroporto de Recife, de 85

0000UTC do dia 17 até as 2300UTC do dia 18 de Agosto de 2013. Fonte: REDEMET.

Figura 17- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 0900UTC (a) e as 1200UTC (b) do dia do evento, as 1500UTC (c) no momento do nevoeiro, ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013 em Recife. Círculos vermelhos a nebulosidade na região. Fonte: GIBBS/NOAA. 86

Figura 18- Linhas de corrente e magnitude do vento em 1000hPa (a e d), 850hPa (b e e) e 200hPa (c e f) as 1200UTC do dia do evento. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior). Fonte: NCEP e CFSR. 87

Figura 19- Dados horários da altura da base das nuvens (a) e cobertura de nuvens (oitavos) sobre o Aeroporto de Salvador, das 0h do dia 05 até as 23hs do dia 06/05/2010. Fonte: REDEMET. 88

Figura 20- Dados horários de pressão, temperatura do ar, ponto de orvalho e visibilidade (a), direcção e velocidade do vento e umidade relativa (b) do aeroporto de Salvador, de 0000UTC do dia 05 até as 2300UTC do dia 06 de Maio de 2010. Fonte: REDEMET. 89

Figura 21- Imagem do satélite GOES-13 no canal infravermelho, as 1200UTC do dia anterior (a), as 0000UTC (b) e as 1200UTC (c) do dia do evento de nevoeiro ocorrido no dia 06 de Maio de 2010 em Salvador. Círculos vermelhos a nebulosidade na região. Fonte: GIBBS/NOAA. 90

Figura 22- Linhas de corrente e magnitude do vento em 1000hPa (a e d), 850hPa (b e e) e 200hPa (c e f) as 1200UTC do dia do evento. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior). Fonte: NCEP e CFSR. 91

Figura 23- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC do dia 04 (a), e as 0000UTC (b) e 1200UTC (c) do dia 05 de Julho de 2008 em Porto Alegre. Fonte: GIBBS/NOAA. 92

Figura 24- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1200UTC do dia 04 (a) e (d), as 0000UTC (b) e (e) e as 1200UTC (c) e (f) do dia 05 de Julho de 2008, Modelo NCEP linha superior e modelo CFSR linha inferior. 92

Figura 25- Linhas de corrente e magnitude do vento em 1000hPa (a e d), 850hPa (b e e) e 200hPa (c e f) as 1200UTC do dia do evento. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior). Fonte: NCEP e CFSR. 93

Figura 26- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 0000UTC no dia do evento (a), e as 1200UTC momento do evento de nevoeiro (b) no dia 03 de Março de 2009. Ponto vermelho a cidade de Porto Alegre, círculos vermelhos a localização dos CCM's. Fonte: GIBBS/NOAA. 94

Figura 27- Espessura (a e b) e linha de corrente e magnitude do vento (c e d) na hora do evento de nevoeiro ocorrido no dia 03 de Março de 2009 em Porto Alegre. Modelo NCEP (coluna esquerda) e CFSR (coluna direita), ponto vermelho a cidade de Porto Alegre. Fonte: NCEP e CFSR. 95

Figura 27.1- Esquema das condições sinóticas na superfície apresentadas no momento da formação dos novos tipos de nevoeiros. (a) formado na ciclogénese, (b) formado na extremidade frontal e (c) formado entre a extremidade frontal e um ciclone barotrópico. 1- Nevoeiro, 2- isobaras, 3- frente fria e 4- frente quente. Fonte: O autor. 96

Figura 28- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC (a) do dia 09, e as 0000UTC (b) e 1200UTC (c) do dia 10 de Julho de 2009 em Porto Alegre. Fonte: GIBBS/NOAA.	97
Figura 29- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1200UTC do dia 09 (a) e (d), as 0000UTC (b) e (e) e as 1200UTC (c) e (f) do dia 10 de Julho de 2009, Modelo NCEP linha superior e modelo CFSR linha inferior. Fonte: NCEP e CFSR.	98
Figura 30- Linhas de corrente e magnitude do vento em 1000hPa (a e d), 850hPa (b e e) e 200hPa (c e f) as 1200UTC do dia do evento. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior). Fonte: NCEP e CFSR.	99
Figura 31- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC do dia 28 (a), as 0000UTC (b) e as 1200UTC (c) do dia 29 de Junho de 2008. Fonte: GIBBS/NOAA.	100
Figura 32- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1200UTC do dia 01 (a) e (d), as 0000UTC (b) e (e) e as 1200UTC (c) e (f) do dia 02 de Junho de 2008, Modelo NCEP linha superior e modelo CFSR linha inferior. Fonte: NCEP e CFSR.	100
Figura 33- Linhas de corrente e magnitude do vento nos níveis de 1000hPa (a) e (d), 925hPa (b) e (e) e em 200hPa (c) e (f) no dia 02 de Junho de 2008, na hora do evento de nevoeiro. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior). Fonte: NCEP e CFSR.	101
Figura 34- Campos de advecção de temperatura potencial equivalente do NCEP (a), e de vorticidade do CFSR (b) e NCEP (c), do dia 29 de Junho de 2008 as 1200UTC. Fonte: NCEP e CFSR.	102
Figura 35- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC do dia 01 (a), as 0000UTC (b) e as 1200UTC (c) do dia 02 de Junho de 2008. Fonte: GIBBS/NOAA.	103
Figura 36- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1200UTC do dia 01 (a) e (d), as 0000UTC (b) e (e) e as 1200UTC (c) e (f) do dia 02 de Junho de 2008, Modelo NCEP linha superior e modelo CFSR linha inferior. Fonte: NCEP e CFSR.	103
Figura 37- Linhas de corrente e magnitude do vento nos níveis de 1000hPa (a) e (d), 925hPa (b) e (e) e em 200hPa (c) e (f) no dia 02 de Junho de 2008, na hora do evento de nevoeiro. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior). Fonte: NCEP e CFSR.	105
Figura 38- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1800UTC do dia 02 (a) e (c), e as 0000UTC do dia 03 de Junho de 2008 Modelo NCEP linha superior e CFSR linha inferior. Fonte: NCEP e CFSR.	106
Figura 39- Linhas de corrente e magnitude do vento nos níveis de 850hPa, as 1800UTC do dia 02 (a) e (c), e as 0000UTC do dia 03 (b) e (d) de Junho de 2008. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior). Fonte: NCEP e CFSR.	107
Figura 40- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC, do dia 02 de Junho de 2008 (a) e do dia 25 de Junho de 2008 (b). Fonte: GIBBS/NOAA	107
Figura 41- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1200UTC, do dia 02 de Junho de 2008 (a) e (c) e do dia 25 de Junho de 2008 (b) e (d). Modelo NCEP linha superior e CFSR linha inferior. Fonte: NCEP e CFSR.	108
Figura 42- Linhas de corrente e magnitude do vento nos níveis de 850hPa, as 1800UTC do	109

dia 02 (a) e (c), e as 0000UTC do dia 03 (b) e (d) de Junho de 2008. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior). Fonte: NCEP e CFSR.

Figura 43- Distribuição de frequência da direcção do vento no período de registro dos nevoeiros de radiação ocorridos em Porto Alegre. Fonte: REDEMET. 111

Figura 44- Distribuição de frequência da direcção do vento no período de registro dos nevoeiros frontais. Fonte: REDEMET. 113

Figura 45- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanalise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 05 de Julho de 2008 as 1200UTC na cidade de Porto Alegre. Fonte: Wyoming e CFSR. 117

Figura 46- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanalise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 20 de Abril de 2008 as 1200UTC na cidade de Porto Alegre. Fonte: Wyoming e CFSR. 118

Figura 47- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanalise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 20 de Abril de 2008 as 1200UTC na cidade de Porto Alegre. Fonte: Wyoming e CFSR. 122

Figura 48- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanalise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 15 de Dezembro de 2008 as 1200UTC na cidade de Confins. Fonte: Wyoming e CFSR. 124

Figura 49- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanalise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 06 de Maio de 2010 as 1200UTC na cidade de Salvador. Fonte: NCEP e CFSR. 125

Figura 50- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanalise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 13 de Agosto de 2013 as 1200UTC na cidade de Recife. Fonte: NCEP e CFSR. 125

Figura 51- Dados das variáveis de superfície de temperatura e camada limite (a), pressão (b) e variáveis a 2 metros de temperatura e ponto de orvalho (a) e umidade relativa (b) do modelo CFSR para o caso ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 em Porto Alegre. Fonte: CFSR. 130

Figura 52- Perfis de temperatura e umidade do modelo CFSR usados para inicializações do modelo PAFOG para as previsões de 21h (a), 15h (b), 09h (c) e 03h (c) de antecedência do evento ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: CFSR. 131

Figura 53- Perfil de temperatura e umidade observado, usado para inicialização do modelo PAFOG na previsão de 15h (a) e 03h(b) de antecedência do evento ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: Wyoming. 132

Figura 54- Imagem de satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC (a) e as 1800UTC (b) do dia 03 de Agosto de 2009 em Porto Alegre. Ponto vermelho a cidade de Porto Alegre. Fonte: GIBBS/NOAA. 133

Figura 55- Linhas de corrente e magnitude do vento as 1200UTC (coluna esquerda) e as 1800UTC (coluna direita) do dia 03 de Agosto de 2009 em Porto Alegre. Modelo NCEP (a) e (b), CFSR (c) e (d), ponto vermelho a cidade de Porto Alegre. Fonte: NCEP e CFSR. 133

Figura 56- Perfil de temperatura e umidade do ar as 1200UTC (a) e as 1800UTC (b) do dia 134



03 de Agosto de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: CFSR.

Figura 57- Perfil de temperatura e umidade do ar das 1200UTC do dia 03 de Agosto de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: Wyoming. 135

Figura 58- Perfis de temperatura e umidade do modelo CFSR usados para inicializações do modelo PAFOG para as previsões de 22h (a), 16h (b), 10h (c) e 04h (c) de antecedência do evento ocorrido no dia 06 de Maio de 2010 as 1000UTC na cidade de Salvador. Fonte: CFSR 139

Figura 59- Perfil de temperatura e umidade observado, usado para inicialização do modelo PAFOG na previsão de 22h de antecedência do evento ocorrido no dia 06 de Maio de 2010 as 1000UTC na cidade de Salvador. Fonte: Wyoming. 140

Figura 60- Perfis de temperatura e umidade do modelo CFSR usados para inicializações do modelo PAFOG para as previsões de 21h (a), 15h (b), 09h (c) e 03h (c) de antecedência do evento ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013 as 1500UTC na cidade de Recife. Fonte: CFSR. 141

Figura 61- Perfil de temperatura e umidade observado, usado para inicialização do modelo PAFOG na previsão de 03h de antecedência do evento ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013 as 1500UTC na cidade de Recife. Fonte: Wyoming. 142

Figura 62- Previsões de visibilidade com 19, 15, 09 e 01hs de antecedência, com inicialização do modelo CFSR, para o dia 19 de Junho de 2009 na cidade de Porto Alegre. (a) 1h de antecedência com ponto de orvalho extrapolado, (b) 1h de antecedência com ponto de orvalho empírico. Fonte: CFSR. 144

Figura 63- Previsões de visibilidade horizontal com 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR para o evento ocorrido no dia 04 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 146

Figura 64- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência, com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR para o evento ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 147

Figura 65- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência, com inicialização dos dados observados, (a) com valor de 400m e (b) com valor de 700m o mais alto nível do nevoeiro, para o evento ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 149

Figura 66- Previsões de visibilidade horizontal com 18, 12 e 06hs de antecedência, com inicialização dos perfis de previsão do modelo CFSR (a) e observado (b), para o evento ocorrido no dia 04 de Agosto de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 150

Figura 67- Previsões de visibilidade horizontal com 20 e 08hs de antecedência, com inicialização dos perfis observados, para o evento ocorrido no dia 17 de Maio de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 152

Figura 68- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22 e 10hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 10 de Julho de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 154

Figura 69- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com

inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 21 e 09 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 29 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	156
Figura 70- Linhas de corrente e magnitude do vento nos níveis de 850hPa, (a) NCEP e (b) CFSR, as 1200UTC do dia 02 de Junho de 2008. Ponto vermelho a cidade de Porto Alegre na cidade de Porto Alegre. Fonte: NCEP e CFSR.	158
Figura 71- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22 e 10 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 02 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	158
Figura 72- Previsões de visibilidade horizontal com 24, 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 24h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 18 de Dezembro de 2008 na cidade de Confins. Fonte: PAFOG.	161
Figura 73- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 06 de Maio de 2010 na cidade de Salvador. Fonte: PAFOG.	162
Figura 74- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 03h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013 na cidade de Recife. Fonte: PAFOG.	164
Figura 75- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (c), skew-t observado (b), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (c) e CFSR (d), skew-t de reanálise (e) e previsão (h) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (f) e CFSR (g) no dia 18 de Abril de 2008 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.	175
Figura 76- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (c), skew-t observado (b), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (c) e CFSR (d), skew-t de reanálise (e) e previsão (h) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (f) e CFSR (g) no dia 20 de Abril de 2008 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.	176
Figura 77- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 17 de Maio de 2008 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.	177
Figura 78- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho as 1200UTC do dia 02 (a) e as 0000UTC do dia 03 (m), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC (b) e as 1800UTC (l) do dia 02 e as 0000UTC do dia 03 (n), skew-t observado as 1200UTC do dia 02 (c) e as 0000UTC do dia 03 (o), espessura e pnm do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC do dia 02 (d) e as 0000UTC do dia 03 (p) e do modelo de reanálise do CFSR as 1200UTC do dia 02 (e) e as 0000UTC do dia 03	

(q), skew-t de reanálise as 1200UTC do dia 02 (f) e as 0000UTC do dia 03 (r) e previsão as 1200UTC do dia 02 (i) e as 0000UTC do dia 03 (u) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC (g), as 1800UTC (j) do dia 02 e as 0000UTC do dia 3 (s) e do modelo de reanálise do CFSR as 1200UTC (h), as 1800UTC (k) do dia 02 e as 0000UTC do dia 3 (t). Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 178

Figura 79- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho as 1200UTC do dia 25 (a) e as 0000UTC do dia 26 (m), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC (b) e as 1800UTC (l) do dia 25 e as 0000UTC do dia 26 (n), skew-t observado as 1200UTC do dia 25 (c) e as 0000UTC do dia 26 (o), espessura e pnm do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC do dia 25 (d) e as 0000UTC do dia 26 (p) e do modelo de reanálise do CFSR as 1200UTC do dia 25 (e) e as 0000UTC do dia 26 (q), skew-t de reanálise as 1200UTC do dia 25 (f) e as 0000UTC do dia 26 (r) e previsão as 1200UTC do dia 25 (i) e as 0000UTC do dia 26 (u) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC (g), as 1800UTC (j) do dia 25 e as 0000UTC do dia 26 (s) e do modelo de reanálise do CFSR as 1200UTC (h), as 1800UTC (k) do dia 25 e as 0000UTC do dia 26 (t). Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 180

Figura 80- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (l) no dia 29 de Junho de 2008 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 182

Figura 81- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (l) no dia 02 de Julho de 2008 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 183

Figura 82- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (l) no dia 04 de Julho de 2008 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 184

Figura 83- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (l) no dia 05 de Julho de 2008 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 185

Figura 84- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (l) no dia 15 de Julho de 2008 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 186

Figura 85- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP as 0600UTC (b), skew-t observado as 1200UTC (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e) as 0600UTC, skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR as 0600UTC, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) as 0600UTC, no dia 20 de Agosto de 2008. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 187

Figura 86- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 26 de Agosto de 2008 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 188

Figura 87- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 27 de Agosto de 2008 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 189

Figura 88- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 03 de Março de 2009 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 190

Figura 89- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 24 de Abril de 2009 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 191

Figura 90- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 26 de Abril de 2009 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 192

Figura 91- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 03 de Maio de 2009 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 193

Figura 92- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 10 de Maio de 2009 as 1200UTC. 194

Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

Figura 93- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 13 de Maio de 2009 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 195

Figura 94- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 19 de Junho de 2009 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 196

Figura 95- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 20 de Junho de 2009 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 197

Figura 96- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 10 de Julho de 2009 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 198

Figura 97- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 04 de Agosto de 2009 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 199

Figura 98- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 15 de Dezembro de 2008 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 200

Figura 99- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 18 de Dezembro de 2008 as 0000UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 201

Figura 100- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos 202

modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (1) no dia 18 de Dezembro de 2008 as 0000UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

Figura 101- Imagem do satélite GOES-13 no canal infravermelho as 1200UTC (a) e 1500UTC (b), skew-t observado (c), skew-t de reanálise (f) e previsão (i) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 1000hPa dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e) e em 200hPa dos modelos de reanálise do NCEP (g) e CFSR (h), no dia 13 de Agosto de 2013 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 203

Figura 102- Imagem do satélite GOES-13 no canal infravermelho as 0900UTC (a) e 1200UTC (b), skew-t observado (c), skew-t de reanálise (f) e previsão (i) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 1000hPa dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e) e em 200hPa dos modelos de reanálise do NCEP (g) e CFSR (h), no dia 06 de Maio de 2010 as 1200UTC. Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming. 204

Figura 103- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 21 e 09 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b) para o evento ocorrido no dia 18 de Abril de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 206

Figura 104- Previsões de visibilidade horizontal com 20, 14, 08 e 02hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 20 e 08 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 20 de Abril de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 207

Figura 105- Previsões de visibilidade horizontal com 20, 14, 08 e 02hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 20 e 08 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 17 de Maio de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 208

Figura 106- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22 e 10 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 02 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 209

Figura 107- Previsões de visibilidade horizontal com 19, 13, 07 e 01hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 19 e 07 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 25 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 210

Figura 108- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 21 e 09 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 29 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 211

Figura 109- Previsões de visibilidade horizontal com 19, 13, 07 e 01hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 19 e 07 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 02 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 212

Figura 110- Previsões de visibilidade horizontal com 18, 12 e 06 hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 18 e 06 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 04 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 213

Figura 111- Previsões de visibilidade horizontal com 15, 09 e 03 hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 15 e 03 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	214
Figura 112- Previsões de visibilidade horizontal com 19, 13, 07 e 01hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 19 e 07 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 15 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	215
Figura 113- Previsões de visibilidade horizontal com 14, 08 e 02 hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 14 e 02 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 20 de Agosto de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	216
Figura 114- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 21 e 09 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 26 de Agosto de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG	217
Figura 115- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22 e 10 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 27 de Agosto de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	218
Figura 116- Previsões de visibilidade horizontal com 19, 13, 07 e 01hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 19h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 03 de Março de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	219
Figura 117- Previsões de visibilidade horizontal com 23, 17, 11 e 05hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 23 e 11hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 24 de Abril de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	220
Figura 118- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 21 e 09hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 26 de Abril de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	221
Figura 119- Previsões de visibilidade horizontal com 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 18 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 03 de Maio de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	222
Figura 120- Previsões de visibilidade horizontal com 20, 14, 08 e 02hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 20 e 08hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 10 de Maio de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	223
Figura 121- Previsões de visibilidade horizontal com 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 15 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 13 de Maio de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	224

- Figura 122- Previsões de visibilidade horizontal com 19, 13, 07 e 01hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 19 e 07hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 19 de Junho de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 225
- Figura 123- Previsões de visibilidade horizontal com 17, 11 e 05hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 17 e 05hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 20 de Junho de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 226
- Figura 124- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22 e 10hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 10 de Julho de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 227
- Figura 125- Previsões de visibilidade horizontal com 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 18 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 04 de Agosto de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG. 228
- Figura 126- Previsões de visibilidade horizontal com 20, 14, 08 e 02hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 20 e 08hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 15 de Dezembro de 2008 na cidade de Confins. Fonte: PAFOG. 229
- Figura 127- Previsões de visibilidade horizontal com 24, 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 24h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 18 de Dezembro de 2008 na cidade de Confins. Fonte: PAFOG. 230
- Figura 128- Previsões de visibilidade horizontal com 24, 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), para o evento ocorrido no dia 18 de Dezembro de 2008 na cidade de Confins. Fonte: PAFOG. 231
- Figura 129- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 06 de Maio de 2010 na cidade de Salvador. Fonte: PAFOG. 232
- Figura 130- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 03h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013 na cidade de Recife. 233



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de entrada para o modelo de vegetação.	63
Tabela 2- Eventos de nevoeiros escolhidos para o estudo detalhado, registrados na cidade de Porto Alegre no período das observações de radiossondagem. Fonte: DECEA.	74
Tabela 3- Eventos de nevoeiros escolhidos para o estudo detalhado, registrados na cidade de Confins no período das observações de radiossondagem. Fonte: DECEA.	77
Tabela 4- Eventos de visibilidade baixa ocorrido no NEB nas cidades de Recife (caso#1), Salvador (caso#2) e Petrolina (caso#3). A- hora da 1ª observação, B- duração (h), C- visibilidade mínima (m), D- fenómeno e E- intensidade. Fonte: DECEA.	78
Tabela 5- Sistemas sinóticos atuantes na região de Porto Alegre na hora e próximo a hora da observação dos eventos de nevoeiro, apresentados pelos modelos de reanálise NCEP e CFSR. An: anticiclone, Cav: cavado, Cris: crista, Cav <sub>T</sub> : cavado do ciclone térmico, E <sub>F</sub> : extremidade frontal, Bc: Baroclinico, Con: confluência dos ventos, Cj: corrente de jato, O <sub>F</sub> : onda fria, O <sub>Q</sub> : onda quente, - fraco, N: norte, L: leste, W: oeste. Fonte: NCEP e CFSR.	80
Tabela 6- Tipos de nevoeiros ocorrido no período de estudo na cidade de Porto Alegre. * nevoeiro entre a extremidade frontal e ciclone barotrópico. Fonte: O autor.	81
Tabela 7- Sistemas sinóticos atuantes na região de Confins na hora da observação dos eventos de nevoeiro, apresentados pelos modelos de reanálise NCEP e CFSR. Cav: cavado, E <sub>F</sub> : extremidade frontal, Bc: Baroclinico, Con: confluência, O <sub>F</sub> : onda fria, - fraco, W: oeste. Fonte: NCEP e CFSR.	82
Tabela 8- Condições de umidade da atmosfera na hora dos eventos (1200UTC), para os nevoeiros de radiação ocorridos em Porto Alegre, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. 2m: dois metros; *maior umidade na superfície; -- seco; / não se sabe se é contínuo. Fonte: Wyoming e CFSR.	114
Tabela 9- Condições de instabilidade na baixa troposfera na hora dos eventos (1200UTC), para os nevoeiros de radiação ocorridos em Porto Alegre, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. It: isotermia, Is: Inversão de subsidência, Ir: Inversão de radiação, E: estável, CI: condicional instável, I: absolutamente instável, Obs: Radiossonda. Fonte: Wyoming e CFSR.	115
Tabela 10- Condições de umidade da atmosfera na hora dos eventos (1200UTC), para os nevoeiros frontais ocorridos em Porto Alegre, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. 2m: dois metros; *maior umidade na superfície; -- seco; / não se sabe se é contínuo. Fonte: Wyoming e CFSR.	120
Tabela 11- Condições de instabilidade na baixa troposfera na hora dos eventos (1200UTC), para os nevoeiros frontais ocorridos em Porto Alegre, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. It: isotermia, Is: Inversão de subsidência, Ir: Inversão de radiação, E: estável, CI: condicional instável, I: absolutamente instável, Obs: Radiossonda. Fonte: Wyoming e CFSR.	120

Tabela 12- Condições de umidade da atmosfera na hora dos eventos (0000UTC e 1200UTC), para os nevoeiros ocorridos em Confins, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. 2m: dois metros; *maior umidade na superfície; -- seco; / não se sabe se é contínuo. Fonte: Wyoming e CFSR.	123
Tabela 13- Condições de instabilidade na baixa troposfera na hora dos eventos (0000UTC e 1200UTC), para os nevoeiros ocorridos em Confins, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. It: isotermia, Is: Inversão de subsidência, Ir: Inversão de radiação, E: estável, CI: condicional instável, I: absolutamente instável, Obs: Radiossonda. Fonte: Wyoming e CFSR.	123
Tabela 14- Condições de umidade da atmosfera na hora das inicializações das previsões com o modelo PAFOG, para os nevoeiros ocorridos dentro de massa de ar, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), e de previsão do modelo CFSR (CFSR). 2m: dois metros; *maior umidade na superfície; -- seco; xxx: radiossonda indisponível / não se sabe se é contínuo. Fonte: Wyoming e CFSR.	128
Tabela 15- Condições de umidade da atmosfera na hora das inicializações das previsões com o modelo PAFOG, para os nevoeiros frontais, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), e de previsão do modelo CFSR (CFSR). 2m: dois metros; *maior umidade na superfície; -- seco; xxx: radiossonda indisponível / não se sabe se é contínuo. Fonte: Wyoming e CFSR.	136
Tabela 16- Condições de umidade da atmosfera na hora das inicializações das previsões com o modelo PAFOG, para os nevoeiros ciclogênicos, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), e de previsão do modelo CFSR (CFSR). 2m: dois metros; *maior umidade na superfície; -- seco; xxx: radiossonda indisponível / não se sabe se é contínuo. Fonte: Wyoming e CFSR.	137
Tabela 17- Condições de umidade da atmosfera na hora das inicializações das previsões com o modelo PAFOG, para os nevoeiros frontais, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), e de previsão do modelo CFSR (CFSR). 2m: dois metros; *maior umidade na superfície; -- seco; xxx: radiossonda indisponível / não se sabe se é contínuo. Fonte: Wyoming e CFSR.	138
Tabela 18- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis observados, para os nevoeiros ocorridos dentro de massa de ar. * todas as previsões acertaram o nevoeiro. Fonte: PAFOG.	145
Tabela 19- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis do CFSR, para os nevoeiros ocorridos dentro de massa de ar. * todas as previsões acertaram o nevoeiro. Fonte: PAFOG.	145
Tabela 20- Resultado das previsões do modelo PAFOG para o dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	149
Tabela 21- Resultados das previsões do modelo PAFOG para o dia 04 de Agosto de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	151
Tabela 22- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis observados, para os nevoeiros frontais. * todas as previsões acertaram o nevoeiro. Fonte: PAFOG.	153

Tabela 23- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis do CFSR, para os frontais. * todas as previsões acertaram o nevoeiro. Fonte: PAFOG.	153
Tabela 24- Resultados das previsões do modelo PAFOG para o dia 10 de Julho de 2009 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	155
Tabela 25- Resultados das previsões do modelo PAFOG para o dia 29 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	156
Tabela 26- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis observados, para os nevoeiros frontais. * todas as previsões acertaram o nevoeiro. Fonte: PAFOG.	157
Tabela 27- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis do CFSR, para os frontais. * todas as previsões acertaram o nevoeiro. Fonte: PAFOG.	157
Tabela 28- Resultados da previsão do modelo PAFOG para o nevoeiro ocorrido no dia 02 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre. Fonte: PAFOG.	159
Tabela 29- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis observados, para os nevoeiros frontais. * todas as previsões acertaram o nevoeiro. Fonte: PAFOG.	160
Tabela 30- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis do CFSR, para os frontais. * todas as previsões acertaram o nevoeiro. Fonte: PAFOG.	160
Tabela 31- Resultados das previsões do modelo PAFOG para a cidade de Salvador. Fonte: PAFOG.	163
Tabela 32- Resultados da previsão do modelo PAFOG para a cidade de Recife. Fonte: PAFOG.	164
Tabela 33- Altura da camada limite na hora dos eventos de nevoeiro nas 3 regiões de estudo. Fonte: CFSR.	205
Tabela 34- Dados de superfície usados para a inicialização das previsões de visibilidade com o modelo PAFOG nas três regiões estudadas. Cid: cidade, CFSR-2: Dados de previsão do modelo CFSR, CFSR-1: Dados de reanálise do modelo CFSR. Ant: antecedência, CL: altura da camada limite, Vg: vento geostrófico acima da camada limite, Vv: velocidade vertical acima da camada limite. Fonte: CFSR.	234
Tabela 35- Resultado das previsões do modelo PAFOG com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR e dos dados observados de radiossondagem das três regiões estudadas. Cid: cidade, Vis: visibilidade mínima, Dur: duração. Fonte: PAFOG.	236

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de nevoeiro. Fonte: Willett, 1929	34
Quadro 2- Caracterização física de um Complexo Convectivo de Mesoescala para os Estados Unidos. Fonte: MADDOX, 1980	49
Quadro 3 – Critérios para classificação dos estados atmosféricos.	60
Quadro 4 – Referência dos principais processos físicos do PAFOG.	62
Quadro 5- Altura das camadas superior, média e inferior de nuvem. Fonte: Fedorova (2001).	69

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**A** - Anticiclone extratropical  
**AB** - Alta da Bolívia  
**AST** - Alta Subtropical  
**B** - Vórtice ciclônico extratropical baroclínico com zonas frontais  
**BC** - Baixa do Chaco, ciclone barotrópico  
**CAVOK** - Céu e Visibilidade está ok  
**Cb** - Nuvem Cumulonimbo  
**CCM** - Complexo Convectivo de Mesoescala  
**CFSR** - Climate Forecast System Reanalysis  
**CG** – Ciclogênese  
**CJBN** - Corrente de Jato de Baixos Níveis  
**CJP** - Corrente de Jato Polar  
**CJST** - Corrente de Jato Subtropical  
**CL** - Camada Limite  
**CLP** - Camada Limite Planetária  
**CONV** - Atividade convectiva  
**Cu** - Nuvem Cumulo  
**DECEA** - Departamento de Controle do Espaço Aéreo  
**EMS** - Estação Meteorológica de Superfície  
**INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia  
**JBN** - Jato de Baixos Níveis  
**LI** - Linha de Instabilidade  
**LAMESF** - Laboratório de Meteorologia Sinótica e Física  
**NCEP** - National Centers of Environmental Prediction  
**NOAA** - National Oceanic and Atmospheric Administration  
**PAFOG** - PArametried FOG  
**POA** - Perturbações Ondulatória nos Alísios  
**SBPA** - Indicativo da estação Meteorológica do Aeroporto de Porto Alegre  
**SBCF** - Indicativo da estação Meteorológica do Aeroporto de Confins  
**SBSV** - Indicativo da estação Meteorológica do Aeroporto de Salvador  
**SBPL** - Indicativo da estação Meteorológica do Aeroporto de Petrolina  
**SBRF** - Indicativo da estação Meteorológica do Aeroporto de Recife  
**SF** - Sistemas Frontais  
**TAF** - Terminal Aerodrome Forecast  
**Tcu** - Nuvem Cumulo Congestus  
**TML** - Tempo do Meridiano Local  
**UTC** - Tempo Universal Coordenado  
**VCAN** - Vórtice Ciclônico de Altos Níveis  
**WMO** - World Meteorological Organization  
**ZCAS** - Zona de Convergência do Atlântico Sul  
**ZCIT** - Zona de Convergência Intertropical  
**1D** - 1 Dimensão

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\zeta$  - Vorticidade relativa  
 $v$  - Componente zonal do vento  
 $u$  - Componente meridional do vento  
 $A_T$  - Advecção de temperatura  
 $A_{\theta_e}$  - Advecção de temperatura potencial equivalente  
 $\theta_e$  - Temperatura potencial equivalente  
 $R$  - Constante universal dos gases  
 $P_1$  - Pressão inicial  
 $P_2$  - Pressão final  
 $\log$  - Logaritmo decimal  
 $\ln$  - Logaritmo natural  
 $exp$  - exponencial  
 $\gamma$  - distribuição vertical da temperatura real (ou estratificação da temperatura)  
 $\gamma_d$  - adiabática seca  
 $\gamma_m$  - adiabática saturada  
 $\rho$  - Densidade do ar  
 $\omega$  - Omega (velocidade vertical em Pa/s)  
 $u_g$  - Componente zonal do vento geostrófico  
 $v_g$  - Componente meridional do vento geostrófico  
 $f$  - Parametro de Coriolis  
 $Ur$  - Umidade relativa do ar  
 $e$  - Pressão de vapor  
 $e_s$  - Pressão de vapor de saturação  
 $Vg$  - Vento geostrofico  
 $Vv$  - Velocidade vertical do vento  
 $Td$  - Temperatura do ponto de orvalho  
 $T$  - Temperatura

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	31
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	33
<b>2.1 Nevoeiro</b> .....	33
2.1.1 Processo de formação do Nevoeiro.....	33
2.1.2 Classificação dos Nevoeiros.....	33
2.1.2.1 Nevoeiro de Massa de ar.....	34
2.1.2.2 Nevoeiro de Radiação.....	34
2.1.2.2.1 Nevoeiro de radiação de superfície.....	35
2.1.2.2.2 Nevoeiro de radiação de “alta inversão” .....	35
2.1.2.3 Nevoeiro de Advecção.....	35
2.1.2.4 Nevoeiro Radiação-Advecção.....	36
2.1.2.5 Nevoeiro Orográfico.....	36
2.1.2.6 Nevoeiro Frontal.....	37
2.1.2.6.1 Nevoeiro Pré-Frontal.....	37
2.1.2.6.1.1 Na frente quente.....	37
2.1.2.6.1.2 Na frente fria.....	37
2.1.2.6.2 Nevoeiro de Passagem Frontal.....	37
2.1.3 Estudos de Nevoeiros no Brasil.....	38
2.1.3.1 Região Sul do Brasil.....	39
2.1.3.2 Região NEB do Brasil.....	41
<b>2.2 Sistemas Sinóticos atuantes na América do Sul</b> .....	42
2.2.1 Ciclone Baroclinico.....	43
2.2.2 Os Sistemas Frontais.....	45
2.2.3 Corrente de Jato.....	46
2.2.4 Vórtices Ciclônicos dos Altos Níveis.....	47
2.2.5 A Zona de Convergência Intertropical.....	48
2.2.6 Complexos Convectivos de Mesoescala.....	49
2.2.7 Perturbações Ondulatórias nos Alísios.....	49
2.2.8 Climatologia do Brasil.....	50
2.2.9 Previsão Numérica de Nevoeiro (Visibilidade).....	51
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	54
<b>3.1 Área de estudo e dados observacionais</b> .....	54

<b>3.2 Dados e métodos para o estudo sinóptico dos eventos de nevoeiro.....</b>	<b>58</b>
<b>3.3 Dados e métodos para o estudo termodinâmico dos eventos de nevoeiro.....</b>	<b>59</b>
<b>3.4 PAFOG: Modelo numérico de previsão de visibilidade.....</b>	<b>61</b>
3.4.1 Grades Verticais do PAFOG.....	61
3.4.2 Breve Descrição dos Esquemas Físicos do PAFOG.....	62
3.4.2.1 Modulo Dinâmico.....	62
3.4.2.2 Módulo da Microfísica.....	62
3.4.2.3 Cálculo da Radiação.....	63
3.4.2.4 Módulo da Vegetação.....	63
3.4.3 Inicialização do PAFOG com Visibilidade.....	64
<b>3.5 Dados de Entrada do PAFOG.....</b>	<b>65</b>
3.5.1 Tipo de Solo.....	66
3.5.2 Velocidade vertical inicial acima da camada limite (m/s).....	66
3.5.3 Tipo de aerossol.....	66
3.5.4 Altura do ponto mais alto observado.....	67
3.5.5 Vento geostrófico acima da camada limite (m/s).....	67
3.5.6 Temperatura na superfície (°C), temperatura a 2m (°C) e ponto de orvalho na superfície (°C).....	68
3.5.7 Pressão na superfície (hPa).....	68
3.5.8 Umidade relativa (%) e visibilidade observada (m).....	68
3.5.9 Cobertura das nuvens baixas, médias, altas (oitavos) e altura da base (m).....	69
3.5.10 Nível mais alto do nevoeiro (m) e nível mais alto do estratos (m).....	69
3.5.11 Perfis verticais.....	69
<b>3.6 Utilização do Modelo PAFOG.....</b>	<b>70</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>4.1 Ocorrência de Nevoeiro.....</b>	<b>72</b>
4.1.1 Região R1.....	73
4.1.2 Região R2.....	75
4.1.3 Região R3.....	77
<b>4.2 Situação Sinótica.....</b>	<b>79</b>
4.2.1 Análise dos casos da Região 1.....	79
4.2.1.1 Analise dos campos béricos e térmicos.....	79
4.2.1.2 Analise dos sistemas sinópticos.....	81
4.2.2 Análise dos casos da Região 2.....	82



4.2.2.1	Análise dos campos b́aricos e t́ermicos.....	82
4.2.2.2	Dados Observados.....	83
4.2.3	Análise dos casos da Região 3.....	83
4.2.3.1	Nevoeiro ocorrido na cidade de Recife.....	83
4.2.3.1.1	Dados Observados.....	83
4.2.3.1.2	Situação Sinótica.....	86
4.2.3.2	Nevoeiro ocorrido na cidade de Salvador.....	87
4.2.3.2.1	Dados Observados.....	87
4.2.3.2.2	Situação Sinótica.....	90
4.2.4	Análise sinópticos dos casos típicos e raros.....	91
4.2.4.1	Nevoeiro de radiação dentro de massa de ar.....	91
4.2.4.1.1	Análise do caso típico ocorrido no dia 05 de Julho de 2008.....	91
4.2.4.1.2	Análise do caso raro ocorrido no dia 03 de Março de 2009.....	94
4.2.4.2	Nevoeiro Frontal.....	96
4.2.4.2.1	Nevoeiro de extremidade frontal.....	97
4.2.4.2.2	Nevoeiro entre a extremidade frontal e ciclone barotrópico.....	99
4.2.4.2.3	Nevoeiro influenciado por Ciclogênese.....	102
<b>4.3</b>	<b>Características dos nevoeiros na superfície.....</b>	<b>109</b>
4.3.1	Nevoeiro de radiação dentro de massa de ar.....	109
4.3.2	Nevoeiro frontal.....	111
<b>4.4</b>	<b>Estrutura vertical da troposfera nos eventos de nevoeiro.....</b>	<b>113</b>
4.4.1	Cidade de Porto Alegre.....	113
4.4.1.1	Nevoeiro de radiação dentro de massa de ar.....	113
4.4.1.2	Nevoeiro Frontal.....	118
4.4.2	Cidade de Confins.....	122
4.4.3	Nordeste Brasileiro (NEB).....	124
4.4.3.1	Cidade de Salvador.....	124
4.4.3.2	Cidade de Recife.....	125
<b>4.5</b>	<b>Previsão com o modelo PAFOG.....</b>	<b>126</b>
4.5.1	Condições de inicialização.....	126
4.5.1.1	Cidade de Porto Alegre.....	126
4.5.1.1.1	Nevoeiro de Radiação.....	126
4.5.1.1.1.1	Inicializações feitas no anticiclone.....	126

4.5.1.1.1.2 Exemplo do caso de maior duração.....	129
4.5.1.1.1.3 Inicializações com sistemas frontais.....	132
4.5.1.1.2 Nevoeiro Frontal.....	135
4.5.1.2 Cidade de Confins.....	138
4.5.1.3 Nordeste do Brasil.....	139
4.5.1.3.1 Cidade de Salvador.....	139
4.5.1.3.2 Cidade de Recife.....	140
4.5.2 Resultado das Previsões.....	142
4.5.2.1 Problemas na extrapolação.....	142
4.5.2.2 Resultados de Porto Alegre.....	144
4.5.2.2.1 Nevoeiro de Radiação.....	144
4.5.2.2.1.1 Inicializações feitas no anticiclone.....	144
4.5.2.2.1.2 Exemplo do caso de maior duração.....	146
4.5.2.2.1.3 Inicializações com sistemas frontais.....	150
4.5.2.2.2 Nevoeiros frontais.....	152
4.5.2.2.2.1 Extremidade frontal com ou sem o ciclone barotrópico	152
4.5.2.2.2.1.1 Exemplo de nevoeiro de extremidade frontal.....	153
4.5.2.2.2.1.2 Exemplo de nevoeiro de extremidade frontal e ciclone barotrópico.....	155
4.5.2.2.2.2 Nevoeiro Influenciado por Ciclogênese.....	157
4.5.2.3 Resultados de Confins.....	159
4.5.2.4 Resultado do NEB.....	161
4.5.2.4.1 Cidade de Salvador.....	161
4.5.2.4.2 Cidade de Recife.....	163
<b>5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES.....</b>	<b>165</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>168</b>
<b>7 ANEXOS.....</b>	<b>175</b>
ANEXOS A - Condições Sinótica e Termodinâmica dos eventos de nevoeiro.....	175
ANEXOS B - Altura da camada limite na hora dos eventos de nevoeiros.....	205
ANEXOS C - Previsão com o modelo PAFOG.....	206
ANEXOS D - Dados em baixos níveis do modelo CFSR.....	234
ANEXOS E - Resultado das previsões com o modelo PAFOG .....	236

## 1 INTRODUÇÃO

O nevoeiro, embora sendo um fenômeno meteorológico que ocorre em condições de atmosfera estável (Peterson, 1940) é capaz de causar prejuízos em diversos setores socioeconômicos em todo o mundo, destacando-se o de transporte rodoviário, marítimo e principalmente o aéreo. Por exemplo, na região sul do Brasil onde ocorrem mais de 100 dias por ano com nevoeiro (Tubelis e Nascimento, 1983); o aeroporto internacional Salgado Filho (Porto Alegre, RS), em um período de 11 anos (2004 a 2014) teve 1.117 horas e 36 minutos de operações interrompidas, a maioria delas, em razão do nevoeiro, com destaque para os anos de 2008 em que o aeroporto esteve totalmente fechado por 197 horas e 18 minutos, e 2009 por 136 horas e 23 minutos (ZH Notícias, 2014). No nordeste do Brasil, nevoeiros e nuvens estratus são fenômenos muito raros de ocorrer (Fedorova et al 2008; Gomes et al. 2011) com uma frequência de 10 a 20 dias por ano (Tubelis e Nascimento, 1983). Não obstante, um evento de nevoeiro intenso causou um acidente aéreo com vítima fatal perto do Aeroporto de Maceió em 2007 (Fedorova et al. 2013).

Estudos de ocorrência de nevoeiros e sua formação têm sido desenvolvidos durante o último século. Um dos primeiros estudos importantes dos processos físicos de formação e classificação de tipos de nevoeiros foi desenvolvido por Willet (1928), que distinguiu nevoeiros de massa de ar dos frontais. Os nevoeiros dentro de uma massa de ar podem ocorrer em qualquer parte do mundo, sobre superfícies marítima e terrestre (Willet, 1928, Cabral, 1998; Oliveira, 2002; Lima, 1982), mas especialmente os de radiação são mais frequentes em regiões litorâneas ou nas proximidades de lagos (Willet 1928; George 1951) e por terem pequenas dimensões espaciais (Willet, 1928), são difíceis de ser previstos. Por exemplo, os nevoeiros que ocorreram em Maceió (inclusive o que causou o acidente acima mencionado) durante um período de 5 anos não foram previstos pelas mensagens do *Terminal Aerodrome Forecast* (TAF) devido à ausência de um método de previsão para este tipo de nevoeiro nesta região do nordeste (Fedorova et al. 2013). O mesmo não acontece com os nevoeiros frontais, diretamente associados à passagens de sistemas frontais (Fedorova, 1999), porque métodos de previsão de sistemas frontais são usados operacionalmente em várias partes do mundo, inclusive em diversas épocas do ano na região centro e sul do Brasil, área de atuação destes sistemas sinóticos (Satyamurty et al. 1998). Da Cruz (2008) mostrou que apenas a influência destes sistemas no nordeste se faz através de suas extremidades e com frequências muito baixas ao longo do ano.

No intuito de contornar essa situação, um modelo numérico denominado PAFOG (PArametried FOG), utilizado especificamente para previsão de nevoeiros dentro de massas de ar e de nuvens estratiformes, foi desenvolvido por Andreas Bott na Alemanha (Bott et al. 2002), e vem sendo testado e avaliado para a região nordeste do Brasil nestes últimos anos no Laboratório de Meteorologia Sinótica e Física da Universidade Federal de Alagoas – LAMESF/UFAL (Fedorova et al. 2015).

Até onde é do conhecimento do autor, não existe nenhum estudo sistemático e simultâneo sobre a ocorrência de nevoeiros em diferentes regiões do Brasil; ainda o modelo PAFOG não foi testado em outras regiões do Brasil, excepto a região nordeste. O objectivo principal deste trabalho é analisar a ocorrência de eventos de nevoeiros, os processos físicos de formação (sinóticos e as condições termodinâmicas) e os resultados do modelo de previsão de nevoeiro PAFOG em diferentes regiões climáticas do Brasil.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Nevoeiro**

Vários autores têm a mesma definição para nevoeiro, são eles os seguintes:

Varejão-Silva (2000) e Tubelis-Nascimento (1983), definem nevoeiro como sendo pequenas gotículas d'água em suspensão próxima da superfície que diminui a visibilidade horizontal a menos de 1km (INMET, 1999).

Segundo o Great Britain. Meteorological Office (1994), o nevoeiro é caracterizado quando a visibilidade for menor que 1.000 m e a Umidade Relativa (UR) próxima a 100%, com um mínimo de 95%. Condições em que a visibilidade é maior que 1.000 m e a UR menor que 100% caracteriza o fenômeno de névoa úmida.

De acordo com o THE COMET PROGRAM (1999), o nevoeiro pode ser definido de forma operacional e meteorológico. Na primeira, o nevoeiro é a redução da visibilidade próximo a superfície para 1km ou menos pelas gotículas de água atmosférica, com diâmetro de poucos até várias dezenas de micrómetros. Na segunda, o nevoeiro é uma camada de nuvem que toca o solo.

#### **2.1.1 Processo de formação do Nevoeiro**

Os nevoeiros se formam quando a massa de ar se torna saturada de vapor d'água. Os mecanismos responsáveis pela formação do nevoeiro envolvem três processos principais: resfriamento do ar acima do ponto de orvalho, adição de vapor d'água no ar e mistura vertical da parcela de ar úmido com diferença de temperatura (Cotton e Anthes, 1989). De acordo com Peterson (1940), a maioria dos nevoeiros é produzido pelo resfriamento do ar em contato com a superfície da terra.

#### **2.1.2 Classificação dos Nevoeiros**

Existem muitas classificações para nevoeiros, tendo em conta as condições meteorológicas que produzem, região geográfica em que eles se formam (Oceano ou Terra) ou os processos que afetam a sua formação ou deslocamento (GEORGE, 1951, WILLET, 1928).

Willett (1928), em seu trabalho detalhado sobre a importância do núcleo de condensação para formação do nevoeiro e sobre diferentes características de partículas agindo na formação de gotículas, propôs a primeira classificação para os eventos de nevoeiro baseado nas causas e nas condições sinóticas favoráveis: os nevoeiros de massa de ar e os nevoeiros frontais. Ele também enfatizou a importância de todas as variáveis meteorológicas que afetam a formação de nevoeiro e os subclassificou em grupos (Quadro 1):

**Quadro 1 - Tipos de nevoeiro.**

Nevoeiros de massa de ar	Nevoeiros frontais
Tipo Advecção	Pré-Frontal
Tipo Radiação	Pós-Frontal
Tipo Radiação-Advecção	De Passagem Frontal
Tipo Orográfico	

Fonte: Willett, 1929

### 2.1.2.1 Nevoeiro de Massa de ar

Os nevoeiros de massa de ar ocorrem dentro de uma dada massa de ar como resultado de processos meteorológicos que afetam a massa de ar por toda sua extensão horizontal. Os nevoeiros de massa de ar subdividem-se nos tipos radiativos, advectivos e advectivo-radiativo;

### 2.1.2.2 Nevoeiro de Radiação

O nevoeiro de radiação é frequente em várias regiões, como por exemplo, na América do Sul (CABRAL, 1998; OLIVEIRA, 2002; LIMA, 1992), na Austrália (<http://www.auf.asn.au/meteorology/section3.html>), em Elkins-W. VA. (HOOVER, 1950), em New York (MEYER E LALA, 1990), entre outras. As condições necessárias para a formação do nevoeiro radiativo são encontradas em massas continentais em transição, ou seja, anticiclones velhos que se tornam termicamente estáveis (WILLET, 1928), pois apresentam subsidência que não permite a formação de nuvens (PETERSSSEN, 1940).

Segundo o Handbook of Aviation Meteorology (1994), as condições favoráveis para o nevoeiro de radiação são: 1) alta umidade relativa, de tal forma que é necessário um pequeno resfriamento para atingir a saturação; 2) pouca ou nenhuma nuvem, de forma que o calor é perdido pela radiação da superfície; 3) vento fraco, de forma que o resfriamento é

confinado às camadas superficiais, mas suficiente para trazer turbulência. A intensidade do vento considerada mais favorável para a formação de nevoeiro é da ordem de 2 nós a 8 nós, embora possa haver nevoeiro mesmo com vento calmo.

Peterson (1940) também chegou as mesmas conclusões, notando que as condições necessárias para a ocorrência do nevoeiro de radiação envolvem: umidade relativa alta, céu limpo (ou levemente nublado), ausência de vento e estratificação estável da atmosfera.

Os nevoeiros radiativos classificam-se nos tipos:

- de superfície
- de “alta inversão”.

#### **2.1.2.2.1 Nevoeiro de radiação de superfície**

O nevoeiro de superfície é formado a partir de uma inversão térmica de superfície causada pelo resfriamento radiativo que ocorre durante uma única noite, sendo a inversão destruída durante o dia. Esse tipo de nevoeiro é raso, geralmente denso, ocorrendo em condições de céu claro.

#### **2.1.2.2.2 Nevoeiro de radiação de “alta inversão”**

O termo nevoeiro de “alta inversão” significa que a inversão ocorre em uma camada mais espessa do que a do nevoeiro de superfície. Os nevoeiros radiativos do tipo alta inversão é basicamente um fenômeno de inverno, ocorre apenas sobre o continente e se forma quando o ar marítimo estaciona sobre um vale sob o domínio de um sistema de alta pressão persistente (TAYLOR, 1941, citado por HOLETS e SWANSON, 1981). Em alguns casos, este tipo de nevoeiro se torna uma nuvem estratiforme baixa durante o dia, alterando para condições de nevoeiro denso durante a noite.

#### **2.1.2.3 Nevoeiro de Advecção**

Nevoeiros do tipo advectivo são produzidos pelo transporte de ar quente sobre uma superfície fria, ou pelo transporte de ar frio sobre uma superfície quente, característico de

regiões costeiras, e ocorrem praticamente durante todo o ano (WALLACE E HOBBS, 2006). Nesse tipo, têm-se os nevoeiros associados às brisas marítima e terrestre, nevoeiro de ar marítimo, nevoeiro de ar tropical e o nevoeiro de vapor.

Na maioria dos casos de nevoeiro associado à brisa marítima, flutuações na direção do vento, geralmente de natureza diurna, faz com que o ar proveniente do continente aquecido seja resfriado ao passar sobre a superfície fria do oceano. Se os ventos apresentarem intensidades de moderada à forte, a turbulência pode provocar um resfriamento abrupto nas camadas inferiores e se formarão nuvens estratiformes sob a inversão turbulenta. Entretanto, se o vento for fraco, pode se formar uma superfície de nevoeiro denso sobre o oceano. Este tipo de nevoeiro também ocorre sobre grandes corpos d'água no continente, embora não se estendam muito continente adentro. Esse tipo de nevoeiro ocorre mais frequentemente próximo ao continente, onde se localizam a maior parte das águas frias oceânicas presentes nas correntes costeiras.

#### **2.1.2.4 Nevoeiro Radiação-Advecção**

O nevoeiro do tipo advectivo-radiativo se forma sobre o continente por resfriamento radiativo noturno de ar procedente do mar durante o dia. Ocorre principalmente no fim do verão e outono quando a água está relativamente mais quente e é, portanto, capaz de produzir alta temperatura do ponto de orvalho no ar sobrejacente e também quando as noites são longas o bastante para haver um resfriamento considerável.

#### **2.1.2.5 Nevoeiro Orográfico**

Esse tipo de nevoeiro forma-se quando o ar úmido sobe um terreno inclinado, como encostas de colinas ou montanhas, pelo efeito combinado de ascensão e radiação, e em algumas vezes, pelo aumento da umidade devido a chuva (Byers, 1959). Com o movimento ascendente, o ar se expande e resfria adiabaticamente, quando o ponto de orvalho é atingido, pode-se formar uma extensa camada de nevoeiro. Este nevoeiro, é um dos poucos que não se dissipam com velocidade do vento relativamente alta. É comum nas regiões serranas em toda época do ano (Tubelis e Nascimento, 1983).



### **2.1.2.6 Nevoeiro Frontal**

Os nevoeiros frontais ocorrem imediatamente antes ou depois da zona frontal. Estes tipos de nevoeiros são de natureza transitória e se concentram em faixas estreitas, movendo-se com as frentes. Os nevoeiros frontais subdividem-se nos tipos pré-frontal, frontal e pós-frontal.

#### **2.1.2.6.1 Nevoeiro Pré-Frontal**

##### **2.1.2.6.1.1 Na frente quente**

Nos nevoeiros pré-frontais em frentes quentes, o efeito da precipitação em colunas estáveis de ar podem aumentar a Td até que o nevoeiro seja formado sem resfriamento da camada de ar inferior. Estas condições são mais facilmente obedecidas no lado frio adiante de uma frente quente. No inverno, massas de ar continental polar quando associadas com frentes quentes e precipitantes, geralmente apresentam nevoeiro ou nuvens estratiformes baixas por serem estáveis. Por outro lado, uma massa de ar marítima polar não é estável o bastante para permitir a formação de nevoeiro. Assim, a intensidade do vento é um fator importante.

##### **2.1.2.6.1.2 Na frente fria**

Em nevoeiros pré-frontais em frentes frias também se formam através da umidade da precipitação frontal. Apenas frentes frias que se tornaram quase-estacionárias, usualmente orientadas na direção leste-oeste, apresentam extensas áreas de nevoeiro. Estas circunstâncias causam nevoeiro apenas se o ar frio for estável.

#### **2.1.2.6.2 Nevoeiro de Passagem Frontal**

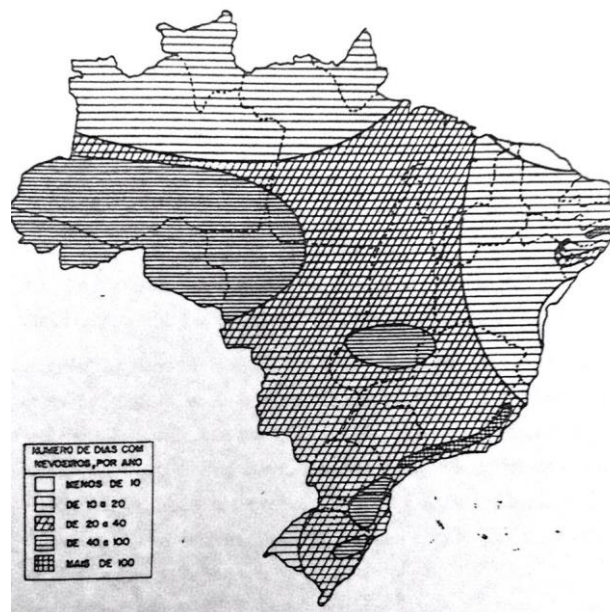
Existe uma variedade de formas nas quais os nevoeiros podem se formar temporariamente durante a passagem de uma frente em superfície. A mistura de massas de ar quente e frio na zona frontal pode produzir nevoeiro frontal se o vento for calmo e se ambas as massas estiverem perto da saturação antes da mistura. O súbito resfriamento do ar sobre a superfície úmida com a passagem de uma frente fria marcadamente precipitante pode causar um nevoeiro provisório ao longo da frente. No verão, especialmente em latitudes baixas, o resfriamento da superfície por evaporação de água de chuva pode ser tanto o resfriamento

necessário quanto o suprimento de umidade necessário para a formação do nevoeiro. Basicamente, este tipo de nevoeiro se dá por abaixamento da base da nuvem durante a passagem da frente em condições extremamente úmidas.

### 2.1.3 Estudos de Nevoeiros no Brasil

A Figura 1 mostra a frequência anual de ocorrência de nevoeiros em diferentes regiões do território Brasileiro. Em destaque está a baixa frequência na região norte do nordeste com menos de 10 dias de registro de casos nevoeiro por ano, e as regiões entre 10 e 20 dias de ocorrência de nevoeiros por ano à nordeste e norte do Brasil, esquerda do rio Solimões e a extremidade oeste do Rio Grande do Sul, todavia, a mesma mostra que em algumas regiões do nordeste do Brasil o nevoeiro pode ser observado de 20 a 40 e mais de 100 dias de ocorrência por ano. As regiões com maior ocorrência (mais de 100 dias por ano) são as regiões sul, centro e uma parte do norte do Brasil.

**Figura 1- Número de dias no ano com nevoeiro no Brasil.**



Fonte: Tubelis e Nascimento (1983).

Como poucos estudos sobre fenômenos de nevoeiros foram realizados no Brasil, bem como os métodos de previsão de ocorrência do fenômeno, serão apresentados alguns trabalhos desenvolvidos principalmente nas regiões Sul e Nordeste. Para a região central do Brasil (estado de Minas Gerais) não foi encontrado nenhum estudo sobre este fenômeno.

### 2.1.3.1 Região Sul do Brasil

Lima (1982) foi o pioneiro no estudo sobre nevoeiro de radiação em Porto Alegre. Ele desenvolveu uma metodologia para a previsão de nevoeiro em Porto Alegre e verificou que existe a possibilidade de ocorrência de nevoeiro de radiação quando: a direção e velocidade do vento as 19h forem, respectivamente, de leste ou sudeste, com intensidade abaixo de 1,4m/s; a temperatura do ar variar entre 16°C e 22°C; e o déficit da temperatura do ponto de orvalho for menor que 1°C. Ainda no mesmo estudo, Lima (1982) encontrou perfis verticais de temperatura e de umidade que se caracterizaram por uma camada úmida ( $T-T_d < 6^\circ\text{C}$ ), abaixo de 750hPa, e uma camada seca ( $T-T_d > 6^\circ\text{C}$ ) que se estende de 750hPa até o fim da sondagem. A distribuição vertical da temperatura e umidade como um preditor, Lima (1982) mostrou que existe a possibilidade de formação de nevoeiro de radiação se houve uma camada úmida estendendo-se da superfície até 750hPa e acima deste nível, uma camada seca.

Piva e Fedorova (1999) no seu estudo de nevoeiro de radiação em Porto Alegre observaram que para a formação de nevoeiro de radiação, é necessário a existência das condições para o acúmulo de umidade em baixos níveis, ou as situações sinóticas com vento fraco, inversão de temperatura e sem convecção térmica. Estas condições são observadas, em geral, nos anticiclones.

De acordo com a Circulação Geral da Atmosfera no inverno, sobre o Sul do Brasil, passam mais ciclones do que nas outras estações do ano, e o vento, associado com estes sistemas, diminui a quantidade de dias com nevoeiro de radiação. A predominância dos anticiclones subtropicais durante as outras estações do ano fornece as condições principais para a formação de nevoeiro de radiação. Além disso, no outono, a duração do período noturno é maior do que a duração do período diurno, o que aumenta a possibilidade de o ar chegar a saturação. Embora as temperaturas apresentem aproximadamente o mesmo intervalo e as situações sinóticas sejam parecidas no outono e na primavera, a duração do período noturno maior no outono favorece a ocorrência de um maior número de casos de nevoeiro nesta estação do que na primavera. O desenvolvimento da convecção térmica predomina na estação quente do ano e diminui a ocorrência do nevoeiro no verão (Piva e Fedorova, 1999).

Piva e Fedorova (1999) determinaram dois tipos de perfis verticais de temperatura e umidade, que foram separados de acordo com: 1) inversão na camada à superfície (até 950hPa); 2) camada úmida em baixos níveis; 3) camada seca; e 4) velocidade do vento até 1000hPa, Figura 2.

A inversão térmica é uma evidência do resfriamento radiativo noturno da superfície terrestre. Durante a noite, na ausência de nuvens, o resfriamento da superfície é favorecido, pois há perda de energia para o espaço. Esse resfriamento é mais acentuado quando as camadas acima da superfície se apresentam relativamente secas, impossibilitando maior absorção pelo vapor d'água (Piva e Fedorova, 1999).

Os perfis verticais de temperatura, de umidade e de vento permitiram a caracterização de 4 situações típicas, cada uma das quais pode ser agrupada em dois tipos distintos (Figura 2), como se segue:

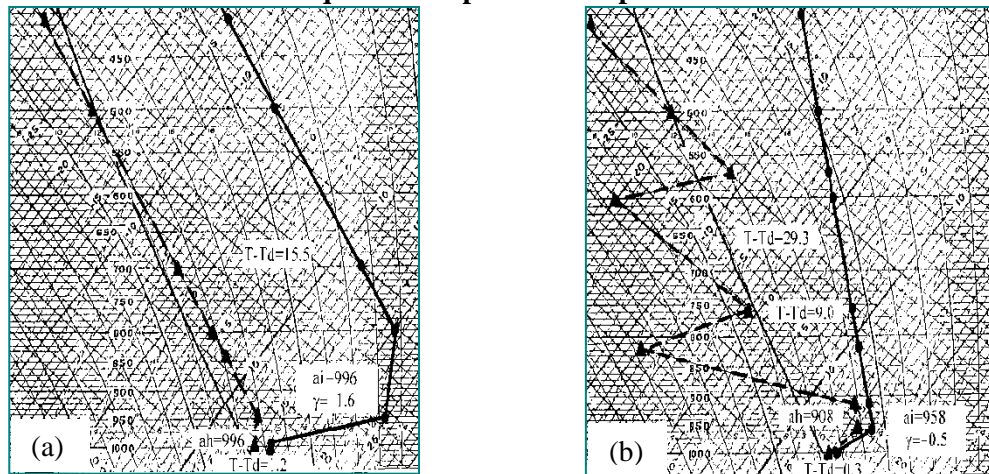
1) Inversão. O tipo da Figura 2 a, mostra forte inversão, com gradiente vertical de temperatura de  $-1,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  e com diferença de temperatura entre o topo e a base da inversão de  $8,5^{\circ}\text{C}$ , enquanto que o tipo da Figura 2 b apresentou inversão fraca, com gradiente vertical igual a  $-0,5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  e a diferença de temperatura entre a base e o topo de  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

2) Camada úmida. O tipo de perfil da Figura 2 a, apresentou uma camada úmida que se estendeu da superfície até o nível de 996hPa, com deficit médio da temperatura do ponto de orvalho de  $3,2^{\circ}\text{C}$ . Para o tipo de perfil da Figura 2 b, a camada apresentou-se um pouco mais úmida, com deficit médio da temperatura do ponto de orvalho igual, em média, a  $2,7^{\circ}\text{C}$ , e com maior profundidade, ou seja, estendeu-se até 908hPa. Na superfície, o deficit médio da temperatura do ponto de orvalho foi  $1,2^{\circ}\text{C}$  para o tipo da Figura 2 a e  $0,3^{\circ}\text{C}$  para b.

3) Camada seca. Para o tipo da Figura 2 a, a camada seca estendeu-se até altos níveis com o deficit médio da temperatura do ponto de orvalho em média igual a  $15,5^{\circ}\text{C}$ , e o da Figura 2 b apresentou camadas muito secas, com o deficit médio da temperatura do ponto de orvalho em média igual a  $29,3^{\circ}\text{C}$ , e camadas mais úmidas intercaladas, com o deficit médio da temperatura do ponto de orvalho em média igual a  $9,0^{\circ}\text{C}$ .

4) Velocidade do vento até 1000hPa. Para o tipo da Figura 2 a, velocidades inferiores a 2,0m/s na atmosfera e na superfície entre 1-1,5m/s. Para o tipo da Figura 2 b, velocidades inferiores a 1 m/s e calmaria na superfície.

**Figura 2- Dois tipos (a. Tipo I, b. Tipo II) de perfis verticais de temperatura e de temperatura do ponto de orvalho para os dias com nevoeiro de radiação. Linha a direita-temperatura do ar. Linha a esquerda-temperatura do ponto de orvalho.**



Fonte: Piva e Fedorova, 1999.

A análise das distribuições verticais de temperatura mostrou que a camada junto a superfície estava estável. Uma atmosfera estável em muito dificulta a ocorrência de movimentos ascendentes e, portanto, a formação de nuvens.

### 2.1.3.2 Região NEB do Brasil

No NEB, Silveira (2003) estudou pela primeira vez este fenômeno. Neste trabalho estudou a frequência, os mecanismos de formação e dissipação, os parâmetros meteorológicos e as situações sinóticas associadas aos casos de nevoeiro e nuvem stratus no aeroporto de Maceió no ano de 1996. Observou dois casos de nevoeiro (moderado e fraco) no inverno, onde 1 caso de nevoeiro ocorreu devido a advecção de umidade local e no outro a calmaria do vento favoreceu a saturação do ar e a formação do nevoeiro.

Poucos sistemas frontais chegam ao nordeste brasileiro. Sobre o Estado de Alagoas, sua influência se dá mais pelas suas extremidades, mesmo assim, com frequência muito baixa ao longo do ano, média de oito anualmente (Da Cruz, 2008). Também não se tem registro de nevoeiro provocado por sistemas frontais e sequer algum autor que tenha comentado sobre a formação de tal fenômeno adverso devido a uma zona frontal. Portanto, somente três tipos de

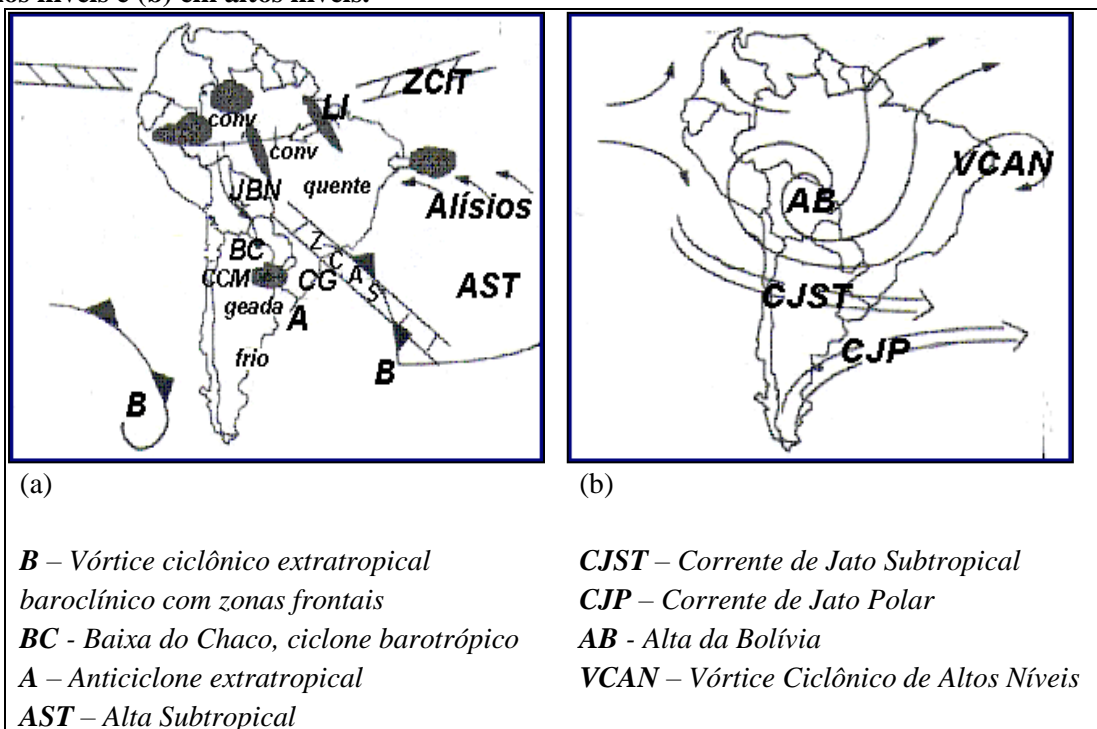
nevoeiros que se formam na massa de ar seriam de interesse para o nordeste brasileiro e, em particular, para a região alagoana: o nevoeiro de advecção e principalmente os nevoeiros de radiação e radiação-advecção (Silva, 2012).

Fedorova et. al (2015) estudaram os eventos de nevoeiro no aeroporto de Maceió, Costa Norte do Brasil, durante os anos 2002-2005 e 2007. Oito casos de nevoeiros foram encontrados neste período de estudo, a duração do nevoeiro variou de 20 min a 4 h, e a sua intensidade foi fraca ou moderada. A direção do vento era do continente em direção ao oceano (a brisa da noite) durante a visibilidade mínima para todos os eventos. Análise de nuvens observadas na estação meteorológica durante os dias de nevoeiro revelaram uma associação desse fenômeno com cúmulos altocumulus em todos os eventos de nevoeiro. Foi detectada névoa úmida na estação meteorológica antes da formação dos nevoeiros em eventos sem chuva. Após os eventos de nevoeiro, a neblina causou a formação de nuvens estratos, que foram identificadas em seis eventos.

## 2.2 Sistemas Sinóticos atuantes na América do Sul

Satyamurty et al. (1998) apresentaram os seguintes sistemas meteorológicos atuantes na América do Sul, como mostra a Figura 3:

**Figura 3- Principais sistemas de escala sinótica na América do Sul e oceanos adjacentes: (a) em baixos níveis e (b) em altos níveis.**



*CG – Ciclogênese*  
*ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul*  
*JBN – Jato de Baixos Níveis*  
*CCM – Complexo Convectivo de Mesoescala*  
*LI - Linha de Instabilidade*  
*CONV – Atividade convectiva*

Fonte: Adaptado do Satyamurty et al., 1998.

## 2.2.1 Ciclone Baroclinico

### ➤ Estágio de Desenvolvimento do Ciclone

Na atmosfera ocorrem a formação de ondas frontais que evoluem no tempo cronológico. Existem diversas etapas de desenvolvimento da onda frontal ou estágios de desenvolvimento do ciclone (Fedorova, 2001):

- I estágio ou estágio de onda;
- II estágio ou estágio do ciclone jovem;
- III estágio ou estágio de desenvolvimento máximo do ciclone;
- IV estágio ou estágio de dissipação do ciclone ou ciclone velho.

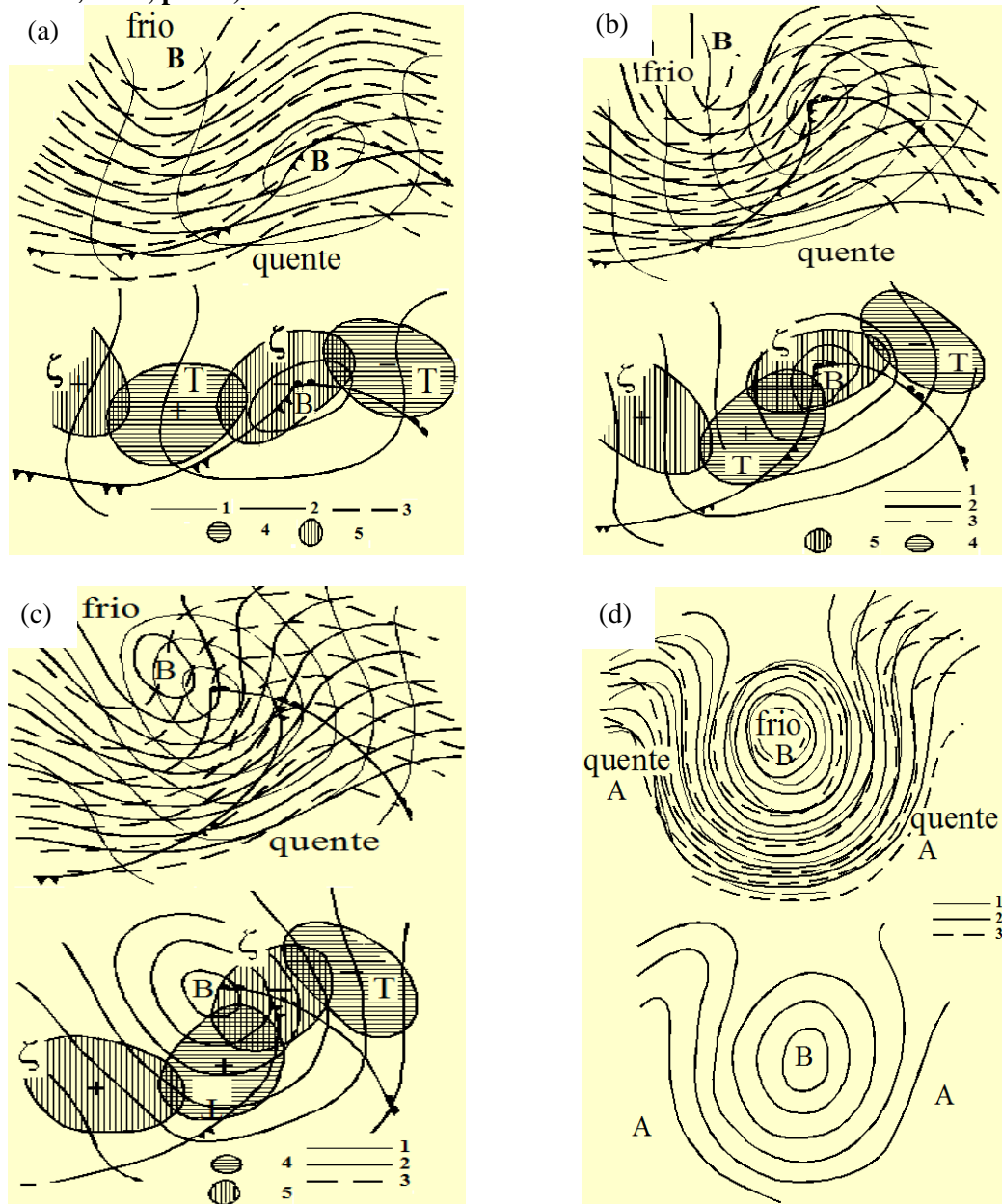
#### a) Estágio de Onda

Na zona frontal com ondas, o ar frio é transportado para o sul, e o ar quente é levado para o norte (no Hemisfério Norte); formam-se ondas frontais à superfície com duas partes: frentes quente e fria. Na parte dianteira da onda intensifica-se a advecção de ar quente e na parte posterior, de ar frio. Próximo da superfície forma-se a primeira isóbara fechada (Figura 4, a).

#### b) Estágio de ciclone Jovem

No estágio de ciclone jovem as amplitudes das ondas nos campos térmico e bórico aumentam. No campo de pressão à superfície são observadas algumas isóbaras fechadas; a pressão no centro do ciclone cai e os gradientes bóricos aumentam. A curvatura ondulatória cresce, as partes fria e quente da zona frontal aproximam-se, o setor quente aparece nítido (Figura 4, b).

Figura 4- Estágios de desenvolvimento do ciclone, (a) estágio de onda, (b) estágio do ciclone jovem, (c) estágio de desenvolvimento máximo do ciclone e (d) estágio de dissipação do ciclone ou ciclone velho. 1. Isóbaras; 2. Isoípsas no nível de 700hPa; 3. Isoípsas da topografia relativa entre 500 e 1000hPa; 4. Mudança da pressão devido à componente térmica; 5. Mudança da pressão devido ao transporte da vorticidade. (Manual, 1964, p. 115).



Fonte: Fedorova, 1999.

### c) Estágio de Desenvolvimento Máximo do Ciclone

Este estágio caracteriza-se pela profundidade maior do ciclone próximo da superfície; depois deste estágio de desenvolvimento o ciclone começa a encher (Figura 4, c). No ciclone à superfície são observados muitas isóbaras fechadas e grandes gradientes béricos. As frentes



fria e quente juntam-se, ocorre oclusão do ciclone com a formação da frente oclusa. Durante este estágio o ponto de oclusão desloca-se na borda do ciclone. A distribuição de temperatura na parte central do ciclone é mais simétrica.

#### **d) Estágio de Dissipação do Ciclone ou o Ciclone Velho**

Neste estágio o ciclone enche-se próximo da superfície e nos altos níveis desenvolve-se por algum período. A massa de ar fria é observada em toda parte central do ciclone. Durante este estágio os centros do ciclone à superfície, em médios e altos níveis coincidem com a parte central da região de ar frio. O ciclone neste estágio é frio e localiza-se desde a superfície até os altos níveis da atmosfera (Figura 4, d)

### **2.2.2 Os Sistemas Frontais**

Os Sistemas Frontais (SF) são caracterizados por uma região de limite entre massas de ar que possuem características diferentes (temperatura, umidade, instabilidade). Um sistema frontal é normalmente formado por uma frente fria, uma frente quente e um centro de baixa pressão à superfície, que recebe o nome de ciclone extratropical.

Uma frente fria pode ser descrita como uma superfície de separação ou interface entre uma massa de ar polar (de característica fria e seca) e uma massa de ar tropical (caracterizada por grande umidade e calor). O ar frio, que é denso, avança sobre o ar quente, menos denso, que vai se resfriando à medida que ascende. Caso haja umidade suficiente, haverá condensação e a consequente formação de nuvens e chuvas, muitas vezes acompanhadas por trovoadas e granizo.

O inverso ocorre numa frente quente, pois, nesse caso, é o ar quente que avança sobre o ar frio. A precipitação associada a uma frente quente é estratiforme, geralmente associada aos nimbostratos. As nuvens de desenvolvimento vertical (cúmulo (Cu) e cumulonimbo (Cb)), comuns nas frentes frias, podem também aparecer associadas às frentes quentes, embebidas nas nuvens estratiformes.

Ainda existem outros tipos de frentes, tais como a frente oclusa e a frente estacionária. A primeira refere-se a uma área de transição na qual uma frente fria, movendo-se mais rapidamente, ultrapassa uma frente quente, culminando na elevação do ar quente. As

frentes estacionárias são definidas como uma fronteira entre o ar quente e o ar frio, resultante da redução da velocidade de uma frente fria ou quente, as quais praticamente param de se mover (FEDOROVA et al., 2006).

### **2.2.3 Corrente de Jato**

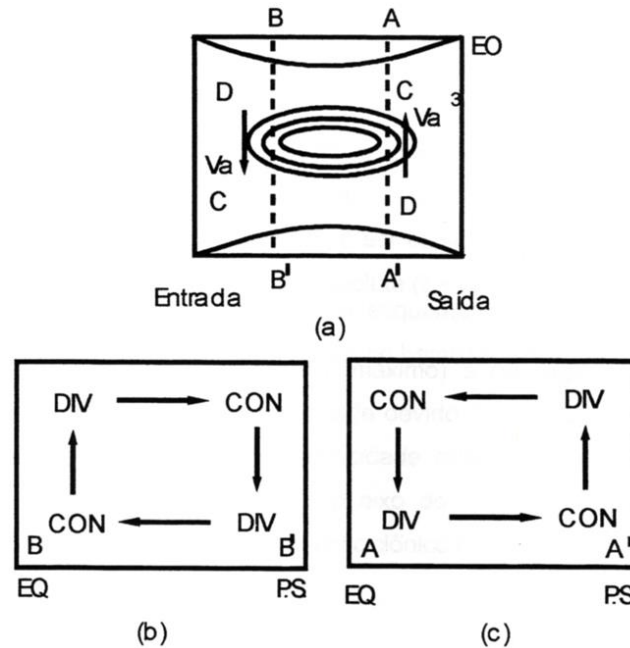
Corrente de jato é um escoamento do ar na alta troposfera ou estratosfera, que apresenta velocidades maiores que 30 m/s, ocorre próximo a tropopausa, entre 9 a 13 km de altura, limitando-se a poucos milhares de metros de profundidade e a dezenas de quilômetros horizontalmente (Fedorova, 1999). Este escoamento se desloca de oeste para leste como uma faixa semi-contínua ao redor do globo, presentes no hemisfério norte e sul, situa-se entre massas de ar frias e quentes, onde há máximos contrastes térmicos. Quando essas duas massas de ar se encontram o jato é gerado e flui ao redor do planeta conforme o mesmo gira, quanto maior o contraste de temperatura, mais intenso é o jato.

#### **➤ Movimentos verticais na Corrente de Jato**

Segundo Sechrist e Whitaker (1979), o movimento nas regiões de entrada e saída tem alguma componente ageostrófica devido às mudanças de velocidade na entrada e saída da Corrente de Jato. Na entrada da Corrente de Jato, há uma aceleração ageostrófica da parcela de ar, pois a mesma se move para o centro do jato implicando numa componente ageostrófica do vento negativa, sendo direcionada para direção do pólo. Na região de saída do jato ocorre desaceleração ageostrófica, a parcela de ar recebe uma componente ageostrófica positiva direcionada para o equador. Como pode ser visto na Figura 3.a.

Assim sendo, a circulação na entrada do jato é termicamente direta (Figura 5, b) com movimento ascendente de ar quente no lado equatorial, onde há convergência em baixos níveis e divergência em altos níveis, e movimento descendente de ar frio no lado polar, onde há divergência em baixos níveis e convergência em altos níveis. A circulação térmica na saída do jato é indireta (Figura 5, c), movimento descendente de ar quente no lado equatorial, havendo divergência em baixos níveis e convergência em altos níveis, e movimento ascendente de ar frio no lado polar, havendo convergência em baixos níveis e divergência em altos níveis.

**Figura 5- Circulação de Corrente de Jato para o hemisfério sul.**



Fonte: DjuDjuric, 1994.

#### 2.2.4 Vórtices Ciclônicos dos Altos Níveis

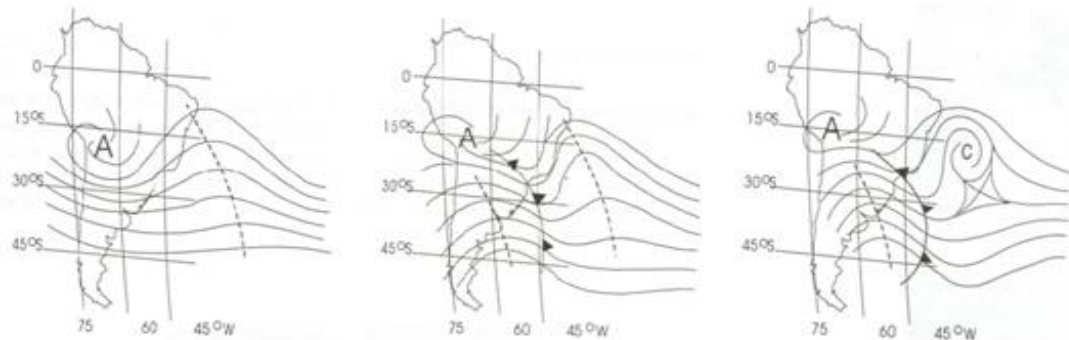
Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) têm um papel importante no regime de precipitação de regiões dos trópicos e extratropicais, além de contribuírem nas trocas de energia entre ambas as regiões (RAMIREZ, 1998). No Brasil, as regiões mais afetadas pelos VCAN são: Sul, Sudeste e Nordeste (LOURENÇO, 1996). Nesta última região, os sistemas se desenvolvem nas latitudes tropicais do Oceano Atlântico Sul (KOUSKY E GAN, 1981; MISHRA ET AL., 2001) e de acordo com experiências sinóticas podem ocasionar secas em algumas regiões ou inundações em outras, dependendo da posição sobre a área afetada (SILVA, 2005) e das condições atmosféricas.

Os primeiros estudos a respeito da origem dos VCAN no NEB foram feitos por Dean (1971), Aragão (1975) e Virji (1981) que observaram formação desse sistema no Atlântico Sul Tropical durante a época chuvosa da região. Kousky e Gan (1981) observaram formação de VCAN nessa mesma região e também em áreas continentais, como a costa leste brasileira. Esses vórtices formam-se de Setembro a Abril, segundo Kousky e Gan (1981) e Gan (1983), sendo que a frequência é maior nos meses de verão, especialmente em janeiro, estação do ano em que eles mais perduram com cerca de 7,1 dias em média (RAMIREZ, 1997).

FEDOROVA e FEDOROV (1998) analisaram a participação da corrente de jato na formação do VCAN e perceberam que na maioria dos casos, o estágio inicial de formação ocorre na entrada da corrente de jato ou próximo da mesma.

A formação do vórtice está associada a um sistema de alta pressão que surge em altos níveis na região da Bolívia, conhecida como a Alta da Bolívia (AB) e a um cavado profundo sobre o Nordeste (KOUSKY, GAN, 1981; VIRJI, 1981; SILVA DIAS 1987, BONATTI, 2006) que se desloca a nordeste das frentes que penetram nessa região (Figura 6). A gênese dos VCANs estaria relacionada com a propagação de energia de onda no sentido SW-NE.

**Figura 6- Formação do VCAN do tipo Palmer.**



Fonte: VAREJÃO, 2005.

### 2.2.5 A Zona de Convergência Intertropical

Um dos sistemas sinóticos atuante no nordeste brasileiro de grande importância para o regime pluviométrico da região é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a qual é configurada por um cinturão mais ou menos contínuo de nuvens convectivas, que se desenvolvem verticalmente, se estendendo até a altatroposfera, sendo oriundas da confluência entre os ventos alísios de nordeste e de sudeste nas regiões tropicais, cuja localização varia sazonalmente no sentido norte-sul (XAVIER, et al., 2000). A ZCIT está localizada no ramo ascendente da célula de Hadley, transferindo calor e umidade dos níveis mais baixos da atmosfera das regiões tropicais para os níveis mais altos da troposfera e em direção as médias e altas latitudes. A ZCIT localiza-se numa região de baixa pressão (cavado equatorial), apresentando convergência de escoamento em níveis inferiores e divergência em níveis superiores da troposfera e, geralmente, está situada nas áreas de temperatura da superfície do mar (TSM) mais elevadas (FERREIRA, 1996).

No Brasil, a ZCIT influencia o tempo no norte da Amazônia e nas áreas localizadas no norte da região Nordeste, especialmente no verão e no outono (UVO E NOBRE, 1989), apesar da nebulosidade associada a ela muitas vezes ser de difícil localização naquela área em razão de sua mistura com a nebulosidade gerada através da convecção sobre o continente (COELHO; ZANOTTI, 2004). Em alguns casos, a ZCIT chega a influenciar o tempo no Estado de Alagoas, mesmo que de forma indireta, através do surgimento de um segundo ramo, discutido por Hubert, 1969.

### 2.2.6 Complexos Convectivos de Mesoescala

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são aglomerados de nuvens de forte desenvolvimento vertical advindas da instabilidade atmosférica, do forte calor, da alta umidade do ar e, em muitos casos, das características do relevo de uma dada região. Essas nuvens são capazes de produzir fortes precipitações, muitas delas acompanhadas por descargas elétricas e rajadas de vento (BRABO ALVES et al., 2001).

Utilizando técnicas de realce em imageamento de satélite no canal do infravermelho, Maddox (1980) caracterizou fisicamente os CCMs, conforme pode ser visto no Quadro 2.

**Quadro 2- Caracterização física de um Complexo Convectivo de Mesoescala para os Estados Unidos.**

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
TAMANHO	A- Cobertura de nuvens com temperaturas $\leq -32^{\circ}\text{C}$ observadas no IR e com área $\geq 100000 \text{ km}^2$ – equivalente a área total de Pernambuco ( $98938 \text{ km}^2$ ) B- Região interna da cobertura de nuvens com temperaturas $\leq -52^{\circ}\text{C}$ observadas no IR e com área $\geq 50000 \text{ km}^2$
INÍCIO	Caso as definições de tamanho A e B seja satisfeitas
DURAÇÃO	As definições de tamanho A e B deverão persistir num período $\geq 6\text{h}$
EXTENSÃO MÁXIMA	Quando a definição do tamanho A ( $-32^{\circ}\text{C}$ ) alcançar seu maior tamanho
FORMA	Excentricidade $\geq 0,7$ no momento de máxima extensão
TÉRMINO	Quando as definições de tamanho A e B já não são satisfeitas

Fonte: MADDOX, 1980.

### 2.2.7 Perturbações Ondulatórias nos Alísios

Entre os sistemas, que afetam o tempo com maior frequência no leste do NEB, podem ser citadas as Perturbações Ondulatórias nos Alísios (POA), conhecidas como distúrbios que se propagam para oeste, os quais são formados pela convergência dos ventos de sul, gerados nas altas pós-frontais, com os ventos Alísios. Tal convergência dá origem à grande

nebulosidade ao se aproximarem de áreas costeiras, devido à convergência do fluxo de umidade e temperaturas da superfície do mar (TSM) elevadas (Molion e Bernardo, 2000).

Molion e Bernardo (2002) sugerem que outro mecanismo para a produção de POAs seria o aumento da frequência de grandes complexos convectivos associados à ZCIT em sua fase mais intensa. Segundo os autores, o número de episódios de POAs aumentaria, já que os aglomerados de cumulonimbus acarretariam em rajadas de vento descendentes, gerando perturbações que se propagariam para fora da ZCIT. Também as extremidades frontais dariam suporte à formação e avanço das POAs em direção às áreas continentais. Ainda salientou o fato de que a convecção nas POAs não se intensificaria enquanto essas estivessem sobre os oceanos, onde predomina a inversão psicrotérmica, mas sim após alcançarem a costa, devido à convergência de umidade alísios. Quanto a sua duração, foi observado que, em menos de 24h, a convecção diminui e as POAs se dissipam devido à falta de uma fonte de umidade sobre o continente.

Um estudo feito por Costa et al. (2004) apontaram a existência de um sério problema da previsão dos fenômenos adversos associados às perturbações ondulatórias nos alísios, visto que as precipitações intensas registradas em diversos postos pluviométricos de Alagoas não foram previstas. De acordo com o mesmo autor, nem sempre a estrutura da POA está associada à formação da convecção intensa, isto é, em muitos casos a nebulosidade será estratiforme, produzindo chuvas fracas.

Rodrigues et al. (2006) concluíram que uma POA trata-se de mais uma nomenclatura utilizada para a propagação da nebulosidade de leste para oeste (como as Ondas de Leste) em função de distúrbios no escoamento de leste, conclusão essa advinda da origem um tanto similar desses sistemas.

### **2.2.8 Climatologia do Brasil**

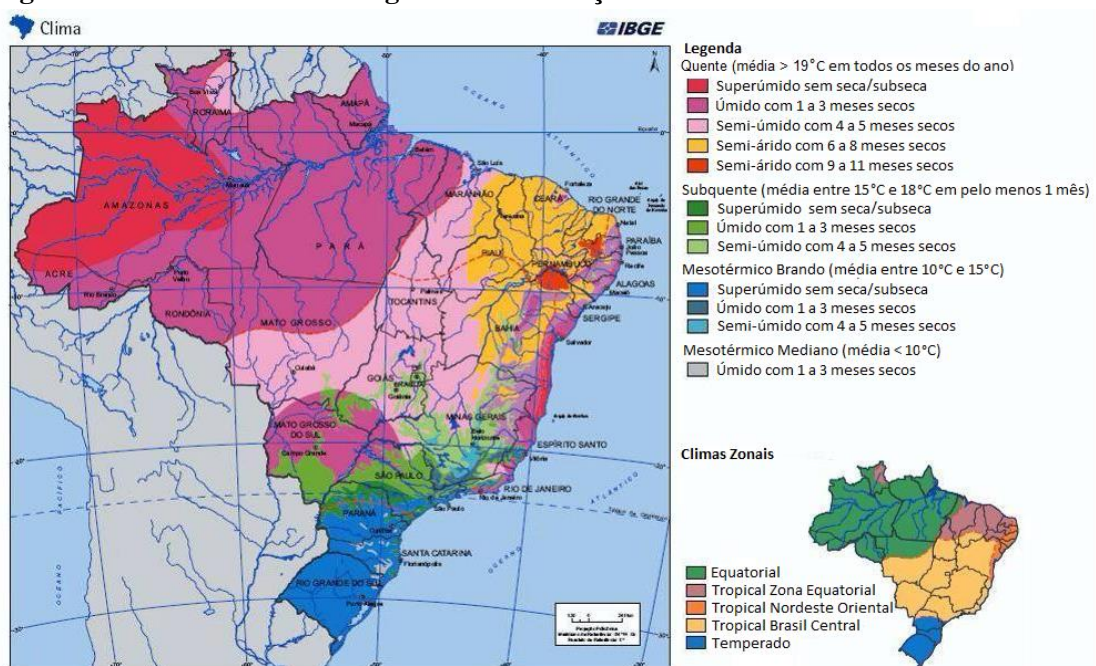
Nunes (1979) classificou a climatologia do Brasil em função da temperatura e umidade, apresentado na Figura 7, definiu as regiões como:

a) Região Sul: Mesotérmico Brando (média entre 10°C e 15°C) com clima superúmido sem seca/subseca.

b) Região Centro: Subquente (média entre 15°C e 18°C em pelo menos 1 mês) com clima semi-úmido com 4 a 5 meses secos. Quente (média > 19°C em todos os meses do ano) com clima semi-árido com 6 a 8 meses secos e semi-árido com 4 a 5 meses secos.

c) Região Nordeste: Quente (média > 19°C em todos os meses do ano) com clima úmido com 1 a 3 meses secos no litoral, semi-árido com 9 a 11 meses secos no agreste e semi-árido com 4 a 5 meses secos no sertão.

**Figura 7- Um modelo metodológico de classificação de climas.**



Fonte: Nunes (1979).

## 2.2.9 Previsão Numérica de Nevoeiro (Visibilidade)

A visibilidade baixa durante eventos de nevoeiro é um resultado de complexos processos radiativos, turbulentos, microfísicos, termodinâmicos, dinâmico, aerossol, bem como interações entre camada limite planetária (CLP) e superfície adjacente (GULTEPE, I. et. al., 2006; THOMA, C. et. al., 2011). Dessa forma, a previsão numérica de nevoeiro se torna uma tarefa muito difícil.

O processo de formação de nevoeiro não pode ser resolvido com aproximações 1D. Simulações numéricas necessitam de altas resoluções horizontal e vertical combinada com

física de nuvens. O modelo PAFOG, por exemplo, possui uma microfísica limitada à parte mais baixa da atmosfera, que se estende da superfície até uma determinada altura, atualmente 1.500m (MULLER, et al., 2005).

O problema dos modelos unidimensionais é que eles não são capazes de resolver os termos de forçantes horizontais, como processos de advecção (THOMA, et. al., 2011).

#### 2.2.9.1 Incertezas dos Modelos 1D

A previsão de visibilidade deve ser realizada com maior precisão (>30%) para reduzir os custos de acidentes relacionados com visibilidade baixa e atrasos em aeroportos (PAGOWSKI, et. al., 2004).

De acordo com Gultepe et. al. (2007), a aproximação mais simples para previsão numérica de nevoeiro é a utilização de modelos unidimensionais. Nesses modelos, os processos dinâmicos, como advecção ou subsidência de grande escala, normalmente não são considerados. Em eventos, onde os processos radiativos são dominantes, as previsões desses eventos são relativamente boas. No entanto, o oposto também é verdade. Ele também explica que as principais razões para tal deficiência nas previsões de nevoeiro são:

- 1) A hipótese da homogeneidade horizontal das variáveis termodinâmicas, a qual não é válida. Essa consideração resulta em grandes erros na evolução no tempo das variáveis do nevoeiro.

- 2) As nuvens não são corretamente representadas. Nevoeiros de radiação são caracterizados por um distinto resfriamento nas camadas mais baixas durante o período noturno, e tal processo depende fortemente da cobertura de nuvem, pois o resfriamento radiativo aumenta com a diminuição da cobertura de nuvens.

- 3) Os fluxos de umidade e calor não são tratados adequadamente em condições de superfície heterogênea, uma vez que esses fluxos são dependentes das características da superfície, tais como vegetação, tipo de solo, umidade do solo e temperatura do solo, que obviamente são considerados homogêneos horizontalmente em modelos 1D. A evolução do nevoeiro de radiação, por exemplo, depende desses fluxos.



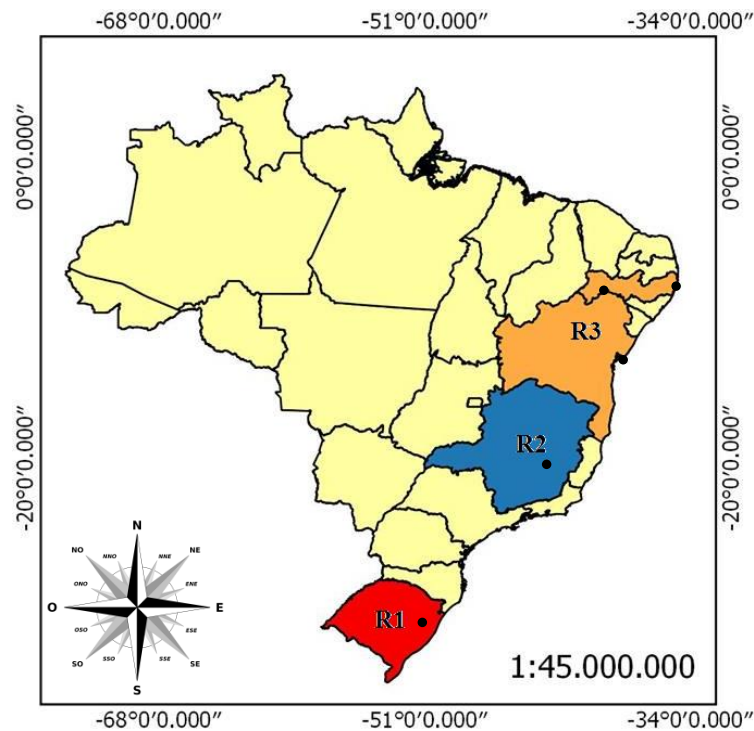
4) A turbulência atmosférica também não é tratada adequadamente, particularmente sob condições de forte inversão térmica.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo e dados observacionais

O estudo de eventos de nevoeiro foi feito em três diferentes regiões geográficas (Figura 8), a região 1 (R1) Sul do Brasil, região 2 (R2) centro do Brasil e região 3 (R3) nordeste do Brasil (NEB). As regiões foram seleccionadas por serem climatologicamente diferentes (Nunes 1979) e devido a disponibilidade de estações de ar superior (Figura 9).

**Figura 8- Localização das regiões de estudo.**



Fonte: IBGE.

#### R1- Região Sul do Brasil

Na região Sul do Brasil, o estudo foi realizado usando dados do Aeroporto Internacional Salgado Filho (ICAO: SBPA) que se situa na costa leste, na cidade de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul. Possui uma área de aproximadamente 3.600.000 m<sup>2</sup> e está situado no bairro Anchieta, zona norte da cidade.

A Estação Meteorológica de Superfície (EMS) do aeroporto está posicionada geograficamente a 30°00'S, 51°18'W, a 3 metros de altitude e a uma distância de 106,53 km do litoral.

## **R2- Região Central do Brasil**

Na região Central, o estudo utilizou dados do Aeroporto Internacional Tancredo Neves (ICAO: SBCF), com uma área de 15.010.000 m<sup>2</sup>, localizado no município de Confins, a uma distância de aproximadamente 40 km de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais.

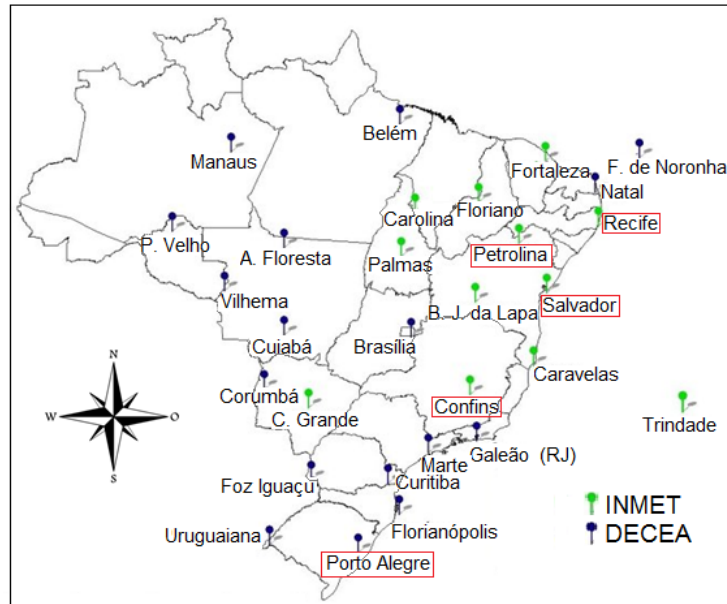
A EMS do aeroporto está posicionada geograficamente a 19°62'S, 43°57'W, a 827 metros de altitude e a uma distância de 444,06 km do oceano.

## **R3- Região Nordeste do Brasil (NEB)**

Devido a baixa frequência de nevoeiros na região nordeste do Brasil (Tubelis e Nascimento, 1983; Fedorova et al 2008; Gomes et al. 2011) foi necessário aumentar os pontos observacionais na região para que se obter o máximo de registros possíveis deste fenômeno; sendo assim, os aeroportos usados para o estudo foram:

- Aeroporto Internacional Deputado Luís Eduardo Magalhães (ICAO: SBSV), com uma área de 6.900.000 m<sup>2</sup>, localizado na cidade de Salvador, capital do estado da Bahia. A EMS do aeroporto está posicionada geograficamente a 13°01'S, 38°51'W, a 51 metros de altitude e a uma distância de 2,6 km do oceano.
- Aeroporto Internacional Senador Nilo Coelho (ICAO: SBPL), com uma área de 418.821.518 m<sup>2</sup>, localizado no município de Petrolina no estado de Pernambuco. A EMS do aeroporto está posicionada geograficamente a 9°38'S, 40°48'W, a 370 metros de altitude e a uma distância de 27,12 km do lago de Sobradinho pelo oeste, 8,32 km do rio São Francisco a Sul e a 571,82 km do oceano Atlântico pelo leste.
- Aeroporto Internacional Gilberto Freyre (ICAO: SBRF), com uma área de 422.914.040 m<sup>2</sup>, localizado na zona Sul da cidade de Recife, na divisa com o município de Jaboão dos Guararapes, no estado de Pernambuco. A EMS do aeroporto está posicionada geograficamente a 8°05'S, 34°91'W, a 11 metros de altitude e a uma distância de 3,14 km do litoral.

**Figura 9- Rede de estação de Altitude representando 29 estações no Brasil. Regiões de estudo em vermelho.**



Fonte: Adaptado do INMET, 2007.

As EMS's dos Aeroportos em estudo dispõem de observações de superfície em intervalos regulares de 1 hora durante 24 horas, juntamente com observações (também de superfície) especiais, que são efectuadas entre as observações regulares quando necessárias. A rede é operada pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), e os dados são codificados no formato METAR, na Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica-REDEMET (ver <http://www.redemet.aer.mil.br>).

Os dados meteorológicos utilizados para o estudo da ocorrência de nevoeiro foram: direção do vento (graus), velocidade do vento (nós), visibilidade (m), tempo presente, cobertura de nuvens (oitavos) com a altura da base das nuvens (pés), temperatura do ar (°C), temperatura do ponto de orvalho (°C) e pressão atmosférica (hPa) ao nível da estação.

Para o registro de eventos de nevoeiros foi usado a definição contida em Varejão-Silva (2000), Tubelis-Nascimento (1983) e INMET (1999), ou seja, usando o critério de visibilidade horizontal inferior a 1.000 metros. No entanto, foram contabilizadas as horas de início e a quantidade de casos de nevoeiros. Um caso de nevoeiro é considerado como sendo uma sequência ininterrupta de observações de nevoeiro. A classificação qualitativa de nevoeiro (intensidade) foi feita conforme o manual do observador meteorológico INMET (1999): nevoeiro forte (visibilidade inferior a 200m); nevoeiro moderado (visibilidade variando entre 200 e 700m); nevoeiro fraco (visibilidade superior a 700m e inferior a 1km).

Por razões de apresentação, foi necessário considerar os valores das visibilidades contidas no METAR como CAVOK (Céu e Visibilidade está ok, significando que a visibilidade é superior a 10km com o céu limpo ou não existem nuvens abaixo de 1.500 metros) pelo valor de 10km. E a visibilidade codificada como 9999 (quando a visibilidade é maior que 10km) por 9km.

A variação horária de temperatura (°C) e de umidade relativa (%), características da inversão térmica e da estabilidade atmosférica (Piva e Fedorova, 1999) foi determinada para todos os eventos, juntamente com a variação da direção (°), velocidade (nós) do vento e pressão (hPa), para caracterizar os tipos de nevoeiros (Willet 1928, Peterssen 1940 e Lima 1982).

O período de estudo compreendeu os anos de 2008-2009 para as regiões R1 e R2. Este período foi escolhido a partir de informações contidas no ZH Notícias (2014), para o aeroporto (Salgado Filho, RS) apresentando mais tempo de operações interrompidas, a maioria por conta do nevoeiro (total de 11 anos, de 2004 a 2014). Este período também foi considerado para a região R3, mas devido a baixa frequência de nevoeiro nessa região (Tubelis e Nascimento, 1983; Fedorova et al 2008; Gomes et al. 2011) foi necessário aumentar o período de análise para 7 anos (2008 a 2014). No geral, o levantamento de dados de todo o período estudado resultou em 219.651 mensagens meteorológicas (METAR).

Foram escolhidos os eventos ocorridos nos períodos com observações de radiossondagem (as 0000UTC e 1200UTC) e com dados do modelo Climate Forecast System Reanalysis-CFSR (as 0000UTC, 0600UTC, 1200UTC e 1800UTC), com o intuito de se fazer estudos sinóticos destes eventos, análises dos tipos de nevoeiro e inicialização do modelo de previsão de nevoeiro PAFOG. Alguns casos de nevoeiro que duraram mais de 6 horas, embora não observados nos horários das 0000UTC e 0600UTC foram incluídos neste estudo. Os casos de um único evento de nevoeiro para as localidades da região R3 foram estudados detalhadamente com informações de dados de radiossonda e do modelo CFSR mais próximo temporalmente ao evento.

### 3.2 Dados e métodos para o estudo sinótico dos eventos de nevoeiro

Para o estudo sinótico e termodinâmico dos eventos de nevoeiros ocorridos durante o período das análises, foram utilizados os seguintes dados:

- 1) Perfis verticais observados para: temperatura do ar, ponto de orvalho, umidade e CAPE, obtidos das sondagens do Department of Atmospheric Sciences/University of Wyoming, através do site: <http://www.weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>.
- 2) Produtos de reanálise do modelo numérico do National Centers of Environmental Prediction (NCEP)/National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), com resolução espacial de  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$  e temporal de 6 horas, através da página da internet do Climate Research Data and Resource (CDC): <http://www.cdc.noaa.gov>.
- 3) Dados de reanálise e de previsão do Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), com resolução espacial de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  e  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ , e resolução temporal de 6 horas, hospedado no endereço eletrônico: <http://rda.ucar.edu/pub/cfsr.html>.
- 4) Imagens dos satélites GOES-12 e METEOSAT-7 no canal infravermelho disponibilizadas pelo National Climatic Data Center (NOAA), hospedado no endereço eletrônico: <http://www.ncdc.noaa.gov/gibbs>.

Os dados dos modelos de reanálise do NCEP e do CFSR com resolução espacial de  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$  foram utilizados para a construção dos campos de pressão a nível médio do mar (hPa); linhas de escoamento e isotacas ( isolinhas de magnitude do vento em m/s) nos níveis de 1000, 925, ..., 200 hPa; vorticidade nos níveis de 1000, 925, ..., 200 hPa; Advecção de temperatura ( $^\circ\text{C}/6\text{h}$ ) nos níveis de 1000, 925, ..., 200 hPa; espessura (m) na camada de 1000hPa e 500hPa; advecção de temperatura potencial equivalente (K/6h) apenas pelo modelo NCEP. Esses campos foram calculados de acordo com:

$$\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \quad (1)$$

$$A_T = - \left( u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (2)$$

$$A_{\theta_e} = - \left( u \frac{\partial \theta_e}{\partial x} + v \frac{\partial \theta_e}{\partial y} \right) \quad (3)$$

$$\theta_e = \theta_e \exp\left(\frac{L_c q_s}{C_p T}\right) \quad (4)$$

$$A_{\Delta Z} = -\left(u \frac{\partial \Delta_z}{\partial x} + v \frac{\partial \Delta_z}{\partial y}\right) \quad (5)$$

$$\Delta Z = \frac{R\hat{T}}{g} \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) \quad (6)$$

em que (1) é a definição da vorticidade relativa, (2), (3) e (5) definem as advecções de temperatura, temperatura potencial equivalente (4) e a espessura (6), respectivamente.

Esses campos são usados para identificar os principais sistemas de escala sinótica atuantes nas regiões de estudo no período de ocorrência de nevoeiro (Satyamurty et al., 1998). Neste sentido, também foram usadas as imagens de satélite. Foi feita uma comparação dos dados de reanálise (NCEP e CFSR com 2,5° x 2,5° de resolução espacial) com o intuito de verificar qual dos dois descreve melhor as situações sinóticas presentes nas imagens de satélite na hora do evento, e por fim, foi possível classificar os tipos de nevoeiros de acordo com Willet (1928), Peterson (1940), Byers (1959) e Jiusto (1981).

### 3.3 Dados e métodos para o estudo termodinâmico dos eventos de nevoeiro

Os dados observados de radiossonda e os dados de reanálise e de previsão com 0,5° x 0,5° de resolução espacial do modelo CFSR, foram utilizados para a análise dos perfis verticais de: umidade (%), tipo de inversão, instabilidade e movimento vertical (Pa/s) na hora do evento.

Para o estudo de ocorrência de nevoeiro em geral, foi analisada a umidade em baixos níveis, segundo Peterson (1940). A camada foi considerada umida, quando a diferença entre a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho é menor ou igual a 3,5°C, ou seja, a umidade relativa do ar maior ou igual a 80%, de acordo com a World Meteorological Organization- WMO (2008). Também foi analisado o tipo de inversão em baixos níveis no momento do evento, de acordo com Fedorova (2001), Vianello e Alves (2012).

Peterson (1940) notou que as condições necessárias para a ocorrência de nevoeiro de radiação envolvem: umidade relativa alta, céu limpo (ou levemente nublado), ausência de

vento e estratificação estável da atmosfera. Entretanto, para a confirmação da existência de nevoeiro de radiação e a exclusão de outros tipos de nevoeiros foram analisados os perfis de temperatura do ar, do ponto de orvalho, a altura e a espessura da camada úmida (a última para analisar a existência e tipo de nuvens). Também foram analisados os ventos em baixos níveis para estabelecer as condições de dispersão para a camada úmida.

A instabilidade da atmosfera e a localização das camadas isotérmicas foram determinadas apenas nos baixos níveis (superfície até 800 hPa), por ser a camada onde geralmente ocorrem os nevoeiros. A instabilidade atmosférica é determinada de acordo com Varejão-Silva (2000):

Quadro 3 – Critérios para classificação dos estados atmosféricos.

$\gamma > \gamma_d$	Camada Absolutamente Instável
$\gamma < \gamma_m$	Camada Absolutamente Estável
$\gamma_d > \gamma > \gamma_m$	Camada Condicionalmente Instável
$\gamma = 0$	Camada Isotérmica

Fonte: Fedorova, 1999.

em que  $\gamma$  é a distribuição vertical da temperatura real (ou estratificação da temperatura),  $\gamma_d$  é a adiabática seca e  $\gamma_m$  é a adiabática saturada.

Os movimentos verticais foram analisados na hora do evento com os dados de reanálise e de previsão do modelo CFSR, com o objetivo de se confirmar os tipos de sistemas apresentados nos mapas sinóticos e imagens de satélite (Fedorova 2001). Analisaram-se também usando esses perfis, as possibilidades de aumento ou não da espessura da camada de umidade (Vianello e Alves, 2012).

É importante notar que não é possível usar os dados do perfil observado e do perfil do modelo CFSR (reanálise e previsão) com intuito de se fazer comparações, porque os dados do perfil observado são pontuais (correspondem a um par de latitude e longitude) e, por outro lado, os dados do modelo CFSR são médias em área de aproximadamente 50 km x 50 km (Dr. Pablo 2015, comunicação pessoal). Portanto, as análises das condições de ocorrência, tipo de nevoeiro e condições da atmosfera na hora dos eventos são feitas mostrando o que cada fonte apresenta, sem o intuito de comparação. Com os perfis de reanálise e previsão do CFSR estabelece-se uma comparação porque são informações de mesma resolução espacial.



### 3.4 PAFOG: Modelo numérico de previsão de visibilidade

PAFOG é um modelo unidimensional desenvolvido por Bott e Trautmann (2002), para prever nevoeiros e nuvens estratiformes de baixos níveis. PAFOG inclui um tratamento detalhado dos processos de microfísica de nuvens e, basicamente, é uma versão aprimorada dos modelos de nevoeiro e nuvens estratos, MIFOG e MISTRA, respectivamente. PAFOG necessita de pouco recurso computacional e, por isso, pode ser executado em qualquer computador padrão.

#### 3.4.1 Grades Verticais do PAFOG

PAFOG pode ser utilizado para simulações de duas maneiras diferentes:

1) Para simulações no modo *nevoeiro*, a porção mais baixa da atmosfera (da superfície até um nível  $z_1$ ) é subdividida em  $N_1$  camadas de mesma espessura. Os valores de  $z_1$  e  $N_1$  são, por padrão, configurados para 400m e 50, respectivamente, mas seus valores podem ser alterados, de acordo com as necessidades do usuário. Uma segunda região que se estende de do nível  $z_1$  até o nível  $z_2$  é subdividida logaritmicamente em  $N_2$  camadas equidistantes. Os valores de  $z_2$  e  $N_2$  foram configurados neste estudo para 2500 m e 20, respectivamente.

2) Para simulações no modo *estratos*, a camada equidistante do modelo se estende da superfície até um novo valor de  $z_1$  igual 1500 m. A parte restante da estrutura da grade são as mesmas do modo *nevoeiro*.

Os processos de microfísica de nuvens são calculados somente nas regiões equidistantes do modelo (0-400 m, modo *nevoeiro* ou 0-1500 m, modo *estratos*). Então, em uma determinada simulação, o topo do nevoeiro ou estratos não deve exceder essas (400m e 1500m, respetivamente); se positivo os cálculos do modelo são automaticamente interrompidos. O modelo inclui também uma terceira camada, a saber, dentro do solo, estendendo-se da superfície até 50cm para baixo a qual é usada para calcular os perfis de temperatura e umidade do solo; esta camada é subdividida logaritmicamente em 20 intervalos.

### 3.4.2 Breve Descrição dos Esquemas Físicos do PAFOG

PAFOG consiste de quatro módulos: 1) dinâmico, 2) microfísica, 3) radiação e 4) vegetação baixa. No Quadro 4 e nas seções seguintes encontram-se as referências dos processos físicos e uma breve descrição dos módulos que o compõe.

Uma descrição mais detalhada pode ser encontrada em Bott et al. (1990), Bott (1997) e Bott e Trautmann (2002).

**Quadro 4 – Referência dos principais processos físicos do PAFOG.**

Processo físico	PAFOG
Dinâmica	Bott et. al. (1990)
Turbulência	Modelo de fechamento 2.5 de Mellor e Yamada (1974)
Microfísica	Nickerson et. al. (1986) e Chaumerliac et. al. (1987)
Radiação	Aproximações de transferência radiativa ( $\delta$ -two stream) de Zdunkowski et. al. (1982)
Vegetação	Siebert et. al. (1992a, b)

Fonte: Bott e Trautmann, 2002.

#### 3.4.2.1 Módulo Dinâmico

A parte dinâmica consiste de um conjunto de equações prognósticas para o campo do vento horizontal ( $u$ ,  $v$ ), temperatura potencial ( $\theta$ ) e umidade específica ( $q$ ). Os processos de turbulência na camada limite são resolvidos a partir de equações prognósticas para energia cinética turbulenta.

#### 3.4.2.2 Módulo da Microfísica

Os processos de microfísica de nuvens são tratados por meio de duas equações prognósticas: uma para o conteúdo de água líquida (LWC) e a outra para concentração total do número de gotículas de nuvem ( $N_c$ ). A distribuição do tamanho das gotículas é descrito por uma função log-normal de forma:

$$dN_c = \frac{N_c}{\gamma_c D \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2\gamma_c^2} \ln^2 \left( \frac{D}{D_o} \right) \right] dD, \quad (7)$$

em que,  $D$  é o diâmetro da gotícula,  $D_o$  é o valor médio de  $D$  e  $\gamma_c$  é o parâmetro de dispersão da distribuição das gotículas. De acordo com Chaumerliac et al. (1987), o valor de  $\gamma_c$  depende do tipo de aerossol que pode variar entre 0,28 (aerossol marítimo) e 0,15 (aerossol continental). Na presente versão do modelo  $\gamma_c=0,2$ .

Em caso de supersaturação, o número de gotículas de nuvens ativas é calculado de acordo com a relação de Twomey (1959):

$$N_{act} = N_a S^k, \quad (8)$$

em que,  $N_a$  é a concentração total do número de partículas de aerossol com raios maiores que  $0,05 \mu\text{m}$ .  $S$  é a supersaturação (SAKAKIBARA, 1979; CHAUMERLIAC, 1987) e  $k$  depende do tipo de aerossol. Quatro tipos de aerossóis podem ser escolhidos (JANICKE, 1993): rural ( $N_a = 10000 \text{ cm}^{-3}$ ,  $k = 0,9$ ), urbano ( $N_a = 50000 \text{ cm}^{-3}$ ,  $k = 0,9$ ), marítimo ( $N_a = 200 \text{ cm}^{-3}$ ,  $k = 0,7$ ) ou troposférico ( $N_a = 100 \text{ cm}^{-3}$ ,  $k = 0,7$ ). Na presente versão do modelo, a formação de chuva ainda não foi incluída.

### 3.4.2.3 Cálculo da Radiação

Nas aproximações usadas no cálculo da radiação, o intervalo do espectro eletromagnético solar ( $0,28\text{-}6 \mu\text{m}$ ) é dividido em quatro partes e em cada uma delas, a extinção dos gases, dos hidrometeoros líquidos e sólidos, assim como das partículas de aerossol são levadas em conta. As regiões do infravermelho ( $3,5\text{-}100 \mu\text{m}$ ) e da janela atmosférica ( $8,75\text{-}12,25 \mu\text{m}$ ) são resolvidas separadamente, no tocante à extinção dos gases. Somente para comprimentos de onda maiores que  $100 \mu\text{m}$  (região do infravermelho), a absorção dos gases, aerossol e gotículas d'água é tratada pelo método da emissividade.

### 3.4.2.4 Módulo da Vegetação

O módulo de vegetação descreve a interação entre os processos de superfície terrestre e a atmosfera adjacente. Parâmetros de entrada para o módulo de vegetação (Tab. 1) são usados para calcular a temperatura e a umidade específica dentro da cobertura de vegetação, bem como a temperatura e a umidade específica de saturação da folhagem.

**Tabela 1 – Parâmetros de entrada para o modelo de vegetação.**

Altura da vegetação (m)	0,15
Fator de cobertura	0,80
Índice de Área Folhear	3,60
Albedo da Folhagem	0,20
Armazenamento de Água da Folhagem Máxima ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	0,50
Resistência do Estômato Mínima ( $\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$ )	200,00
Fator de Crescimento Sazonal	3,00
Albedo da Superfície da Terra	0,25

Fonte: Bott e Trautmann, 2002.

As informações sobre os tipos de solo podem ser vistas em Pielke (1984). Para o solo existem duas equações prognósticas que calculam a sua temperatura e o conteúdo volumétrico

de umidade e três equações de balanço para a superfície que calculam a temperatura e a umidade específica neste nível em particular.

Inúmeros estudos de sensibilidade com PAFOG mostraram que a evolução do nevoeiro depende seletivamente com a escolha particular de cada variável (BOTT E TRAUTMANN, 2002).

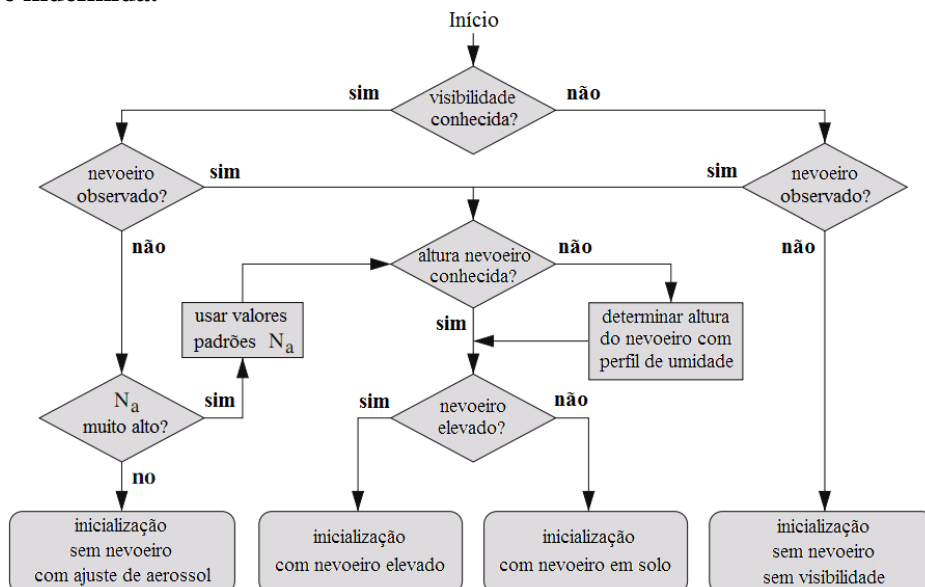
### 3.4.3 Inicialização do PAFOG com Visibilidade

A visibilidade atual é essencial para inicialização de um modelo de nevoeiro, particularmente, quando as simulações numéricas são iniciadas durante um evento de nevoeiro. O modelo requer o valor da visibilidade inicial, como também o limite inferior (base) e superior (topo) do nevoeiro. Os dados de visibilidade são usados pelo modelo para fazer uma estimativa da distribuição espacial inicial e densidade do nevoeiro.

O modelo PAFOG requer um conjunto de dados completo, inclusive a visibilidade. Duas diferentes modificações foram introduzidas para tornar o tratamento da visibilidade inicial mais flexível: 1) se o modelo for iniciado em condições de nevoeiro, os valores iniciais de LWC e  $N_d$  serão calculados em função da visibilidade; 2) em condições sem nevoeiro, a visibilidade observada será usada para calcular a concentração inicial de aerossol.

O procedimento completo de inicialização do modelo PAFOG está ilustrado na árvore de decisão mostrada na figura 10. Todo texto acima e mais detalhes sobre o complexo sistema de inicialização do PAFOG podem ser encontrados em Thoma et. al (2011).

**Figura 10 – Árvore de decisão para inicialização do PAFOG com valores de visibilidade observada e indefinida.**



Fonte: Adaptado de Thoma et. al (2011).

### 3.5 Dados de Entrada do PAFOG

Os dados de entrada do modelo PAFOG estão divididos em quatro partes:

PARTE 1: Dados geográficos, tipo e textura do solo, de vegetação e meteorológicos de superfície;

PARTE 2: Dados de nebulosidade baixa, média e alta em oitavos das últimas 24 horas para cálculos de radiação;

PARTE 3: Dados de radiossondagem (pressão atmosférica, temperatura do ar e ponto de orvalho) e o vento geostrófico acima da camada limite e

PARTE 4: Dados de temperatura (°C) e conteúdo de umidade volumétrica ( $\text{kg/m}^3$ ) do solo em função da profundidade.

No geral, para as inicializações do modelo PAFOG foram usadas duas fontes, os perfis de radiossondagem observados e os perfis do modelo CFSR com resolução espacial de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ . O modelo CFSR fornece dados de reanálise e de previsão com seis horas de antecedência. Os dados de reanálise do modelo CFSR não contêm informações de superfície (necessárias para as previsões com o modelo PAFOG), sendo necessário utilizar os dados de previsão do modelo CFSR para as inicializações das previsões de nevoeiro, pois esses dispõem de informações de superfície. Os dados de reanálise do modelo CFSR foram utilizados unicamente para suprir algumas informações necessárias para a execução das previsões com os dados de perfil observado, como detalhado mais adiante.

Na PARTE 1, os dados de vegetação não foram alterados devido a dificuldade em adquirir essas informações referentes às coberturas das regiões 1, 2 e 3 de nosso estudo. A influência da vegetação sobre a previsão de baixa visibilidade com o modelo PAFOG, na costa norte do Brasil, não responde bem ao tipo de vegetação, pois o principal mecanismo de formação de nevoeiros na costa Nordeste do Brasil resulta de vários processos dinâmico na atmosfera (Fedorova, 2015).

A inicialização do modelo requer algumas variáveis específicas que durante o levantamento de dados para a elaboração do trabalho não foram encontrados, e assim, os valores originais foram mantidos. A seguir são apresentadas as variáveis alteradas usadas como dados de entrada para o modelo PAFOG neste estudo:

### 3.5.1 Tipo de Solo

Os dados de solo usados foram dados climatológicos mensais do ano de 1987, que depois foram comparados com os de Pielke (1984). Para o aeroporto de Porto Alegre o tipo de solo foi o Argiloso, para o aeroporto de Confins foi o Solo Arenoso Argiloso, para o aeroporto de Salvador foi Solo Arenoso e para o de Recife Solo Siltoso Arenoso.

### 3.5.2 Velocidade vertical inicial acima da camada limite (m/s)

A altura da camada limite (ACL) é obtida usando as previsões (6 horas de antecedência) do modelo CFSR e é usada como referência para os testes do modelo PAFOG com dados de perfis observados e de perfis previstos pelo modelo CFSR. A velocidade vertical para o nível logo acima da ACL foi obtida a partir das previsões geradas pelo modelo CFSR. Para as inicializações com dados de perfis observados foram usados os dados de reanálise do modelo CFSR de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  de resolução espacial para a obtenção da velocidade vertical, pois essa variável não é observada na rede observacional sinótica. Para as inicializações com os dados de previsão do modelo CFSR a velocidade vertical veio da mesma fonte. A dimensão física da velocidade vertical na previsão e na reanálise é Pascal por segundo (Pa/s) que deve ser transformada em metros por segundo (m/s) de acordo com a equação:

$$w = \frac{1}{g} \left[ \frac{\partial \phi}{\partial t} + u \left( \frac{\partial \phi}{\partial x} \right)_p + v \left( \frac{\partial \phi}{\partial y} \right)_p \right] - \rho g \omega \quad (9)$$

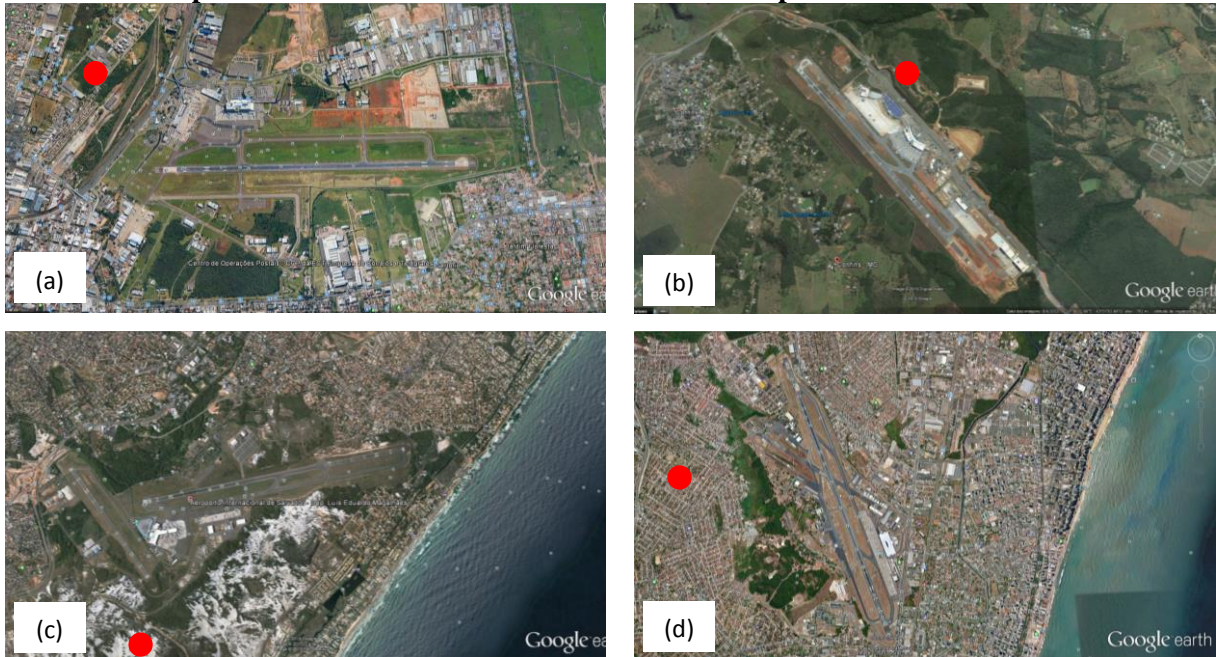
em que  $\phi$  é o geopotencial,  $\omega$  é a velocidade vertical isobárica,  $w$  a velocidade vertical e  $\rho$  é a densidade do ar no topo da camada limite. Supondo-se que o vento seja aproximadamente geostrófico e o primeiro termo dentro do colchete seja suficientemente pequeno, a equação acima pode ser aproximada por:

$$w \approx -\rho g \omega \quad (10)$$

### 3.5.3 Tipo de aerossol

O modelo PAFOG permite a configuração de 4 tipos de aerossóis, sendo eles o rural, urbano, marítimo e troposférico; para todos os aeroportos, usou-se o tipo urbano, como mostradas na Figura 10.

**Figura 11- Vistas aéreas dos aeroportos de (a) Porto Alegre, (b) Confins, (c) Salvador e (d) Recife com os pontos mais altos aos seus arredores indicados pelos círculos vermelhos.**



Fonte: Google earth, 2015.

### 3.5.4 Altura do ponto mais alto observado

Os pontos mais altos aos arredores dos aeroportos estão marcados com círculos vermelhos nas Figuras 11 (a), (b), (c) e (d). No aeroporto Salgado Filho (Porto Alegre) o ponto mais alto é de 49 metros, no aeroporto Tancredo Neves (Confins) é de 36 metros, no aeroporto Luís Eduardo Magalhães (Salvador) é de 2 metros e no aeroporto Gilberto Freyre (Recife) é de 71 metros.

### 3.5.5 Vento geostrófico acima da camada limite (m/s)

A altura da camada limite foi a mesma usada para a especificação do movimento vertical. O vento geostrófico foi calculado na camada logo acima da ACL, através da equação contida em Vianello e Alves (2012), mostrada a seguir:

$$(u_g, v_g) = \frac{1}{f} \left( -\frac{\partial \phi}{\partial y}, \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) \quad (11)$$

em que  $f$  é o parâmetro de Coriolis referente à latitude dos aeroportos em questão.

### 3.5.6 Temperatura na superfície (°C), Temperatura a 2m (°C) e Ponto de Orvalho na superfície (°C)

Para as inicializações com os dados de perfis observados, a temperatura e o ponto de orvalho ambos na superfície foram utilizados. Como os perfis observados não contém a temperatura a 2 metros de altura, essa foi feita igual à temperatura da superfície, criando-se assim uma rasa camada isotérmica Vianello e Alves (2012).

Nas inicializações com as previsões do modelo CFSR, foi feita a extrapolação do ponto de orvalho a dois metros para a superfície (pois o modelo não fornece ponto de orvalho na superfície). No caso em que o ponto de orvalho a dois metros foi maior que a temperatura na superfície, esse é feito igual a temperatura na superfície (atmosfera saturada com umidade relativa igual a 100%).

### 3.5.7 Pressão na superfície (hPa)

Para as previsões com o modelo PAFOG com os dados observados, foi usada a pressão do perfil em detrimento daquela fornecida pela mensagem METAR. Para as previsões com os dados do modelo CFSR foi usada a pressão da mesma fonte (modelo CFSR).

### 3.5.8 Umidade Relativa (%) e Visibilidade Observada (m)

No caso de previsões feitas com perfis observados, foi usada a umidade relativa na superfície do próprio perfil, enquanto que para as previsões utilizando perfis do modelo CFSR (depois da extrapolação do ponto de orvalho de dois metros para a superfície), a umidade relativa nesse nível foi calculada de acordo a equação do Vianello e Alves (2012):

$$Ur \cong \frac{e}{e_s} \times 100 \quad [\%] \quad (12)$$

em que,  $e$  e  $e_s$  são a pressão de vapor real e a pressão de vapor de saturação, calculadas através da formulação de Tetens, com os parâmetros ajustados por Alduchov e Eskridge, isto é:

$$e, e_s = 6,1121 \times \exp\left(\frac{22,587 t}{273,86 + t}\right) \quad (13)$$

em que  $t$  é a temperatura do ar (para o cálculo de  $e$ ) e  $t$  é o do ponto de orvalho (para o cálculo de  $e_s$ ), ambas expressas em graus Celsius; e  $e$  e  $e_s$  são dados em hPa.



O valor da visibilidade observada no modelo PAFOG é definido por *default* igual a - 9999. Apenas é colocado o valor da visibilidade observada na EMS dos aeroportos (contido no METAR) quando no momento da inicialização esta ocorrendo nevoeiro, ou seja, valor de visibilidade inferior a 1 km Varejão-Silva (2000), Tubelis-Nascimento (1983) e INMET (1999).

### 3.5.9 Cobertura das nuvens baixas, médias, altas (oitavos) e altura da base (m)

Os dados de cobertura de nuvens foram obtidos através das informações METAR, que inclui a altura da nuvem (em pés) e a cobertura do céu (em oitavos). Foram utilizadas as informações das alturas das nuvens contidas em Fedorova (2001), mostradas no Quadro 4. O dado de cobertura de nuvem utilizado no modelo PAFOG refere-se ao instante da inicialização e a 24 horas antes.

**Quadro 5- Altura das camadas superior, média e inferior de nuvem.**

Camadas	Regiões Polares	Regiões Temperadas	Regiões Tropicais
Superior	de 3 a 8 Km	de 5 a 13 Km	de 6 a 18 Km
Média	de 2 a 4 Km	de 2 a 7 Km	de 2 a 8 Km
Inferior	Da superfície da terra a 2 Km	da superfície da terra a 2 Km	da superfície da terra a 2 Km

Fonte: Fedorova (2001)

### 3.5.10 Nível mais alto do nevoeiro (m) e nível mais alto do estratos (m)

Aparentemente não existe nenhum estudo no Brasil, onde são apresentados os níveis mais altos atingidos por nevoeiros e nuvens estratiformes; sendo assim, esses níveis são mantidos em 400 metros (nível mais alto para nevoeiros) e 1.500 metros (nível mais alto para nuvens estratus).

### 3.5.11 Perfis verticais

Para a inicialização do modelo PAFOG são necessários os níveis de pressão (hPa), altura geopotencial (m) correspondente a cada nível de pressão, temperatura (°C) e ponto de orvalho (°C) para cada nível isobárico, como na mensagem TEMP. Nesse caso os perfis observados são usados diretamente na inicialização, sem nenhum cálculo adicional. No

entanto, no caso de perfis gerados pelo modelo CFSR, torna-se necessário calcular o ponto de orvalho em cada nível isobárico, através da equação contida em Vianello e Alves (2012):

Para  $t \geq 0^\circ\text{C}$ ,

$$T_d = \frac{237,3 \left( \log_{10} U_r + \frac{7,5 t}{237,3 + t} \right)}{7,5 - \log_{10} U_r - \frac{7,5 t}{237,3 + t}} \quad (14)$$

Para  $t \leq 0^\circ\text{C}$ ,

$$T_d = \frac{243,33 \left( \log_{10} U_r + \frac{7,665 t}{243,33 + t} \right)}{7,665 - \log_{10} U_r - \frac{7,665 t}{243,33 + t}} \quad (15)$$

em que  $T_d$  é a temperatura do ponto de orvalho ( $^\circ\text{C}$ ),  $U_r$  é a umidade relativa (não em percentagem) e  $t$  é a temperatura do ar ( $^\circ\text{C}$ ).

### 3.6 Utilização do Modelo PAFOG

Primeiramente, as previsões com o modelo PAFOG foram feitas com os perfis observados de radiossondagem, mais o vento geostrófico (m/s) e a velocidade vertical (m/s) da reanálise do modelo CFSR. Em adição, são usados os dados de visibilidade (m) na superfície e de cobertura de nuvens (oitavos) contidos nas mensagens METAR. Em seguida, o modelo PAFOG foi testado com dados de entrada de previsões com 6 horas de antecedência do CFSR, onde todas as informações necessárias para a inicialização foram extraídas da mesma fonte, porem, mantendo os mesmos dados de visibilidade e cobertura de nuvens do METAR.

Foram feitas análises das condições dos perfis usados na inicialização (observações de radiossonda e previsões do modelo CFSR), incluindo a espessura da camada umida, movimentos verticais e condições de umidecimento. Com os dados de previsão do CFSR foram feitas análises dos dados de superfície nas horas de inicialização (altura da camada limite (m), temperatura na superfície ( $^\circ\text{C}$ ), ponto de orvalho ( $^\circ\text{C}$ ) a dois metros e modificações dos valores extrapolados do ponto de orvalho a dois metros para a superfície). Essas análises foram feitas para entender o comportamento do modelo PAFOG sob diferentes condições de inicialização.

O modelo PAFOG é integrado por 36 horas, mas somente as primeiras 24 horas são consideradas para propósitos práticos. Para as previsões com os dados observados, as inicializações foram efectuadas a cada 12 horas, totalizando duas previsões para cada evento; uma iniciando às 1200UTC do dia que antecede o evento de nevoeiro e às 0000UTC do dia do evento, para os eventos ocorridos até às 1200UTC. Para os eventos ocorridos até às 0000UTC, as inicializações foram feitas às 0000UTC e às 1200UTC do dia do evento. Isto deve-se ao fato de que só existem observações de radiossondagem disponíveis a cada 12 horas.

Os dados de previsão do modelo CFSR contêm informações a cada 6 horas, o que possibilitou a elaboração de 6 previsões para cada evento. No caso dos eventos com duração igual ou superior à 6 horas, porém inferior à 12 horas, só foi possível a realização de 3 previsões.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Ocorrência de Nevoeiro

Os eventos de nevoeiro foram identificados e analisados durante o período de 2 anos (2008-2009) para as cidades de Porto Alegre e Confins (regiões R1 e R2, respectivamente). Nas cidades de Salvador, Petrolina e Recife (região R3), o período foi mais longo (2008-2014). O número de eventos de nevoeiros ocorridos nas regiões de estudo estão apresentados na Figura 12. A cidade com o maior número de nevoeiros registrados foi Porto Alegre (82 casos), seguida de Confins (74 casos). Para o NEB, houve somente 1 caso para as cidades de Recife e Salvador; a cidade de Petrolina não registrou nenhum caso de nevoeiro. Este resultado está de acordo com o de Tubelis e Nascimento (1983), que estabeleceram a frequência de nevoeiro para o centro e sul do Brasil com mais de 100 dias por ano, e para o nordeste entre 10 a 20 dias por ano (certas regiões do NEB com menos de 10 dias por ano). O pequeno número de nevoeiros encontrados no NEB, também está de acordo com Fedorova et al. (2013), pois em um período de 6 anos, esses autores encontraram somente 8 casos de nevoeiro em Maceió.

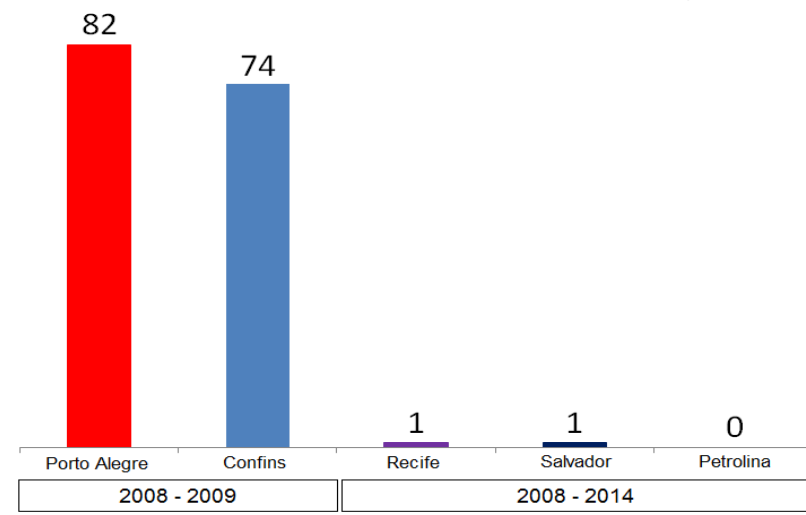
Esses resultados podem ser compreendidos levando-se em conta as localizações das regiões. De acordo com o mapa climatológico do IBGE (2002), as regiões têm climatologias diferentes, com a região de Porto Alegre tendo um clima super úmido, sem meses de secas (mesotérmico brando, temperatura média entre 10°C e 15°C); com a região de Confins apresentando um clima úmido com 1 a 3 meses de seca (subquente, temperatura média entre 15°C e 18°C); e com a região do nordeste com um clima variando de úmido com 1 a 3 meses secos no litoral, semi-úmido com 4 a 5 meses secos a leste, semi-árido com 6 a 8 meses secos na maioria do nordeste e semi-árido com 9 a 11 meses secos na região central (quente, temperatura média maior que 18°C em todos os meses do ano). Essas características são fatores importantes na formação de nevoeiro, pois é razoável supor que climas úmidos sejam mais propícios a nevoeiros.

Pela classificação de nevoeiros introduzida por Willet (1928) e Peterson (1940), a região 1 está sujeita à ocorrência de quase todos tipos de nevoeiro: os frontais por estar na região de passagem das zonas frontais (Satyamurty 1998), e os de massa de ar que acontecem em todas as regiões. Confins, no estado de Minas Gerais, também localiza-se na região de passagem das zonas frontais, no entanto, devido ao regime pluviométrico que se estende em quase todo o período do ano, tornam a região muito favorável a nevoeiros

causados por chuvas. A relativa baixíssima frequência de nevoeiros na região NEB é explicada pela impossibilidade de ocorrência de nevoeiro frontal, devido a ausência de sistemas frontais nestas regiões [Satyamurte (1998) e Da Cruz (2008)], e pelo próprio clima da região.

A duração média de todos os eventos ocorridos na cidade de Porto Alegre foi de 2,45 horas, com a máxima duração sendo de 11,42 horas e a mínima, de 10 minutos. Em Confins, a duração média foi de 0,80 horas e a máxima duração foi de 3,08 horas e a mínima duração de 10 minutos.

**Figura 12- Número de eventos de nevoeiro ocorrido nas regiões de estudo.**



Fonte: DECEA, 2008-2014.

#### 4.1.1 Região R1

Na cidade de Porto Alegre, os eventos ocorreram em sua maioria nas estações de outono e inverno, correspondendo, respectivamente, a 52,44% e 31,71% dos casos observados (Figura 13, a). Os demais eventos ocorreram na primavera e verão, 8,54% e 7,31% dos casos respectivamente.

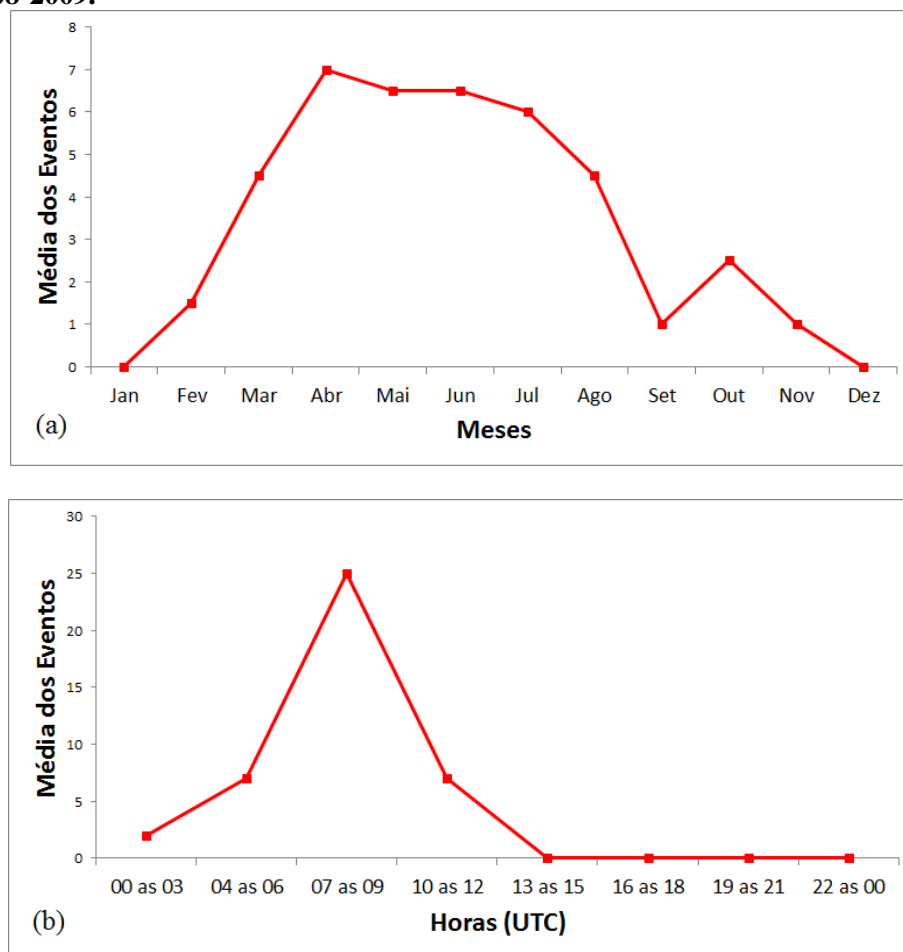
Na região R1, os nevoeiros foram observados na madrugada ou nas primeiras horas da manhã, ocorrendo com maior frequência no período das 0700UTC as 0900UTC (das 04:00 as 06:00 horas TML), com percentual de 60,97% e 17,07%, respectivamente. Alguns nevoeiros podem surgir até no final da manhã, em torno das 11 horas TML (Figura 13, b).

Em Porto Alegre somente 1,20% dos casos de nevoeiro foram registrados com chuva. Este percentual corresponde a um único caso de nevoeiro registrado com chuvisco (chuva fraca) que ocorreu na estação de inverno (20 de Agosto de 2008 das 0200UTC as 0300UTC).

De acordo com Piva e Fedorova (1999) a maioria dos eventos de nevoeiro que ocorrem em Porto Alegre são dentro de uma massa de ar, especialmente os de radiação. Somente um único caso de nevoeiro em Porto Alegre foi provocado por chuva neste estudo, o que permite concluir que a maioria dos nevoeiros foram dentro de massa de ar. Sendo assim, este resultado está de acordo com os de Piva e Fedorova (1999), que estudaram a ocorrência de nevoeiro de radiação em Porto Alegre no período de janeiro de 1995 a abril de 1996, onde encontraram a maior ocorrência de nevoeiro de radiação (72,7%) na estação de outono, e mais raramente (27,3%) foram observado no inverno.

Os períodos de ocorrência de nevoeiro em Porto Alegre se deram no período do começo do dia, com a maior frequência no período da manhã, das 0700UTC as 0900UTC (que correspondem as 04:00 e 06:00 TML) porque a maioria dos nevoeiros foram dentro de massa de ar, considerando como de radiação, de acordo com (Piva e Fedorova 1999).

**Figura 13- Distribuição da frequência dos eventos de nevoeiros. (a) distribuição mensal, (b) distribuição diária, para a cidade de Porto Alegre, no período de 2008-2009.**



Fonte: DECEA, 2008-2009.

Os eventos escolhidos para os estudos, os que dispõem de observações de radiossondagem em Porto Alegre estão na Tabela 2. O único caso que o nevoeiro não ocorreu no horário em que esteve disponível dados observados foi o ocorrido em 20 de agosto de 2008, que foi incluído no estudo por ter a terceira maior duração do nevoeiro.

Esses eventos ocorreram no período da manhã, a duração máxima registrada foi de 11,42 horas (caso #8) e a duração mínima de 0,50 horas (caso #3). A intensidade variou de moderado a forte, com a visibilidade mínima observada de 50 metros (Tabela 2).

**Tabela 2- Eventos de nevoeiros escolhidos para o estudo detalhado, registrados na cidade de Porto Alegre no período das observações de radiossondagem.**

<b>Caso</b>	<b>Data</b>	<b>Hora 1ª Obs.</b>	<b>Duração (h)</b>	<b>Visibilidade Min. (m)</b>	<b>Intensidade</b>
# 1	18/04/2008	09:45	2,25	500	Moderado
# 2	20/04/2008	08:00	4,75	200	Moderado
# 3	17/05/2008	08:00	5,00	300	Moderado
# 4	02/06/2008	10:15	2,75	300	Moderado
# 5	25/06/2008	07:00	6,00	350	Moderado
# 6	29/06/2008	09:11	2,82	50	Forte
# 7	02/07/2008	07:20	5,58	400	Moderado
# 8	04/07/2008	06:00	7,00	400	Moderado
# 9	05/07/2008	03:00	11,42	50	Forte
# 10	15/07/2008	07:27	4,55	400	Moderado
# 11	20/08/2008	02:00	8,00	400	Moderado
# 12	26/08/2008	09:30	2,50	300	Moderado
# 13	27/08/2008	10:25	1,58	300	Moderado
# 14	03/03/2009	07:00	5,25	150	Forte
# 15	24/04/2009	11:00	1,00	600	Moderado
# 16	26/04/2009	09:12	2,97	300	Moderado
# 17	03/05/2009	06:25	5,58	300	Moderado
# 18	10/05/2009	08:00	4,67	300	Moderado
# 19	13/05/2009	03:10	9,20	400	Moderado
# 20	19/06/2009	07:20	5,01	500	Moderado
# 21	20/06/2009	05:00	7,00	200	Moderado
# 22	10/07/2009	10:08	1,87	400	Moderado
# 23	04/08/2009	06:00	6,33	150	Forte

Fonte: DECEA

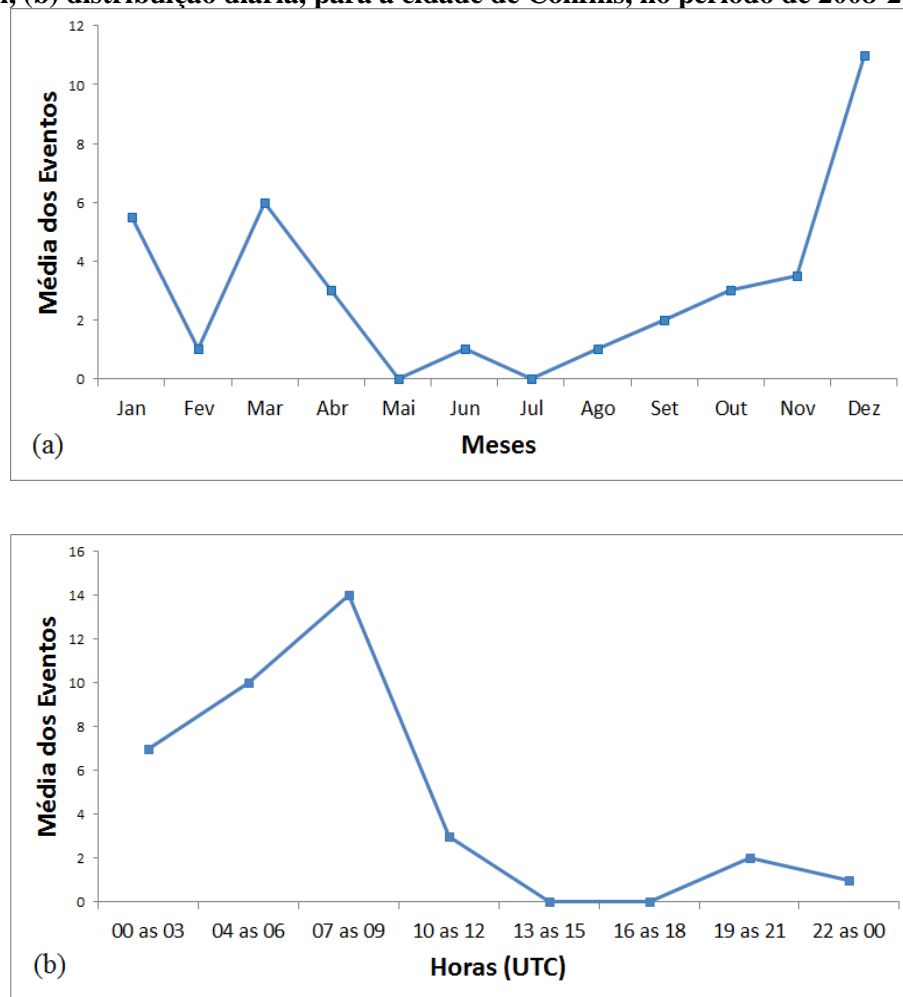
#### **4.1.2 Região R2**

No Aeroporto de Confins, os eventos ocorreram com maior frequência nas estações de primavera e verão com 37,84% e 33,78% de frequência respectivamente. 18,92% e 9,46% das ocorrências de nevoeiro corresponderam as estações de outono e inverno (Figura 14, a). A maioria dos eventos (91,89%) ocorreram no período das 0000UTC as 1200UTC (23:00 as

09:00TML), durante o final da noite e final da manhã, com poucos casos ocorrendo no meio da tarde e princípio da noite (5,41% e 2,70%, respectivamente), Figura 14, b).

Em Confins, 43,24% dos casos de nevoeiro foram acompanhados de chuva. Deste percentual, 50% e 28,13% ocorreram na estação de primavera e verão respectivamente, estações em que os sistemas sinóticos, que atuam nesta região segundo Satyamurty (1998), mais influenciam no regime pluviométrico. Os eventos foram registrados na sua maioria no período da madrugada e manhã, nenhum caso registrado no período da tarde e um único caso registrado no final da noite (Figura 14, b). Os restantes dos eventos, 15,62% ocorreram no período de outono, em todos os períodos do dia. 6,25% dos casos ocorreram no período do inverno, registrados exclusivamente no período da manhã (das 05 às 07 TML).

**Figura 14- Distribuição da frequência dos eventos de nevoeiros. (a) distribuição anual, (b) distribuição diária, para a cidade de Confins, no período de 2008-2009.**



Fonte: DECEA.

Os eventos escolhidos para o estudo no Aeroporto de Confins estão apresentados na tabela 3. Os casos escolhidos foram os únicos que não observou-se chuva, ou chuva forte no



momento do nevoeiro e os eventos se formaram em horários que se dispõe de observações de radiossondagem. A intensidade dos eventos de nevoeiro foi moderado para todos os casos, com duração mínima de 0,17 horas (caso #3) e máxima de 7,00 horas (caso #1). Um único evento ocorreu no período da noite (0000UTC) e o resto dos eventos ocorreram no período da manhã (Tabela 3).

**Tabela 3- Eventos de nevoeiros escolhido para o estudo detalhado, registrados na cidade de Confins no período das observações de radiossondagem.**

Caso	Data	Hora 1ª Obs.	Duração (h)	Visibilidade Min. (m)	Intensidade
# 1	15/12/2008	10:40	2,00	500	Moderado
# 2	18/12/2008	00:00	0,17	500	Moderado
# 3	29/06/2009	05:00	7,00	400	Moderado

Fonte: DECEA

#### 4.1.3 Região R3

Na região NEB, a ocorrência deste fenômeno foi muito baixa considerando as três regiões escolhida para o estudo. Este resultado já era esperado, de acordo com Tubelis e Nascimento (1983), Fedorova (2015) e Silveira (2005). Os únicos casos encontrados nas cidades de Recife (Tabela 4, caso#1) e Salvador (Tabela 4, caso#2) foram estudados independentemente da hora da ocorrência, por razões da necessidade de apresentação de estudo e avaliação da resposta do modelo PAFOG para esta região.

No Aeroporto de Petrolina não foi encontrado nenhum evento de nevoeiro como citado acima, o único caso de baixa visibilidade registrado foi provocado por chuva (Tabela 4, caso#3). O resultado de Petrolina é explicado devido a distância da região com o litoral, diminuindo a possibilidade de ocorrência de nevoeiro de massa de ar. O clima da região de Petrolina também é um fator importante, pois a região tem um clima semi-árido com 6 a 8 meses secos (IBGE, 2002), caracterizado por baixa umidade e menos propício a ocorrência de nevoeiros. Diferente de Petrolina, as cidades de Recife e Salvador localizam-se no litoral do NEB (Figura 11 a e b), e têm um clima úmido com 1 a 3 meses secos (IBGE 2002), localidades e climas mais favoráveis a formação de nevoeiros (THE COMET PROGRAM, 1999).

Os resultados encontrados para o NEB em geral são semelhantes aos resultados encontrados por Federova (2015) e Silveira (2003), que consideraram somente poucos casos de nevoeiros, devido aos poucos sistemas frontais que chegam ao NEB (Sul do NEB- Da Cruz, 2008), reduzindo assim a ocorrência de nevoeiros frontais.

**Tabela 4- Eventos de visibilidade baixa ocorrido no NEB nas cidades de Recife (caso#1), Salvador (caso#2) e Petrolina (caso#3). A- hora da 1ª observação, B- duração (h), C- visibilidade mínima (m), D- fenômeno e E- intensidade.**

<b>Caso</b>	<b>ICAO</b>	<b>Data</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
# 1	SBRF	18/08/2013	15:05	0,17	700	Nevoeiro	Moderado
# 2	SBSV	06/05/2010	10:00	0,17	400	Nevoeiro	Moderado
# 3	SBPL	24/03/2008	15:00	0,20	600	Chuva	-

Fonte: DECEA

## 4.2 Situação Sinótica

As condições sinóticas presentes na hora da ocorrência dos eventos de nevoeiro escolhidos para o estudo, nas três regiões do Brasil, foram analisadas com os dados de reanálise dos modelos do NCEP e CFSR. Devido as diferentes escalas de sistemas meteorológicos atuantes nas regiões definidas (Satyamurty, 1998), foi necessário separar os estudos para cada região como mostrado a seguir.

### 4.2.1 Análise dos casos da Região 1

#### 4.2.1.1. Análise dos campos béricos e térmicos

Os sistemas meteorológicos que influenciam o tempo da região sul do Brasil (Porto Alegre) são os anticiclones extratropicais, sistemas frontais, complexos convectivos de meso escala (CCM), ciclones, correntes de jatos subtropical (CJST) e correntes de jato em baixos níveis (CJBN), Satyamurty (1998).

Dos dois modelos de reanálise foi possível extrair (ver Tabela 5):

#### 13 casos (em NMM)

- sob a influência de anticiclones ou cristas baroclínicas ao nível médio do mar (7 associados a uma onda fria de sudeste, 4 a uma onda quente de noroeste e 2 não afectados por ondas);

Os mesmos 13 casos (em 850hPa)

- 11 casos sob influência de anticiclone ou crista (2 desses com confluência dos ventos a norte e leste e corrente de jato a oeste: um com confluência dos ventos a norte, e o outro com a corrente de jato a oeste) e mais 2 casos com cavado próximo a região.

Os modelos mostraram sistemas diferentes no nível de 850hPa para 2 casos: a) cavado (NCEP) e crista (CFSR) ambos acompanhados de confluência dos ventos e corrente de jato a oeste e b) cavado (NCEP) e crista (CFSR) ambos acompanhados de corrente de jato (a oeste) e confluência dos ventos a leste

Em todos esses 13 casos a advecção de temperatura potencial equivalente variou de 0 a +1 K/6hr, com ausência de regiões com advecção de ar frio.

#### 10 casos (em NMM)

- sob a influência de cavado na superfície (em 1 caso o cavado estava

associado a um ciclone térmico e o restante a sistema frontais).

Os mesmos 10 casos (em 850hPa)

- 2 casos mostraram crista próxima à confluência dos ventos na parte oeste e corrente de jato;
- 1 caso mostrou uma crista próxima à extremidade frontal;
- 2 mostraram cavado do ciclone térmico (1 com extremidade frontal e 1 com confluência dos ventos e corrente de jato a sul);
- 1 caso mostrou confluência dos ventos e
- 4 casos mostraram cavados (1 com confluência dos ventos e 1 com corrente de jato).

**Tabela 5- Sistemas sinóticos atuantes na região de Porto Alegre na hora e próximo a hora da observação dos eventos de nevoeiro, apresentados pelos modelos de reanálise NCEP e CFSR. An: anticiclone, Cav: cavado, Cris: crista, Cav<sub>T</sub>: cavado do ciclone térmico, E<sub>F</sub>: extremidade frontal, Bc: Baroclinico, Con: confluência dos ventos, Cj: corrente de jato, O<sub>F</sub>: onda fria, O<sub>Q</sub>: onda quente, - fraco, N: norte, L: leste, W: oeste.**

Data	PNM		Lc850		Espessura		Adv_Tpe
	NCEP	CFSR	NCEP	CFSR	NCEP	CFSR	NCEP
18/04/2008	An	An	Cris	Cris	-Bc e O <sub>F</sub>	-Bc e O <sub>F</sub>	+1
20/04/2008	Cris	Cris	Cris e Con <sub>N</sub>	Cris e Con <sub>N</sub>	-Bc e O <sub>F</sub>	-Bc e O <sub>F</sub>	0
17/05/2008	An	An	Cris, Con <sub>W</sub> e Cj <sub>W</sub>	Cris, Con <sub>W</sub> e Cj <sub>W</sub>	-Bc e O <sub>F</sub>	-Bc e O <sub>F</sub>	0
02/06/2008	Cav	Cav	Cris, Con <sub>W</sub> e Cj <sub>W</sub>	Cris, Con <sub>W</sub> e Cj <sub>W</sub>	Bc	Bc	+1
25/06/2008	Cav	Cav	Cris, Con <sub>W</sub> e Cj	Cris, Con <sub>W</sub> e Cj	Bc	Bc	+1
29/06/2008	Cav	Cav	Cav <sub>T</sub> e E <sub>F</sub>	Cav <sub>T</sub> e E <sub>F</sub>	-Bc e O <sub>F</sub>	-Bc e O <sub>F</sub>	+1
02/07/2008	Cav	Cav	Cris e E <sub>F</sub>	Cris e E <sub>F</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	+1
04/07/2008	Cav	Cav	- Cav	- Cav	-Bc e O <sub>F</sub>	-Bc e O <sub>F</sub>	+1
05/07/2008	Cris	Cris	Cris	Cris	Bc e O <sub>F</sub>	Bc e O <sub>F</sub>	+1
15/07/2008	Cris	Cris	An	Cris	-Bc e O <sub>F</sub>	-Bc e O <sub>F</sub>	0
20/08/2008	Cav <sub>T</sub>	Cav <sub>T</sub>	Cav <sub>T</sub> , Con <sub>S</sub> e Cj <sub>S</sub>	Cav <sub>T</sub> , Con <sub>S</sub> e Cj <sub>S</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	+2
26/08/2008	Cris	Cris	Cris e Cav	Cris e Cav	Bc e O <sub>F</sub>	Bc e O <sub>F</sub>	0
27/08/2008	Cris	Cris	Cris, Cj <sub>W</sub> e Con <sub>L</sub>	Cris, Cj <sub>W</sub> e Con <sub>L</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	+1
03/03/2009	Cris	Cris	Cris e Cj <sub>W</sub>	Cris e Cj <sub>W</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	-
24/04/2009	Cav	Cav	Cav	Cav	-Bc	-Bc	+1
26/04/2009	Cav	Cav	Cav e Con	Cav e Con	-Bc	-Bc	0
03/05/2009	Cris	Cris	Cris	Cris	-Bc	-Bc	+1
10/05/2009	Cris	Cris	Cris e Cav	Cris e Cav	-Bc	-Bc	+1
13/05/2009	Cav	Cav	Cav e Cj	Cav e Cj	-Bc e O <sub>Q</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	+2
19/06/2009	Cris	Cris	Cav, Con e Cj <sub>W</sub>	Cris, Con e Cj <sub>W</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	0
20/06/2009	Cris e Cav	Cris e Cav	Cav e Cj e Con <sub>L</sub>	Cris e Con e Cj <sub>W</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	-Bc e O <sub>Q</sub>	0
10/07/2009	Cav	Cav	Con	Con	Bc	Bc	+1
04/08/2009	Cris	Cris	An	An	Bc e O <sub>F</sub>	Bc e O <sub>F</sub>	+1

Fonte: NCEP e CFSR.

Para esses casos, as reanálises NCEP e CFSR mostraram, em geral sistemas semelhantes. Os campos de advecção de temperatura potencial equivalente (somente com os dados NCEP) mostraram apenas 1 caso com valor de 0 K/6h e o restante entre +1 a +2 K/6h, ou seja, no lado quente da zona frontal.

Essas análises foram feitas na hora em que se observou o fenômeno de nevoeiro na maioria dos casos (1200UTC), excepto no dia 20 de Agosto de 2008, onde a análise foi feita as 0600UTC, porque o evento ocorreu das 0200UTC as 1000UTC (tabela 5).

#### 4.2.1.2 Análise dos sistemas sinóticos

Na cidade de Porto Alegre, os 13 casos de nevoeiro que estiveram sob condições atmosféricas de anticiclone ou crista baroclínica na superfície (Tabela 5), e com ausência de nebulosidade na região de estudo (imagem do satélite GOES-12 nos anexo A), foram nevoeiros de radiação (Tabela 6) de acordo com Willet (1928), Peterson (1940), Byers (1959) e Jiusto (1981).

**Tabela 6- Tipos de nevoeiros ocorrido no período de estudo na cidade de Porto Alegre. \* nevoeiro entre a extremidade frontal e ciclone barotrópico.**

<i>Data</i>	<i>Nevoeiro de Radiação</i>	<i>Nevoeiro Frontal</i>
18/04/2008	X	
20/04/2008	X	
17/05/2008	X	
02/06/2008		X
25/06/2008		X
29/06/2008		X*
02/07/2008		X
04/07/2008		X
05/07/2008	X	
15/07/2008	X	
20/08/2008		X*
26/08/2008	X	
27/08/2008	X	
03/03/2009	X	
24/04/2009		X
26/04/2009		X
03/05/2009	X	
10/05/2009	X	
13/05/2009		X*
19/06/2009	X	
20/06/2009	X	
10/07/2009		X
04/08/2009	X	
<i>Total</i>	13	10

Fonte: O autor.

Este resultado confirma o descrito anteriormente, onde afirmava que devido a ocorrência de apenas um caso de nevoeiro com chuva em Porto Alegre, e a maioria ocorreram nas estações de outono e inverno, poderia ser concluído que a maioria dos nevoeiros seriam de radiação. Desses 13 casos de nevoeiros de radiação, 8 ocorreram na estação de outono e 6 ocorreram na estação de inverno, estando de acordo mais uma vez com Piva e Fedorova (1999).

Dez casos de nevoeiros estavam associados a cavados baroclínicos na superfície, com a maioria deles (6 casos) exibindo a nebulosidade típica dos sistemas frontais. Esses casos foram nevoeiros frontais (tabela 6).

## 4.2.2 Análise dos casos da Região 2

### 4.2.2.1 Análise dos campos béricos e térmicos

Foram feitas as análises dos sistemas sinóticos na região central do Brasil, iniciou-se primeiro por identificar os principais sistemas meteorológicos que influenciam o tempo da região, por exemplo, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), sistemas frontais (Satyamurte, 1998). Devido a altitude do aeroporto de Confins (827 metros) foi necessário analisar os sistemas acima descritos a partir do nível de 850hPa.

Os dois modelos mostraram que em 850hPa 2 eventos estavam sob influência da extremidade de um sistema frontal e 1 evento sob influência de um cavado. Todos estavam associados com confluência próximo a região, onda fria de sudeste e advecção de temperatura potencial equivalente positiva de 1 K/6h (Tabela 7).

**Tabela 7- Sistemas sinóticos atuantes na região de Confins na hora da observação dos eventos de nevoeiro, apresentados pelos modelos de reanálise NCEP e CFSR. Cav: cavado, E<sub>F</sub>: extremidade frontal, Bc: Baroclinico, Con: confluência, O<sub>F</sub>: onda fria, - fraco, W: oeste.**

Data	Lc850		Espessura		Adv_Tpe	POA	Frontal
	NCEP	CFSR	NCEP	CFSR	NCEP		
15/12/2008	Cav e Con <sub>W</sub>	Cav e Con <sub>W</sub>	-Bc e -O <sub>F</sub>	-O <sub>F</sub>	+1	X	
18/12/2008	E <sub>F</sub> e Con	Cav e Con	-Bc e -O <sub>F</sub>	-Bc e -O <sub>F</sub>	+1		X
29/06/2009	E <sub>F</sub> e Con <sub>W</sub>	E <sub>F</sub> e Con <sub>W</sub>	-Bc e O <sub>F</sub>	-Bc e O <sub>F</sub>	+1		X

Fonte: NCEP e CFSR.

#### **4.2.2.2 Dados Observados**

Em Confins, 1 caso se formou no período da noite (as 0000UTC que corresponde as 21:00TML), 1 caso no período da madrugada (as 0500UTC que corresponde a 03:00TML) e 1 caso no período da manhã (as 1000UTC que corresponde a 07:00TML). Momentos antes da formação do nevoeiro foram observadas nuvens abaixo de 5000 pés em 2 casos, e em 1 caso não foi observado nebulosidade (anexo C).

Foi observado chuva acompanhada de névoa umida antes e depois do evento em 1 caso, foi observado chuva no momento de ocorrência de nevoeiro em 1 caso e em 1 caso não foi observado nenhum tipo de fenômeno. Em todos os eventos a velocidade do vento variou de 2 a 8 nós com direção variando de nordeste a sudeste (Figura 44).

A amplitude diária da pressão foi de 1010hPa a 1016hPa, 1015hPa a 1018hPa e 1018hPa a 1023hPa para cada caso, com a variação da amplitude diária da temperatura de 17°C a 21°C, 16°C a 22°C e 9°C a 22°C em cada caso, respectivamente.

### **4.2.3 Análise dos casos da Região 3**

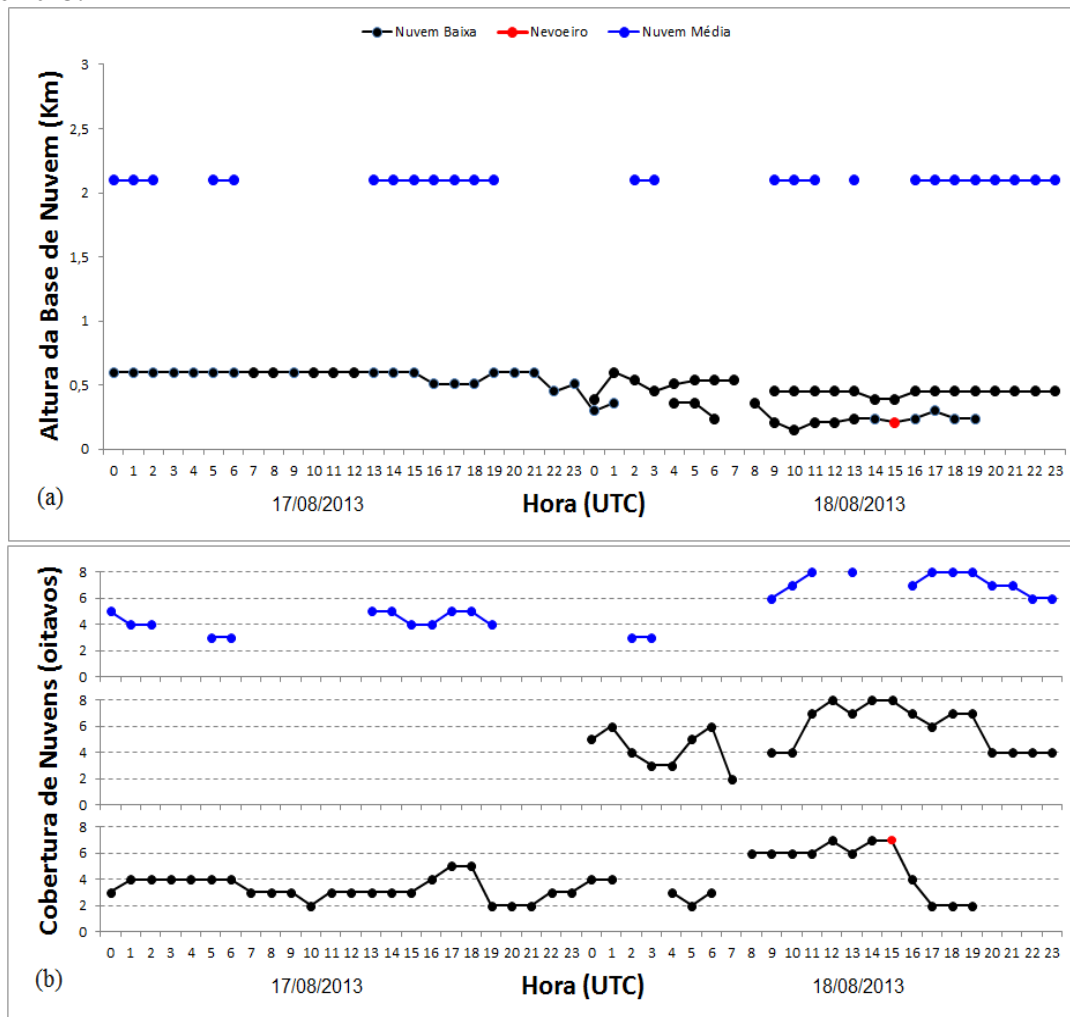
#### **4.2.3.1 Nevoeiro ocorrido na cidade de Recife**

##### **4.2.3.1.1 Dados Observados**

O dia 17 de Agosto começou nebulado, com cobertura de 3/8 de nuvem baixa e 5/8 de nuvem média (Figura 15, a e b). Foi observado chuva nas vizinhanças do Aeroporto, o vento soprava de sudoeste com velocidade de 10 nós. A umidade relativa observada foi de 78%, o barômetro registrava 1016hPa de pressão, e 5 horas depois (0600UTC) a pressão decresceu para 1014hPa (Figura 16, a e b).

A partir das 0600UTC a pressão começou a crescer até chegar o valor de 1017hPa as 1300UTC, momento que a estação registrou chuva fraca, as nuvens predominantes eram médias com 5/8, e 3/8 de nuvem baixas. O vento soprava de sudeste (da direção do oceano), com velocidade de 14 nós, e a umidade relativa do ar foi de 88% (Figura 15 e 16, a e b).

**Figura 15-** Dados horários de altura da base da nuvem (a) e cobertura de nuvens (b) sobre o aeroporto de Recife, de 0000UTC do dia 17 até as 2300UTC do dia 18 de Agosto de 2013.



Fonte: REDEMET.

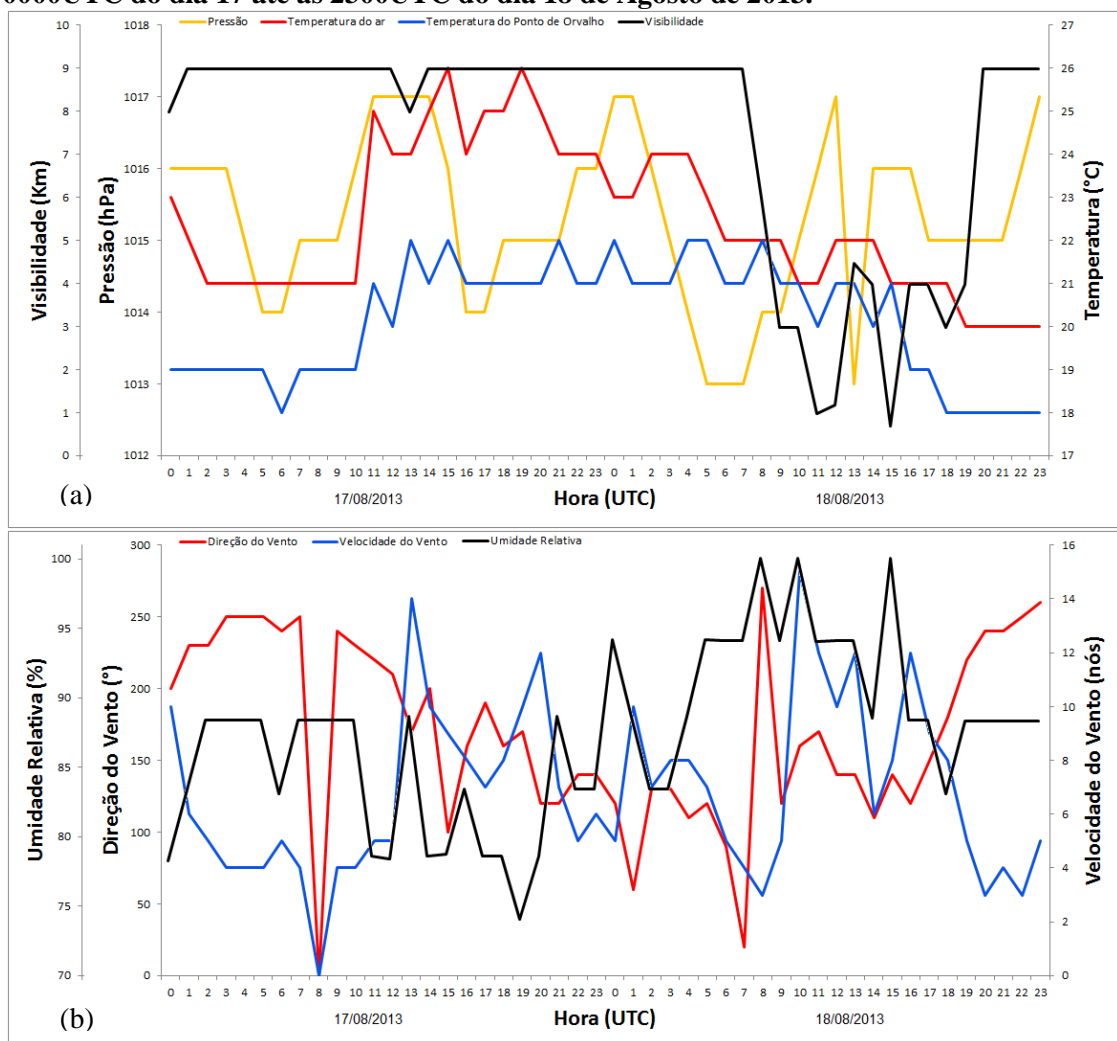
Nas próximas horas da tarde, a pressão decresceu, atingindo o mínimo de 1014hPa as 1700UTC, nesta hora terminava a chuva que foi observada na vizinhança do aeroporto, que estava na terceira hora de duração. Neste período do dia, a nebulosidade baixa aumentou, atingindo o máximo do dia de 5/8 de cobertura, acompanhada de nuvem média que cobria também 5/8. O restante do dia passou sem registro de nenhum fenômeno meteorológico, com predominância do vento de sudeste (vindo do oceano), e umidade relativa do ar variando entre 73% a 80%. A nebulosidade baixa foi a predominante com 2/8 a 4/8 (Figura 15 e 16, a e b).

O dia do evento começou com chuva as 0000UTC, que aumentou significativamente a umidade relativa do ar para 94%, com a temperatura do ar igual a 23°C e o ponto de orvalho a 22°C, com vento de sudeste (do oceano) e pressão de 1017hPa, que decresceu para 1013hPa as 0700UTC (Figura 16, a e b).



Na hora seguinte (0800UTC) foi observado chuva, a temperatura do ponto de orvalho igualou a temperatura do ar a 22°C, causando a suturação do ar por adição de umidade (COTTON E ANTHES 1989), reduzindo assim a visibilidade para 6km. Três horas depois (1100UTC) a chuva estava acompanhada de névoa úmida que reduziu a visibilidade para 1km. Neste horário foram observadas duas camadas de nuvem baixas de 5/8 e 7/8, e uma camada de nuvem média que cobria 7/8. A névoa umida dissipou 1 hora depois (1200UTC), a estação registrava somente a chuva (figura 15 e 16, a e b).

**Figura 16- Dados horários de pressão, temperatura do ar, ponto de orvalho e visibilidade (a), direcção e velocidade do vento e umidade relativa (b) do aeroporto de Recife, de 0000UTC do dia 17 até as 2300UTC do dia 18 de Agosto de 2013.**



Fonte: REDEMET.

A chuva continuou a ser registrada na estação, com o vento a soprar de sudeste (do oceano) com velocidade variando de 10 a 13 nós, até que as 1400UTC a velocidade do vento diminuiu para 6 nós que possibilitou a formação de nevoa umida, reduzindo a visibilidade para 4km, com a umidade relativa de 88%. As 1500UTC, a chuva continuou influenciando no

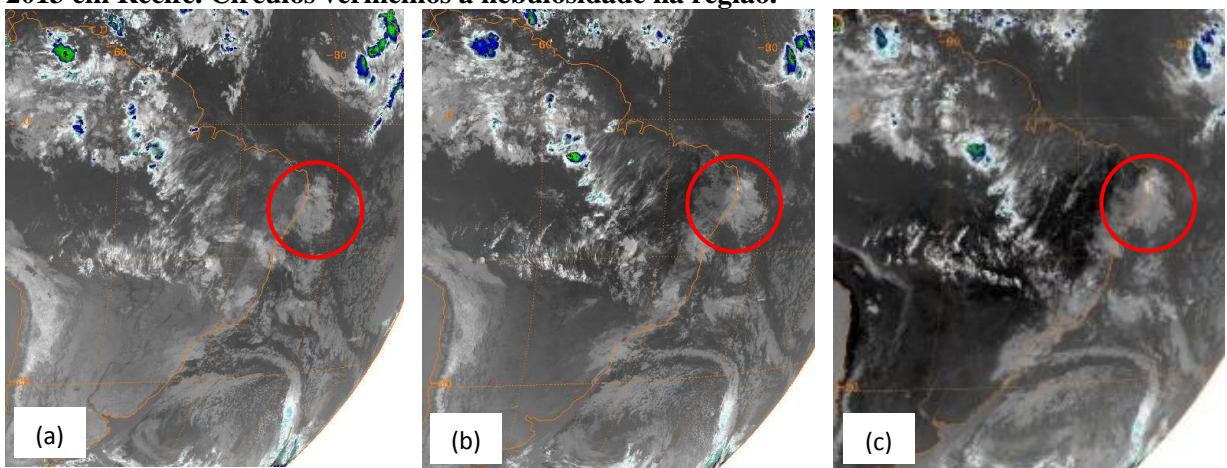
aumento da umidade relativa do ar que atingiu o valor de 100%, depois do aumento do ponto de orvalho de 20°C para 21°C que reduziu a visibilidade para 700 metros, formando assim o nevoeiro. No período da formação do nevoeiro o vento sopra do oceano, com velocidade de 7 nós, as duas camadas de nuvem baixa que foram observadas horas antes, continuavam presentes com 7/8 e 8/8. A segunda camada que cobria 8/8 impossibilitou a observação da nuvem acima dela (Figura 15 e 16, a e b).

O nevoeiro se dissipou 10 minutos depois, na hora seguinte as duas camadas de nuvem baixa passaram a cobrir 4/8 e 7/8, e já foi possível observar a nuvem média que 7/8. A visibilidade a partir das 1600UTC subiu para 4km, e atingiu o valor máximo de 9km as 2000UTC, que continuou até o fim do dia (Figura 15 e 16, a e b).

#### 4.2.3.1.2 Situação Sinótica

As 0900UTC do dia do evento foi possível observar nebulosidade em Recife na imagem de satélite, esta nebulosidade já foi observada as 1200UTC do dia anterior sobre o litoral (Figura 17, a- círculo vermelho). Nesse período (0900UTC) EMS registrou chuva na região. As 1200UTC a nebulosidade intensificou, e observava-se chuva, que se estendeu até as 1500UTC quando formou-se o nevoeiro, neste momento a nebulosidade intensificou novamente (Figura 17, b e c- círculo vermelho).

**Figura 17- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 0900UTC (a) e as 1200UTC (b) do dia do evento, as 1500UTC (c) no momento do nevoeiro, ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013 em Recife. Círculos vermelhos a nebulosidade na região.**



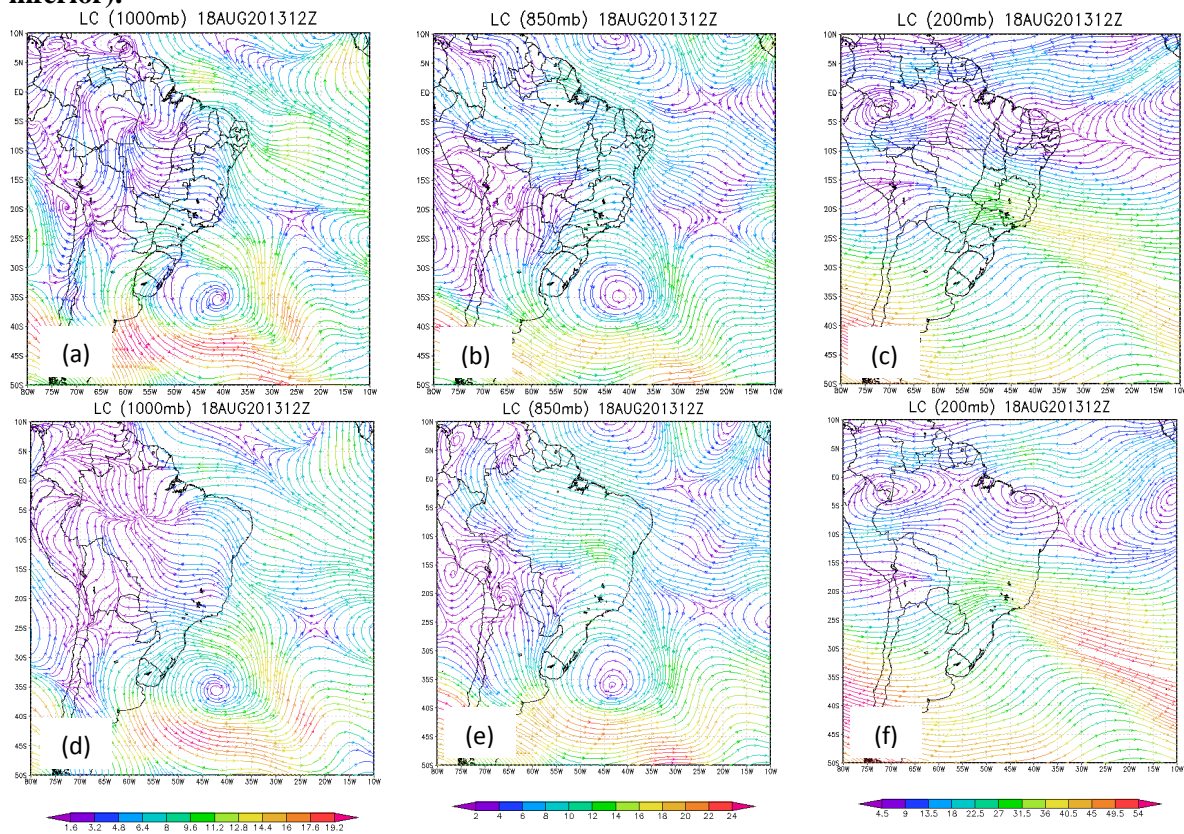
Fonte: GIBBS/NOAA.

Nas imagens de satélite não foi observada nenhum tipo de nebulosidade característico dos sistemas meteorológicos de escala sinótica atuantes na região, os campos de linhas de correntes e magnitude dos ventos do NCEP e CFSR, nos níveis de 1000hPa e 200hPa,

confirmam que a ZCIT localizava-se mais a norte da região e o VCAN não estava presente (Figura 18, a, c, d e f).

Os campos de linha de correntes e magnitude do vento mostraram que a região estava sob influência de cavados em baixos níveis (característica da POA), desde o nível 1000hPa até o nível de 700hPa nos dois modelos (Figura 18 a, b, d e e). Foram observadas essas condições, desde o dia anterior ao evento até a hora da formação do nevoeiro pelos dois modelos de reanálise, estando de acordo com os resultados de Fedorova (2015).

**Figura 18- Linhas de corrente e magnitude do vento em 1000hPa (a e d), 850hPa (b e e) e 200hPa (c e f) as 1200UTC do dia do evento. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior).**



Fonte: NCEP e CFSR.

#### 4.2.3.2 Nevoeiro ocorrido na cidade de Salvador

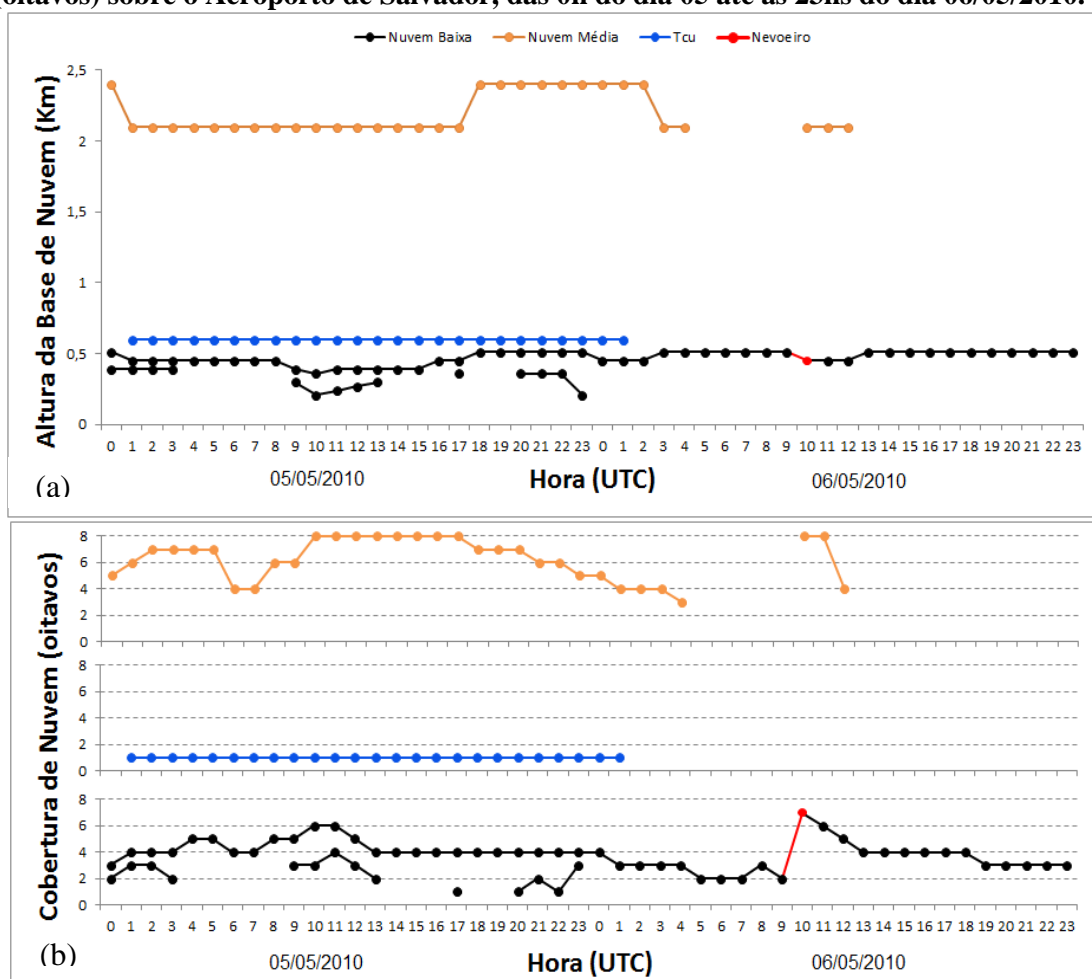
##### 4.2.3.2.1 Dados Observados

Foram observadas 2 camadas de nuvens baixas e 1 de nuvem média ao longo do dia anterior ao evento, chegando a cobrir de 1/8 a 6/8 e de 4/8 a 8/8 de nuvens baixas e médias, respectivamente. A velocidade do vento durante o dia variou de 2 a 12 nós e a direção do vento predominante foi de sudeste (vindo do oceano). Neste dia a baixa atmosfera na região não atingiu a saturação, a umidade relativa do ar variou de 69,9% no período da tarde

(1600UTC) a 94,1% no período da madrugada e manhã (das 0700UTC as 1000UTC), Figura 19, a e b.

Também foi observada chuva fraca as 0100UTC, voltando a surgir das 0400UTC às 0500UTC e das 0800UTC às 1200UTC, desta vez acompanhada de névoa umida que reduziram a visibilidade para 2km, a menor do dia. Esses dois fenômenos foram observados novamente no final do dia (das 2200UTC as 2300UTC). A amplitude diária da pressão nesse dia foi de 3hPa típica da região (Figura 20, a).

**Figura 19- Dados horários da altura da base das nuvens (a) e cobertura de nuvens (oitavos) sobre o Aeroporto de Salvador, das 0h do dia 05 até as 23hs do dia 06/05/2010.**

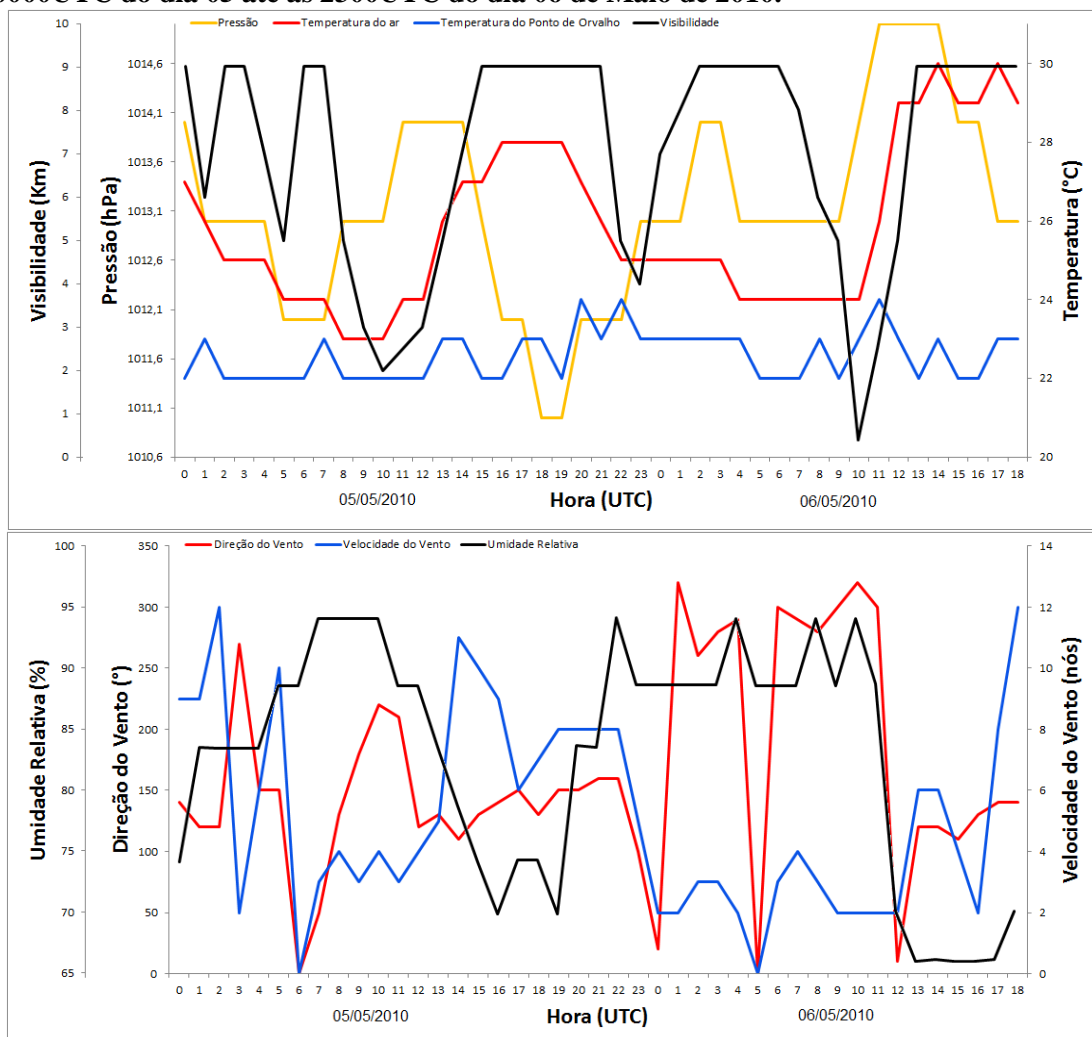


Fonte: REDEMET.

O dia do evento começou com vento de noroeste (do continente), com velocidade de 2 nós, e umidade relativa foi de 88,6%. A partir das 0200UTC só observou-se 1 camada de nuvem baixa e 1 de nuvem média, com 3/8 e 4/8, respectivamente. A pressão nessa hora foi de 1014hPa, com umidade relativa de 88,6% e visibilidade de 9km. A pressão reduziu para 1013hPa as 0400UTC, momento que foi observado um aumento da umidade relativa de 94,1% (Figura 19 e 20, a e b).

O vento continuou a soprar do continente, neste momento foi registrado névoa umida com valor de umidade de 88,6%, que reduziu a visibilidade para 5km as 0900UTC. A umidade relativa do ar aumentou para 94,1% as 1000UTC, reduzindo a visibilidade para 400 metros, momento que se registou o nevoeiro que durou 0,17horas, quando foi registrado um acréscimo na pressão para 1014hPa. O vento no momento do nevoeiro continuou do continente com velocidade de 2 nós (Figura 20, a e b).

**Figura 20- Dados horários de pressão, temperatura do ar, ponto de orvalho e visibilidade (a), direcção e velocidade do vento e umidade relativa (b) do aeroporto de Salvador, de 0000UTC do dia 05 até as 2300UTC do dia 06 de Maio de 2010.**



Fonte: REDEMET.

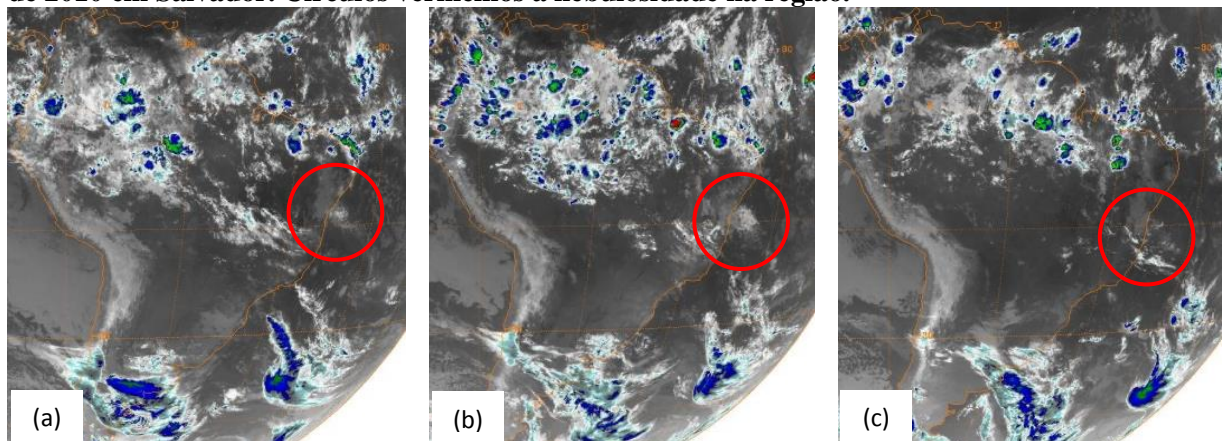


#### 4.2.3.2 Situação Sinótica

Desde as 1200UTC do dia anterior ao nevoeiro foi observado nebulosidade sobre a cidade de Salvador (Figura 21, a – círculo vermelho). Essa nebulosidade estava associada com cavados em baixos níveis, presente nos campos de linhas de corrente do NCEP e CFSR. O cavado se estendeu desde o nível 1000hPa até 850hPa.

Passando 12 horas, a nebulosidade se intensificou sobre a região (Figura 21, b- círculo vermelho), momento que o cavado em baixos níveis intensificou. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) esteve mais a norte da região, não interferindo sobre a região de Salvador, e a sul, foi observado um sistema frontal impedido de influenciar a região pela crista do Anticiclone subtropical.

**Figura 21- Imagem do satélite GOES-13 no canal infravermelho, as 1200UTC do dia anterior (a), as 0000UTC (b) e as 1200UTC (c) do dia do evento de nevoeiro ocorrido no dia 06 de Maio de 2010 em Salvador. Círculos vermelhos a nebulosidade na região.**

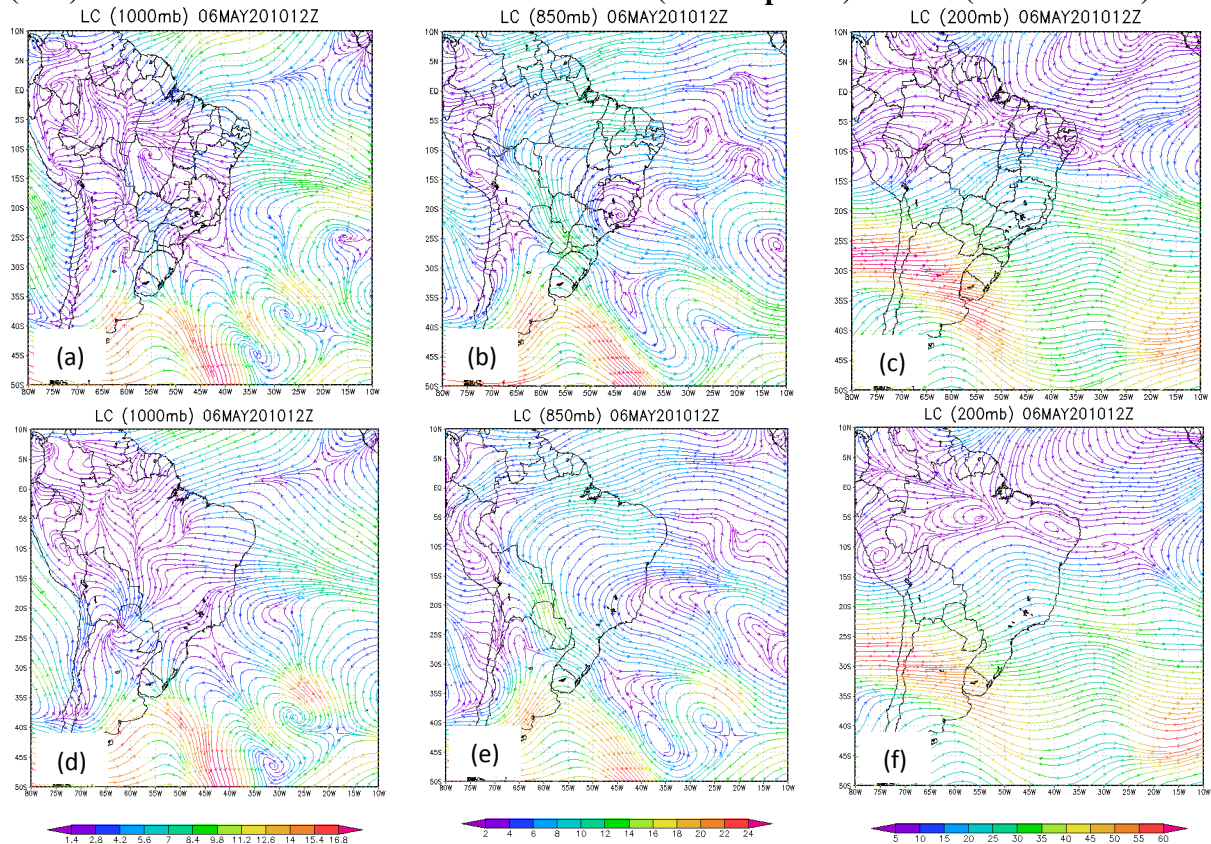


Fonte: GIBBS/NOAA.

Duas horas depois do evento (1200UTC do dia 06 de Maio), a nebulosidade sobre a região enfraqueceu, quando o cavado também enfraquecia. Não foi observado o VCAN sobre a região no período de estudo, em altos níveis foi observado uma crista com corrente de jato (Figura 22, c e f).

Todos campos analisados mostraram que o nevoeiro formado no dia 06 de Maio de 2010, na cidade de Salvador, foi causado por perturbações ondulatórias nos alísios (POA), sistemas associado com fenômenos nevoeiros na região NEB de acordo com Fedorova (2015).

**Figura 22- Linhas de corrente e magnitude do vento em 1000hPa (a e d), 850hPa (b e e) e 200hPa (c e f) as 1200UTC do dia do evento. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior).**



Fonte: NCEP e CFSR.

#### 4.2.4 Análise sinóticos dos casos típicos e raros

Serão apresentados os casos típicos dos nevoeiros ocorridos no período estudado, e os casos que ocorreram sob condições sinóticas nunca observadas anteriormente.

##### 4.2.4.1 Nevoeiro de radiação dentro de massa de ar

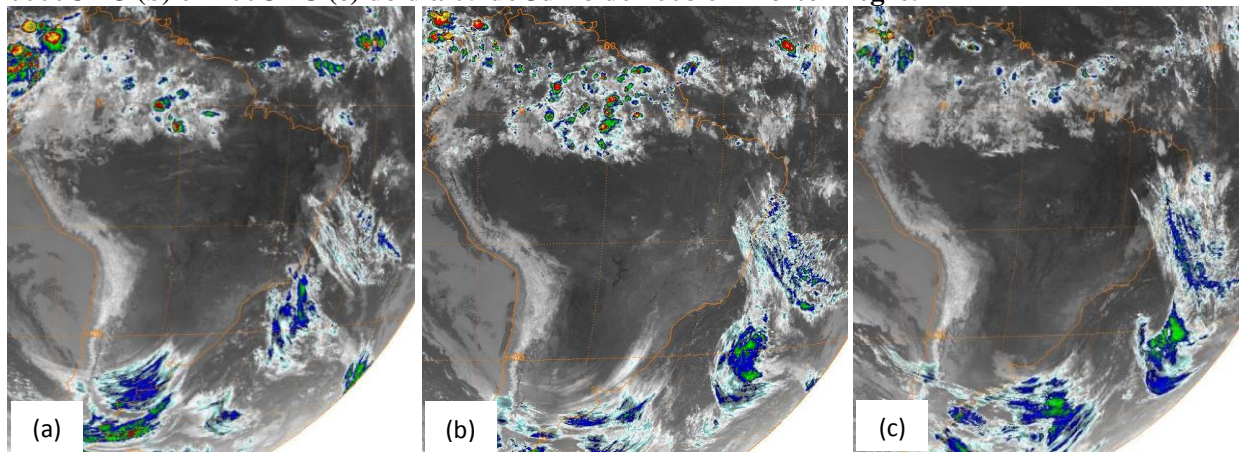
###### 4.2.4.1.1 Análise do caso típico ocorrido no dia 05 de Julho de 2008

A cidade de Porto Alegre foi influenciada pela extremidade de um sistema frontal as 0600UTC do dia anterior ao evento em estudo, esse ciclone se formou sobre o litoral de São Paulo, definida como uma região ciclogênica (Gan e Rao, 1991). Nesta hora foi observado nevoeiro causado por este sistema. As 1200UTC, o sistema frontal já foi observado sobre o Atlântico, momento que deixava de influenciar a região (Figura 23, a).

O campo de pressão ao nível médio do mar e o campo de espessura, dos modelos NCEP e CFSR, mostraram que as 1200UTC do dia anterior ao evento, a cidade de Porto

Alegre estava sobre influência de um cavado, com forte baroclinia e onda fria (Figura 24, a e b). A região baroclínica enfraqueceu as 0000UTC (3 horas antes da formação do nevoeiro), Porto Alegre estava sobre influência da crista de um anticiclone baroclínico, que inibiu a formação de nuvens sobre a região, onde só foi possível observar nuvens altas (Cirrus) causada pela corrente de jato em altos níveis (Figura 23, b). O anticiclone foi observado sobre o Atlântico, perto da região de estudo, 3 dias antes da formação do nevoeiro.

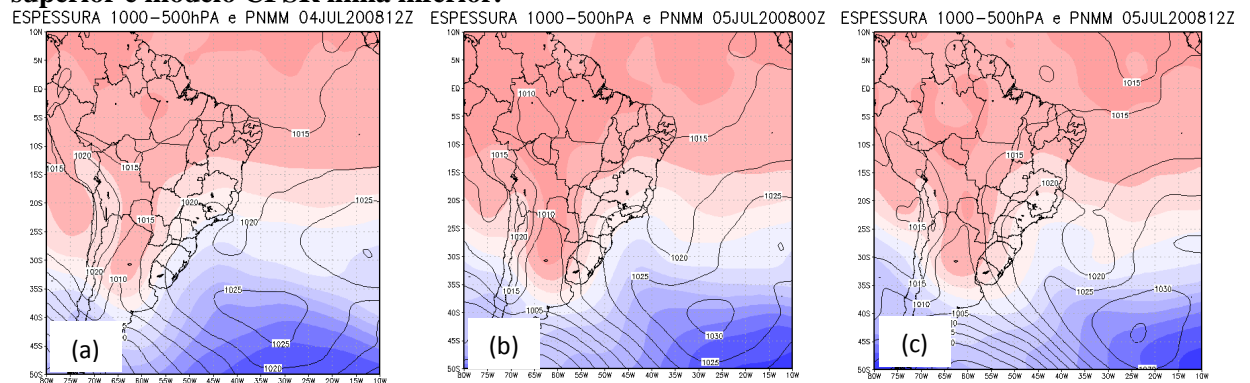
**Figura 23- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC do dia 04 (a), e as 0000UTC (b) e 1200UTC (c) do dia 05 de Julho de 2008 em Porto Alegre.**



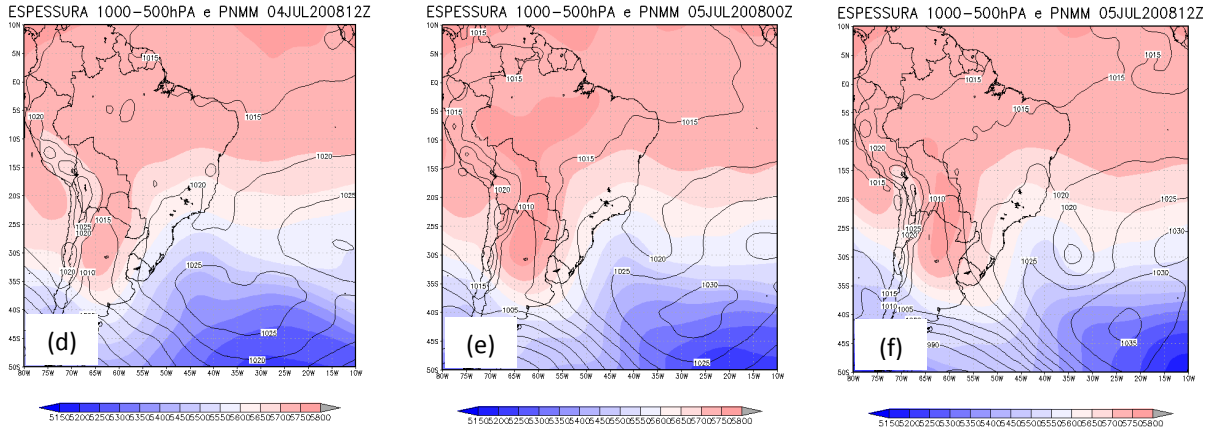
Fonte: GIBBS/NOAA.

Uma hora antes da dissipação do nevoeiro (as 1200UTC do dia 05 de Julho de 2008) os modelos mostraram que a região ainda estava sobre a influência de uma crista e onda fria (Figura 24, c e f). A imagem de satélite neste horário mostrou que a região estava sem cobertura de nuvens, com o sistema frontal distante da região (a leste de Porto Alegre), Figura 23, c.

**Figura 24- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1200UTC do dia 04 (a) e (d), as 0000UTC (b) e (e) e as 1200UTC (c) e (f) do dia 05 de Julho de 2008, Modelo NCEP linha superior e modelo CFSR linha inferior.**



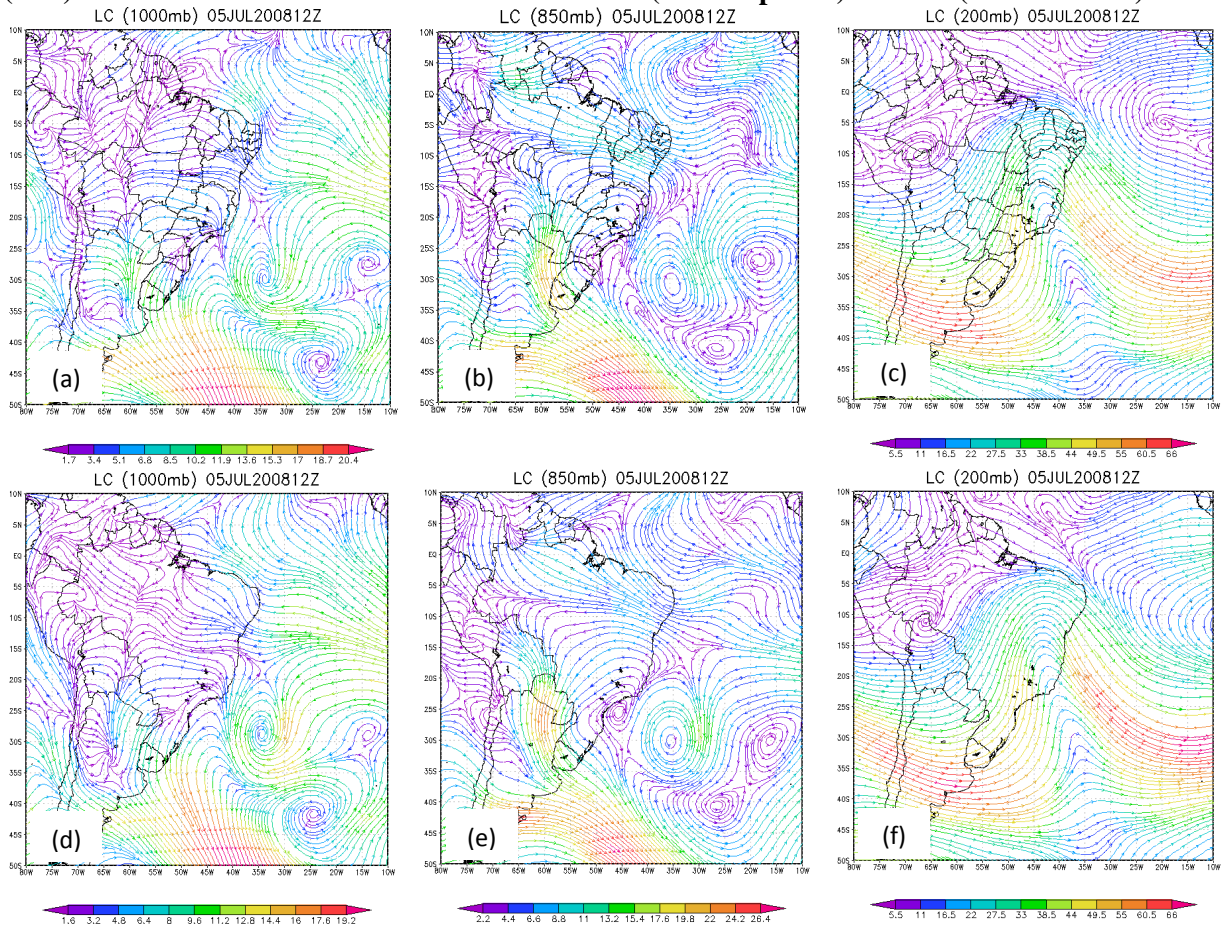




Fonte: NCEP e CFSR.

Os campos de linha de corrente e magnitude dos ventos do NCEP e CFSR, mostraram que no momento do nevoeiro (as 1200UTC) a região estava sobre influência de crista e CJBN a oeste da região, isso no nível de 1000hPa (Figura 25, a e d). A crista foi observada até o nível de 850hPa (Figura 25, b e e). No nível de 700hPa sobre a mesma região, foi observado um anticiclone com o centro posicionado sobre Porto Alegre.

Figura 25- Linhas de corrente e magnitude do vento em 1000hPa (a e d), 850hPa (b e e) e 200hPa (c e f) as 1200UTC do dia do evento. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior).



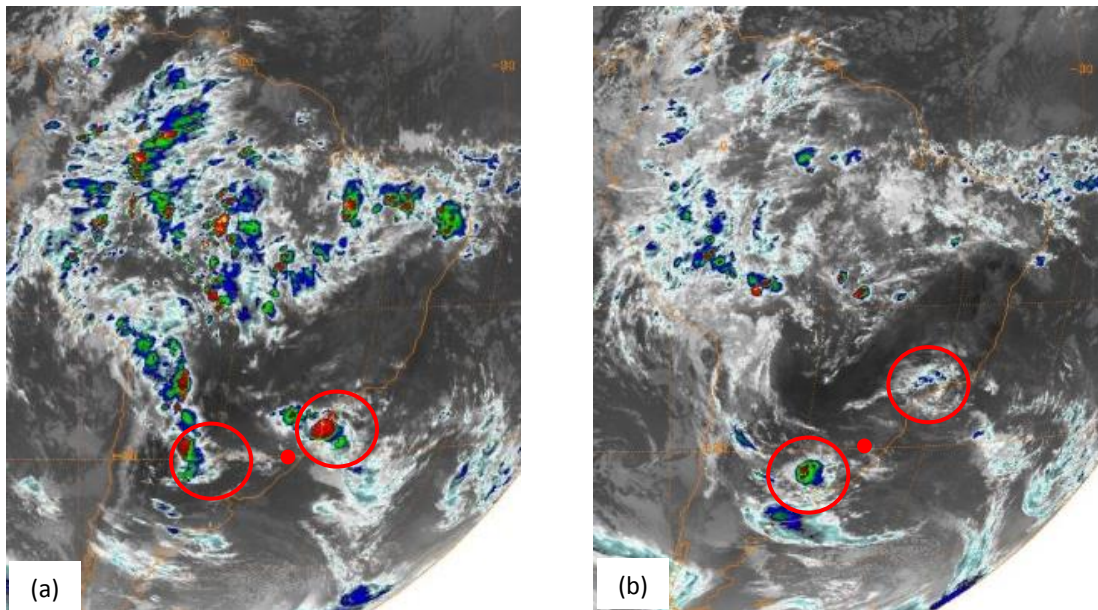
Fonte: NCEP e CFSR.

Em médios níveis (500hPa) os modelos NCEP e CFSR mostraram que Porto Alegre estava sobre influência de uma crista de um anticiclone com o centro posicionado sobre o centro da América do Sul. No nível de 200hPa os modelos mostraram crista sobre a região, e corrente de jato em altos níveis (Figura 25, c e f).

#### 4.2.4.1.2 Análise do caso raro ocorrido no dia 03 de Março de 2009

A maioria dos casos de nevoeiro de radiação ocorridos na cidade de Porto Alegre estavam sobre as condições de céu limpo ou levemente nublado, antes e durante o evento de nevoeiro, como descreve Wilett (1928), anexo A. O único caso que ocorreu sobre condições diferentes foi o ocorrido no dia 03 de Março de 2009 das 0700UTC às 1200UTC, onde o evento se formou entre dois CCM's (Figura 26 a).

**Figura 26- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 0000UTC no dia do evento (a), e as 1200UTC momento do evento de nevoeiro (b) no dia 03 de Março de 2009. Ponto vermelho a cidade de Porto Alegre, círculos vermelhos a localização dos CCM's.**

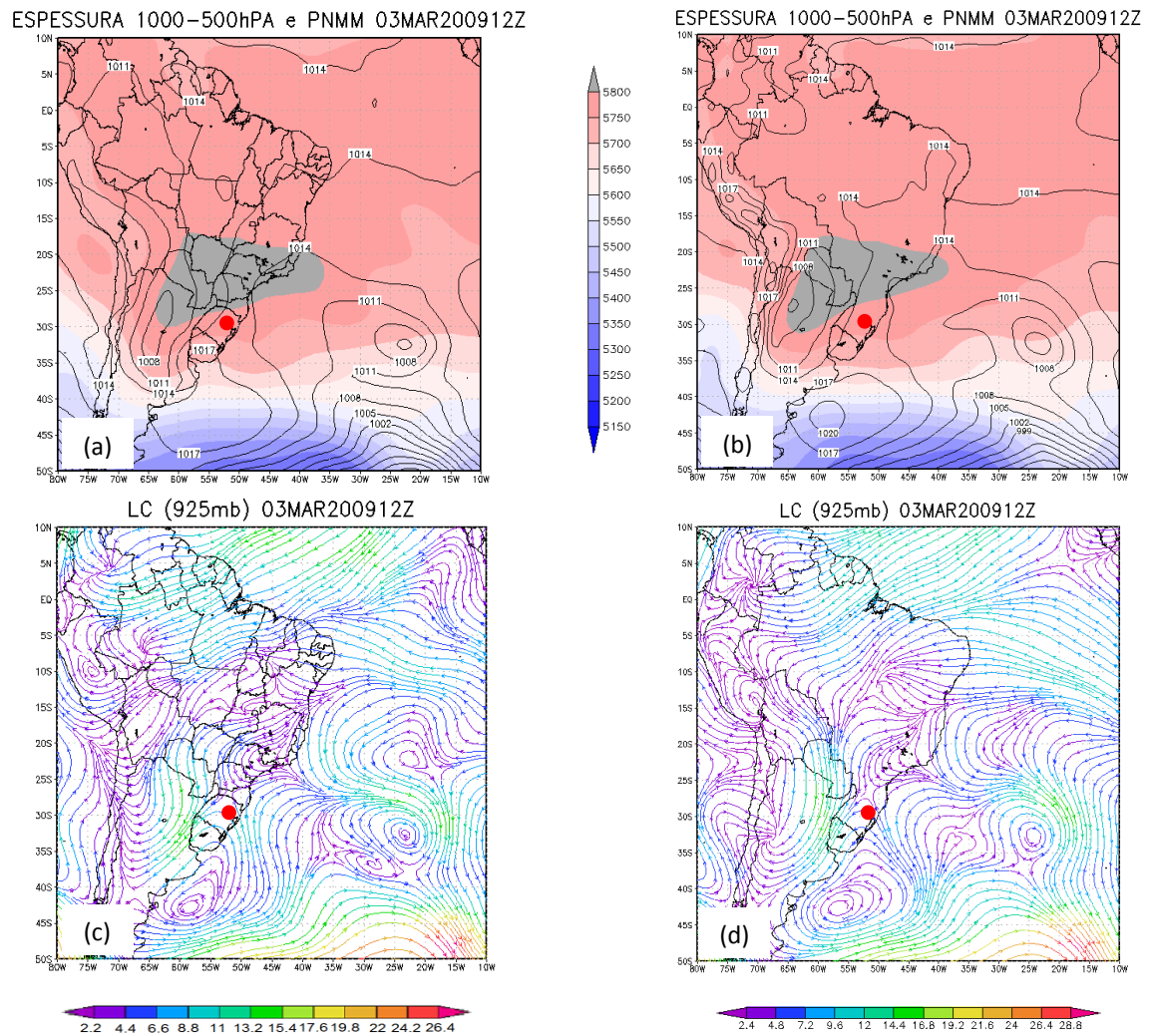


Fonte: GIBBS/NOAA.

Quando se formou o nevoeiro, os campos de espessura do NCEP e CFSR mostraram que a região central da América do Sul estava sobre condições de forte aquecimento (Figura 27 a e b) e os campos de linhas de correntes e magnitude do vento no nível de 925hPa mostraram a atuação da CJBN, com sentido norte-sul, canalizado pela topografia das Cordilheiras dos Andes (Figura 27 c e d). A CJBN transportou massa de ar quente e umida da região sob aquecimento, perto da floresta da Amazonas, chegando na região Sul da América do Sul sofreu uma ascensão por conta da forçante orográfica da região, e também por conta da

forçante térmica, pois a massa de ar fria do Anticiclone posicionado sobre a região de estudo é mais densa do que a massa de ar quente transportada pela CJBN. A dinâmica dos sistemas descritos anteriormente formaram o CCM à sudoeste da região de estudo. O CCM a nordeste do local do evento foi formado pela extremidade do sistema frontal que passava sobre a região (Figura 26 a e b).

**Figura 27- Espessura (a e b) e linha de corrente e magnitude do vento (c e d) na hora do evento de nevoeiro ocorrido no dia 03 de Março de 2009 em Porto Alegre. Modelo NCEP (coluna esquerda) e CFSR (coluna direita), ponto vermelho a cidade de Porto Alegre.**



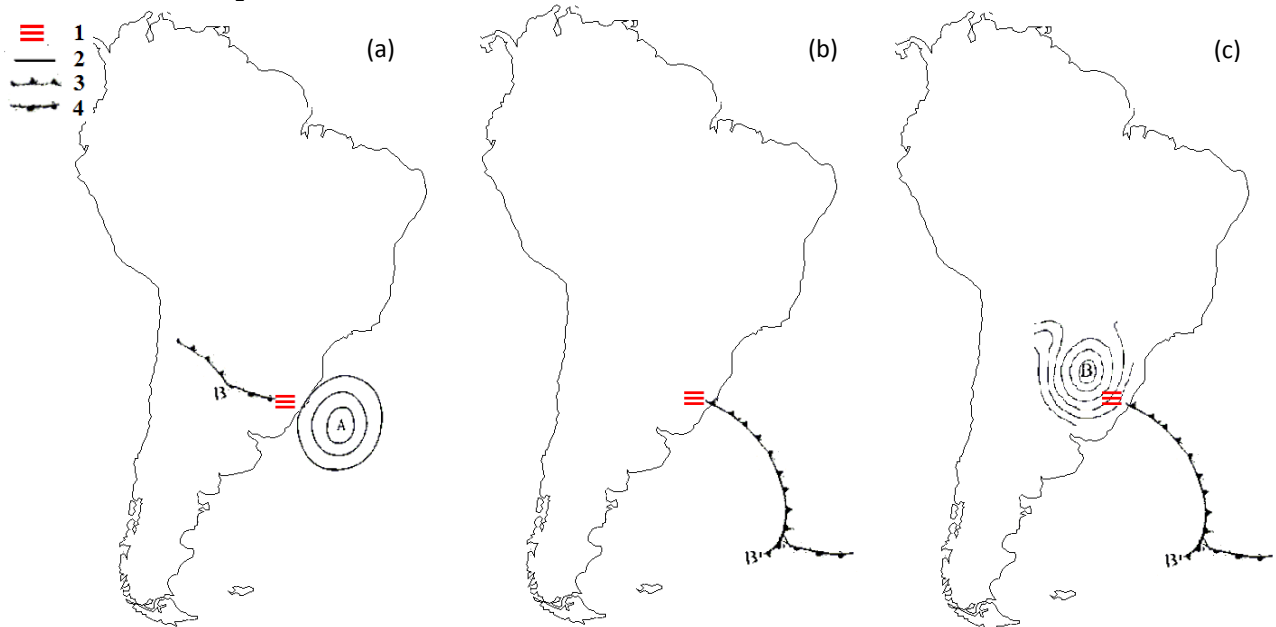
Fonte: NCEP e CFSR.



#### 4.2.4.2 Nevoeiro Frontal

O esquema a seguir mostra as condições apresentadas pelos campos sinóticos nos nevoeiros frontais, dos três processos de formação de nevoeiro:

**Figura 27.1- Esquema das condições sinóticas na superfície apresentadas no momento da formação dos novos tipos de nevoeiros. (a) formado na ciclogênese, (b) formado na extremidade frontal e (c) formado entre a extremidade frontal e um ciclone barotrópico. 1- Nevoeiro, 2- isobaras, 3- frente fria e 4- frente quente.**



Fonte: O autor.

De acordo as classificações dos tipos de nevoeiros definidos por Willet (1928), Peterson (1940), Byers (1959) e Jiuisto (1981), estes dois grupos de formação de nevoeiro não se enquadram, portanto, denominaremos as duas novas formações de nevoeiro por:

- Nevoeiro influenciado por Ciclogênese, formados entre o processo de formação de um ciclone baroclínico e um anticiclone baroclínico.
- Nevoeiro de extremidade frontal, formados entre a extremidade frontal, com ou sem um ciclone térmico barotrópico.

Esses nevoeiros, por se formarem no momento de formação de um ciclone e entre a extremidade frontal e um ciclone barotrópico, fazem parte do grupo de nevoeiro frontal, definido por Willet (1928).

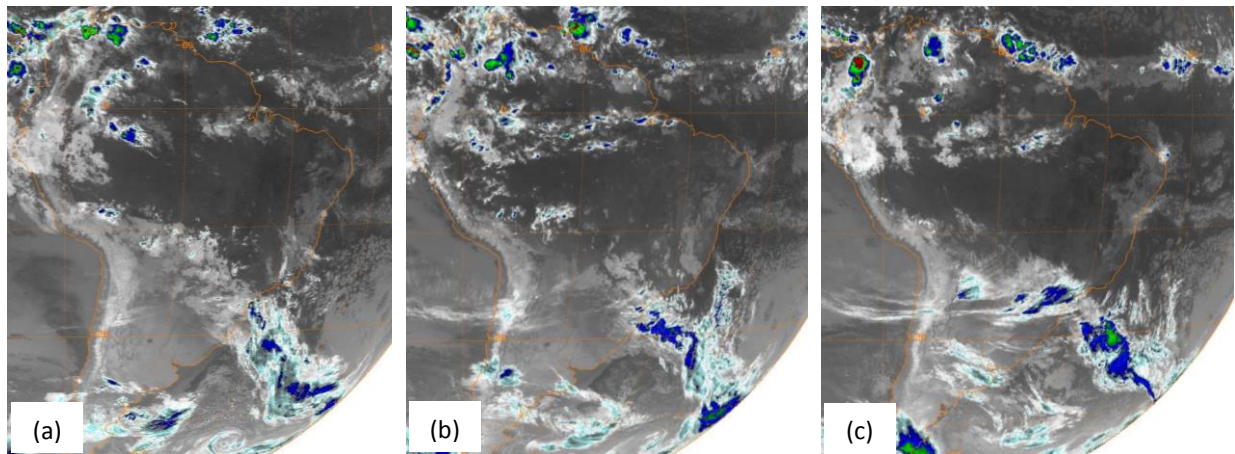
Os nevoeiros influenciados por ciclogênese, se formaram próximo a ciclogênese que ocorria à oeste da região de estudo (centro da Argentina), que é uma região com intensas actividades ciclogênicas, definida por Gan e Rao (1991).

#### 4.2.4.2.1 Nevoeiro de extremidade frontal

Entre os 5 casos deste tipo de nevoeiro, foi escolhido para apresentação, como exemplo, o evento ocorrido no dia 10 de Julho de 2009 por ser o que se observou a menor visibilidade dentre os nevoeiro de extremidade frontal (Tabela 2).

Um sistema frontal passou sobre Porto Alegre, precisamente às 0600UTC do dia 09 de Julho de 2009. As imagens de satélite mostram que as 1200UTC do mesmo dia, Porto Alegre ainda estava sendo influenciada pela nebulosidade do sistema frontal (Figura 28 a). A região estava sobre forte gradiente termal, e foi observado a forte influência do anticiclone subtropical a norte e nordeste da região (estado de São Paulo), Figura 29 a e d.

**Figura 28- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC (a) do dia 09, e as 0000UTC (b) e 1200UTC (c) do dia 10 de Julho de 2009 em Porto Alegre.**

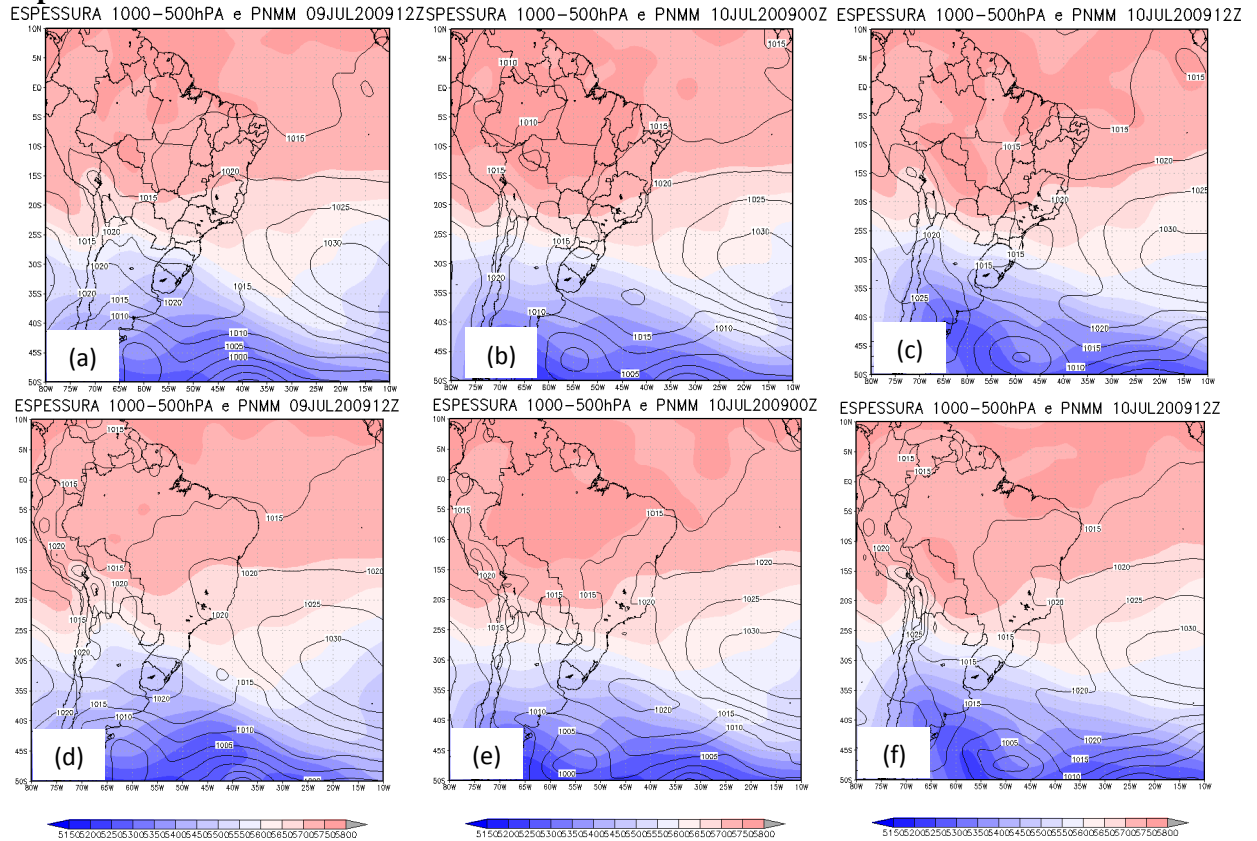


Fonte: GIBBS/NOAA.

O anticiclone impedia o deslocamento do sistema frontal para norte, e observou-se que as 0000UTC do dia do evento o sistema frontal foi forçado a se deslocar para sudeste, e na retaguarda do sistema frontal formou-se um anticiclone no estágio de onda (Figura 29, b e e).

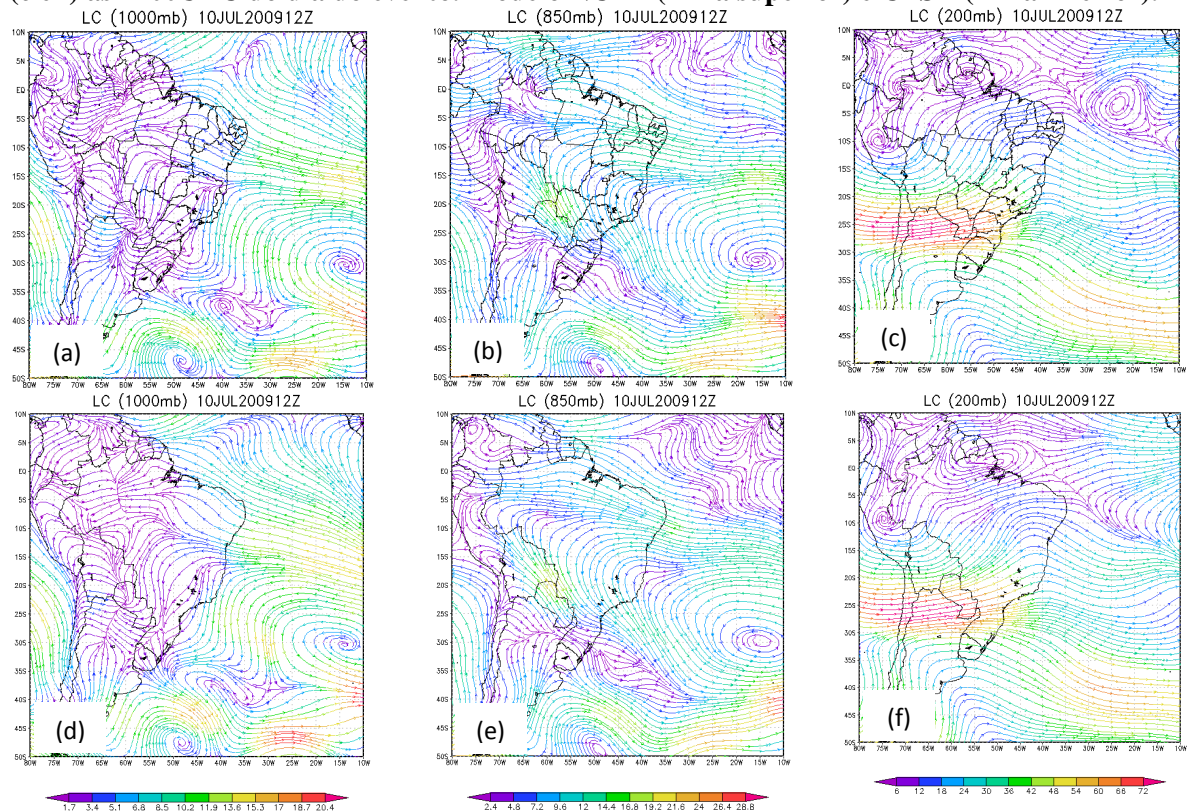
O anticiclone subtropical do Atlântico sul e o baroclínico formado na retaguarda do sistema frontal (que passava sobre o Rio Grande do Sul) uniram-se no hora do evento (1200UTC), dividindo o cavado do sistema frontal em duas partes. A parte oriental foi o sistema frontal que se deslocou para sudeste, posicionando-se distante de Porto Alegre. A parte ocidental do cavado intensificou-se devido o aumento do gradiente termal, e se estendeu até Porto Alegre, influenciando o tempo na região, criando condições que levaram a se formar o nevoeiro (Figura 29, c e f).

**Figura 29- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1200UTC do dia 09 (a) e (d), as 0000UTC (b) e (e) e as 1200UTC (c) e (f) do dia 10 de Julho de 2009, Modelo NCEP linha superior e modelo CFSR linha inferior.**



Os campos de linhas de corrente e magnitude do vento do NCEP, mostraram que em baixos níveis a região estava predominantemente influenciada por cavado, que se estendeu até médios e altos níveis (de 1000hPa até 300hPa). Já o modelo CFSR apresentou confluência dos ventos em baixos níveis (de 1000hPa até 850hPa), e em médios e altos níveis também apresentaram cavados (700hPa até 300hPa). Os dois modelos mostraram que no nível de 200hPa a região estava sobre forte influência de corrente de jato de alto nível (Figura 30, c e f).

**Figura 30- Linhas de corrente e magnitude do vento em 1000hPa (a e d), 850hPa (b e e) e 200hPa (c e f) as 1200UTC do dia do evento. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior).**



Fonte: NCEP e CFSR.

#### 4.2.4.2.2 Nevoeiro entre a extremidade frontal e ciclone barotrópico

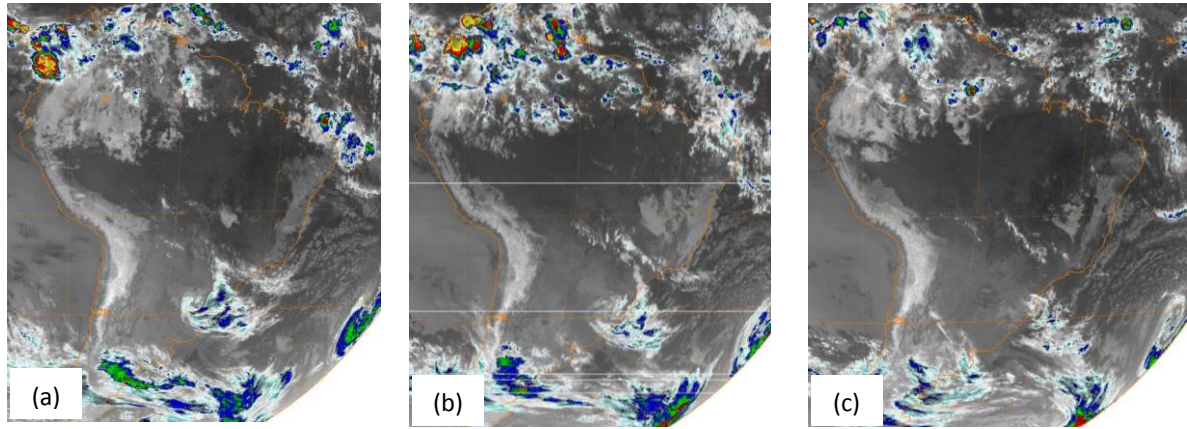
Entre os 3 casos deste tipo de nevoeiro, foi escolhido para apresentação, como exemplo, o evento ocorrido no dia 29 de Junho de 2008 por ser o único que apresentou intensidade forte dentre os nevoeiros de extremidade frontal e ciclone barotrópico (Tabela 2).

Observou-se um ciclone barotrópico sobre o norte da Argentina as 0000UTC do dia 28 de Junho de 2009. O cavado desse ciclone influenciava a cidade de Porto Alegre. No litoral da Argentina e sul do Uruguai observou-se um sistema frontal.

Passadas 12 horas (1200UTC do dia 28), foi possível observar na imagem de satélite a nebulosidade associada ao ciclone barotrópico sobre Porto Alegre, e o sistema frontal a sul, sobre o litoral da Argentina e sul do Uruguai. Sobre o Oceano Atlântico (litoral de São Paulo) foi possível observar-se nuvens com textura granulosa, associados a presença de anticiclone (Figura 31, a).



**Figura 31- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC do dia 28 (a), as 0000UTC (b) e as 1200UTC (c) do dia 29 de Junho de 2008.**



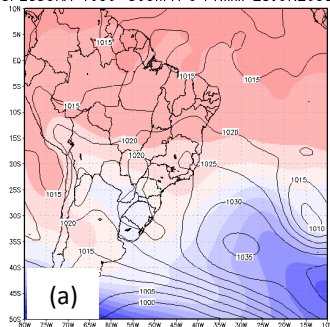
Fonte: GIBBS/NOAA.

As 0000UTC do dia do evento, a nebulosidade associada ao ciclone barotrópico ainda estava sobre Porto Alegre, os modelos NCEP e CFSR mostraram que o sistema frontal posicionou-se sobre o Uruguai, e a região estava sobre fraca influência de onda fria (Figura 31, b).

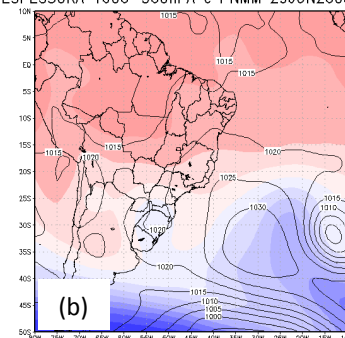
Na hora do evento (1200UTC), a imagem de satélite mostrou que a nebulosidade associada ao sistema frontal estava sobre Porto Alegre, com a nebulosidade do ciclone barotrópico enfraquecida (Figura 31 c). Os campos de pressão ao nível médio do mar confirmavam o cavado do sistema frontal sobre Porto Alegre e a intensificação da onda fria (Figura 32 c e f).

**Figura 32- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1200UTC do dia 01 (a) e (d), as 0000UTC (b) e (e) e as 1200UTC (c) e (f) do dia 02 de Junho de 2008, Modelo NCEP linha superior e modelo CFSR linha inferior.**

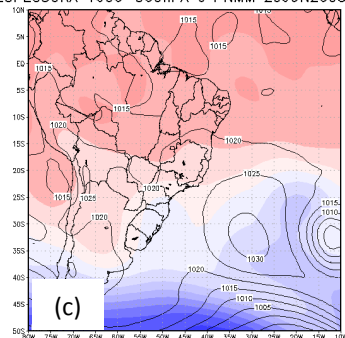
ESPESSURA 1000-500hPa e PNMM 28JUN200812Z



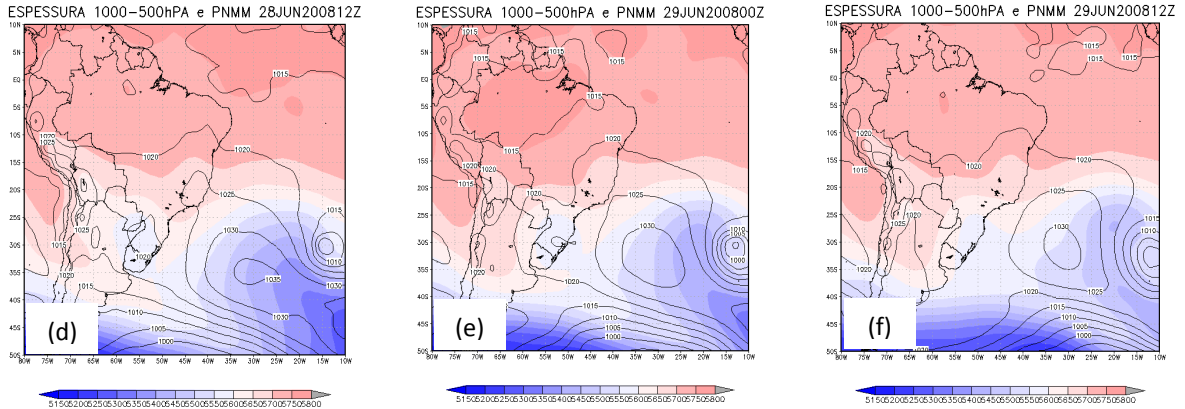
ESPESSURA 1000-500hPa e PNMM 29JUN200800Z



ESPESSURA 1000-500hPa e PNMM 29JUN200812Z

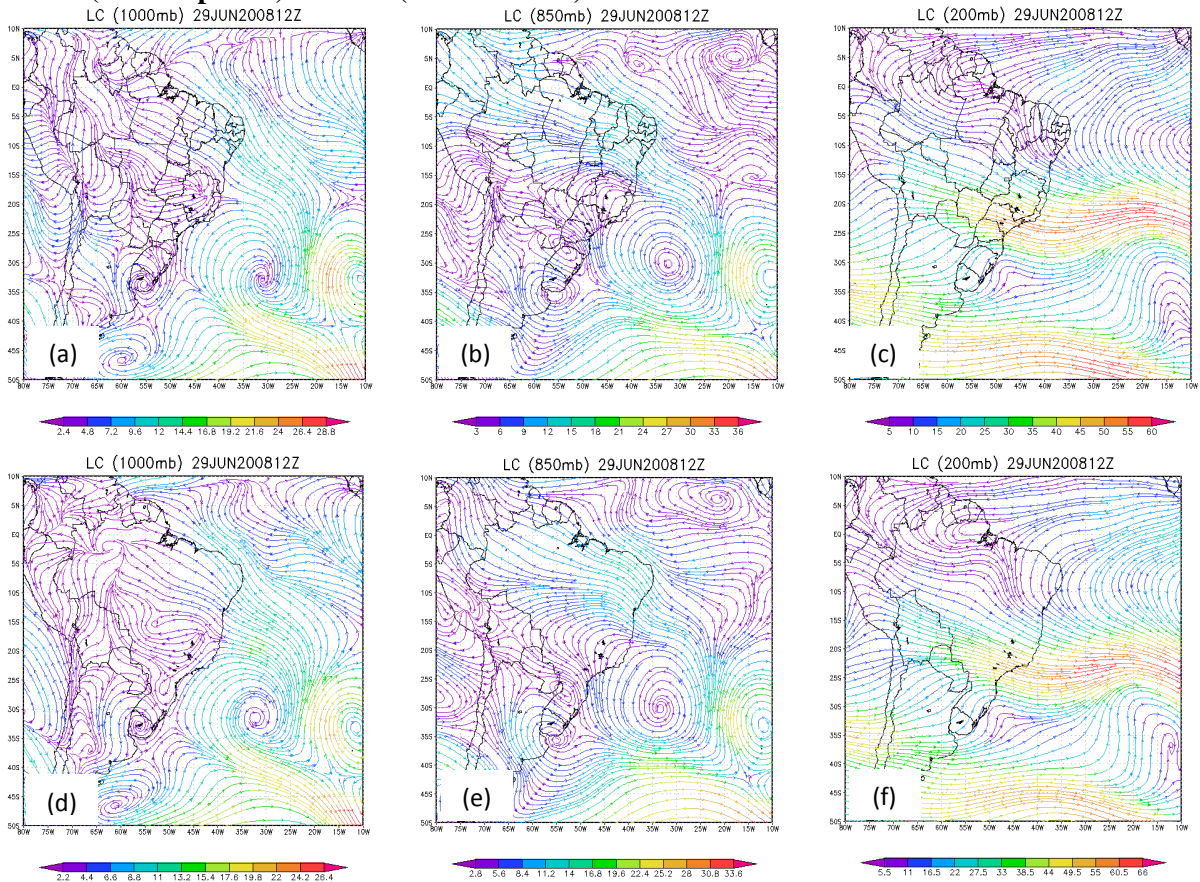






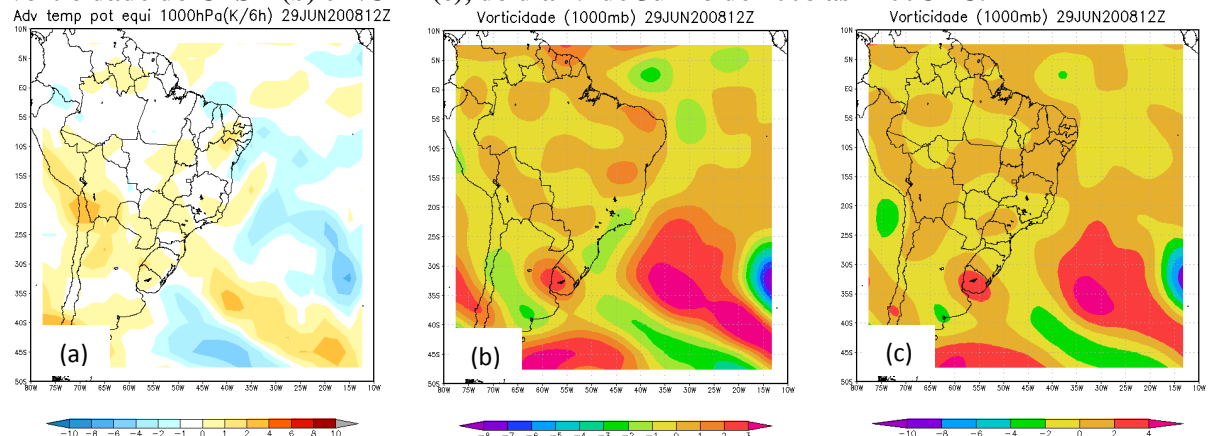
No momento de ocorrência do nevoeiro, os campos de linha de corrente e magnitude do vento dos dois modelos, mostraram a ligação entre o ciclone barotrópico sobre Porto Alegre e o sistema frontal sobre o atlântico, essa ligação foi observada em todos os níveis da atmosfera (de 1000hPa a 200hPa), Figura 33.

**Figura 33- Linhas de corrente e magnitude do vento nos níveis de 1000hPa (a) e (d), 925hPa (b) e (e) e em 200hPa (c) e (f) no dia 02 de Junho de 2008, na hora do evento de nevoeiro. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior).**



O campo de advecção de temperatura potencial equivalente mostrou o extremo da zona frontal sobre o litoral do estado do Rio Grande do Sul, apresentando a cidade de Porto Alegre no sector quente (Figura 34, a). Os campos de vorticidade no nível de 1000hPa dos modelos NCEP e CFSR mostraram visivelmente a ligação do sistema frontal com o ciclone barotrópico, foi possível observar a junção da vorticidade ciclônica da retaguarda do sistema frontal com a do ciclone barotrópico (Figura 34 b e c).

**Figura 34- Campos de advecção de temperatura potencial equivalente do NCEP (a), e de vorticidade do CFSR (b) e NCEP (c), do dia 29 de Junho de 2008 as 1200UTC.**



Fonte: NCEP e CFSR.

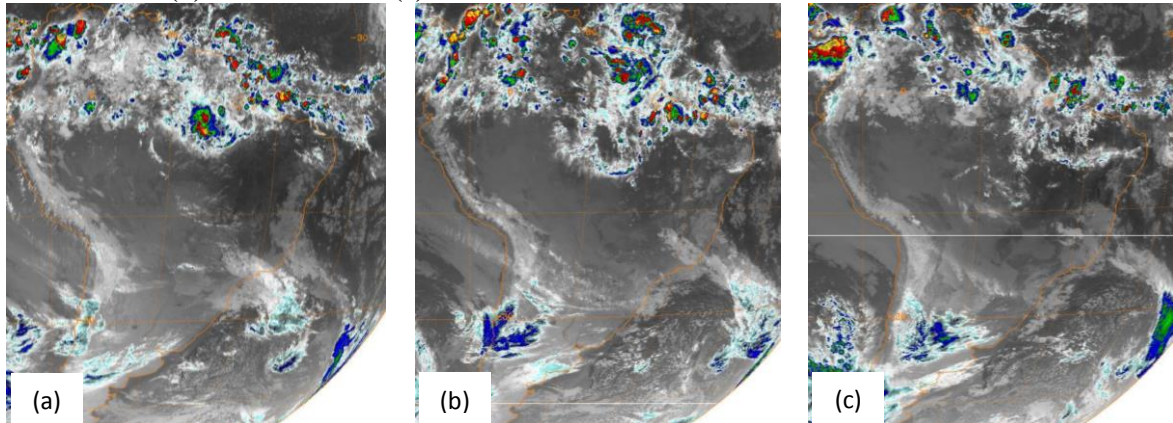
#### 4.2.4.2.3 Nevoeiro influenciado por Ciclogênese

Entre os 2 casos deste tipo de nevoeiro foi escolhido para apresentação, como exemplo, o evento ocorrido no dia 2 de Junho de 2008 por ser o que apresentou a menor visibilidade dentre os 2 (Tabela 2).

Um dia antes da formação do nevoeiro foi possível observar que a cidade de Porto Alegre estava sem nebulosidade de topo frio, apenas pequenos vestígios de nuvens com formato granuloso, que se formaram no ar frio (Figura 35, a). O ar frio, de origem polar, invadiu a região por conta de um anticiclone baroclínico que se estabeleceu na região (Figura 36, a). Este anticiclone foi observado 3 dias antes do evento de nevoeiro.

As 0000UTC do dia do evento, surgiram nuvens altas (cirros estratus) sobre Porto Alegre, as estruturas das mesmas mostravam que em altos níveis estava sob atuação de corrente de jato (Figura 35 b). Na superfície o anticiclone permanecia na região, mas a cidade de Porto Alegre estava sobre influência de um cavado proveniente do centro da Argentina. Nesta hora, Porto Alegre esta sendo influenciada por uma onda quente vinda da região central tropical da América do Sul (Figura 36, b).

**Figura 35- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC do dia 01 (a), as 0000UTC (b) e as 1200UTC (c) do dia 02 de Junho de 2008.**



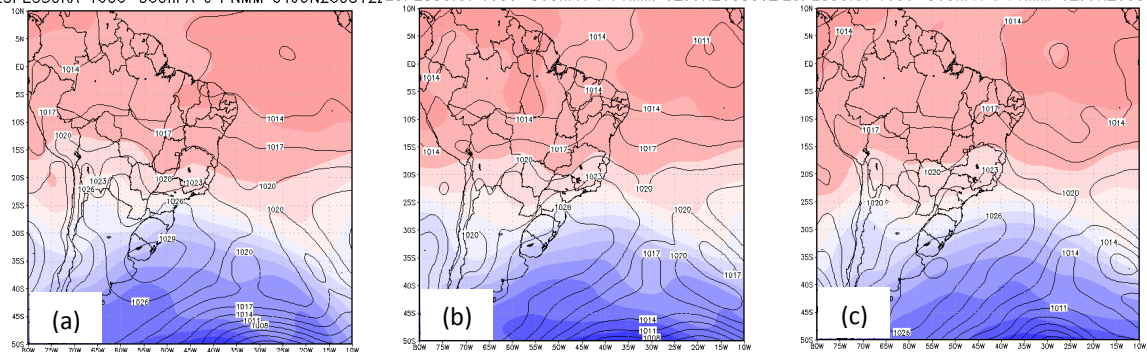
Fonte: GIBBS/NOAA.

Na hora da formação do nevoeiro, a imagem de satélite e os modelos NCEP e CFSR mostraram que o sistema frontal localizava distante da região de estudo (a leste, sobre o oceano), entretanto, o anticiclone a retaguarda do sistema frontal, visto sobre a região 12 horas antes, não influenciava a cidade de Porto Alegre na hora do nevoeiro. Os modelos mostraram que em baixos níveis Porto Alegre estava sob forte influência do cavado, vindo da região do centro da Argentina. O centro da Argentina apresentava atividade ciclogênética (Figura 36, c e f).

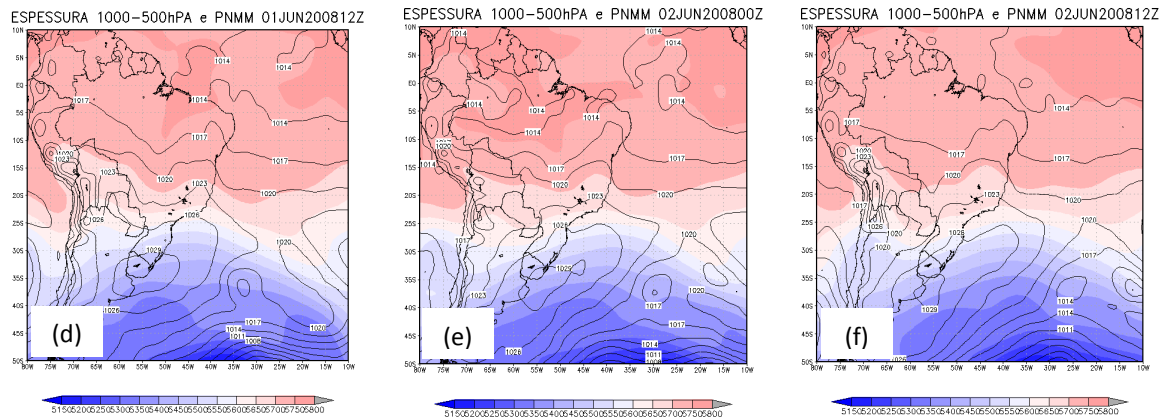
O nevoeiro se formou sob condições diferentes aos definidos por Willet (1928), Peterson (1940), Byers (1959) e Jiusto (1981). Esse episódio de nevoeiro se formou entre a massa de ar quente na vanguarda do cavado sobre o centro da Argentina e a massa de ar menos quente na retaguarda do anticiclone (Figura 36, c e f).

**Figura 36- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1200UTC do dia 01 (a) e (d), as 0000UTC (b) e (e) e as 1200UTC (c) e (f) do dia 02 de Junho de 2008, Modelo NCEP linha superior e modelo CFSR linha inferior.**

ESPESSURA 1000-500hPa e PNMM 01JUN200812; ESPESSURA 1000-500hPa e PNMM 02JUN200800Z ESPESSURA 1000-500hPa e PNMM 02JUN200812





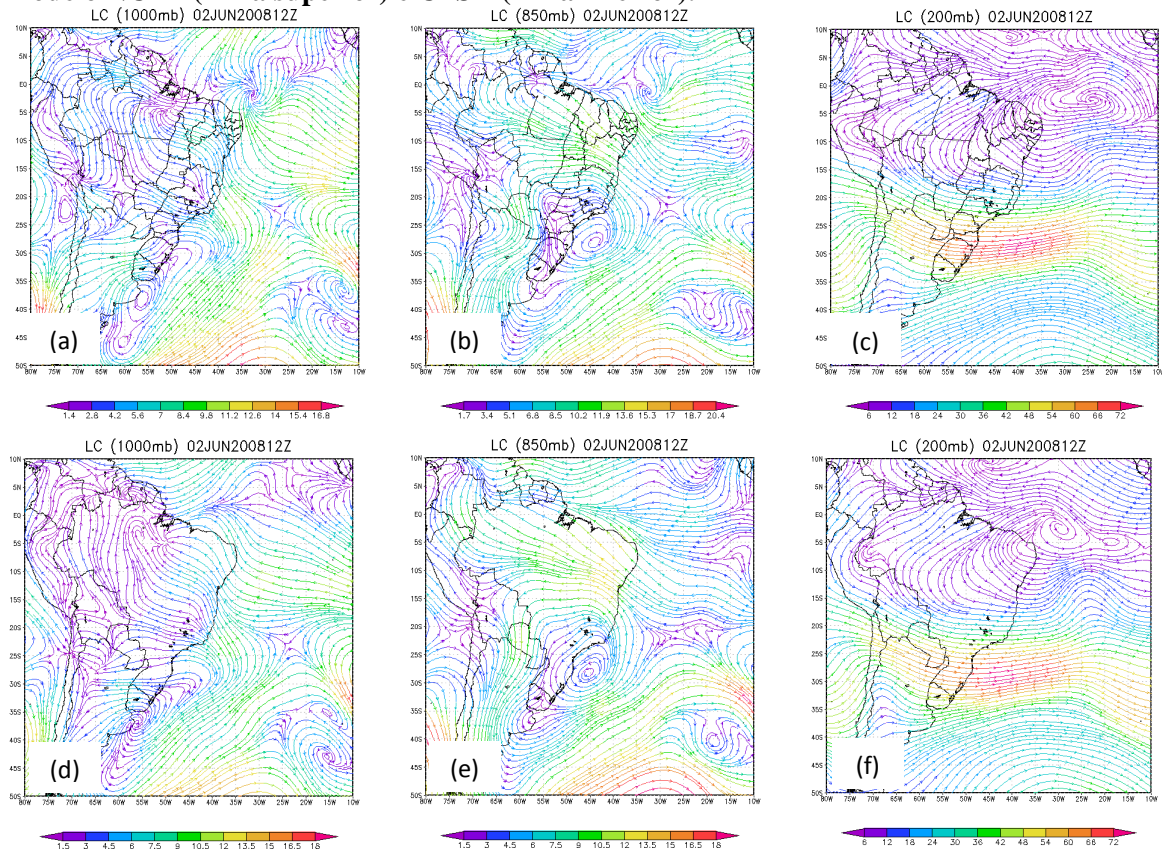


Fonte: NCEP e CFSR.

As condições da atmosfera na hora do evento foram favoráveis a intensificação da ciclogênese sobre o centro da Argentina. Os modelos mostraram que acima do cavado na superfície foram observados cavados na vanguarda e crista na retaguarda na atmosfera média (entre 850hPa e 500hPa), e também foi observado CJBN sobre a vanguarda do cavado (Figura 37, b e e). Todas essas condições são favoráveis a intensificação da ciclogênese (Fedorova 2001).

Também foram observadas corrente de jato em altos níveis que foram importantes na intensificação da ciclogênese. A entrada da corrente de jato nos altos níveis (200hPa) estava posicionada sobre a região do centro da Argentina, onde ocorria o processo ciclogenetico (Figura 37, c e f). O lado frio da entrada da corrente de jato (caracterizado por movimentos descendentes, segundo Fedorova 2001) estava posicionado na retaguarda do cavado. O movimento descendente da corrente de jato em altos níveis intensificou o movimento descendente do lado frio do cavado (Figura 37 c e f).

**Figura 37- Linhas de corrente e magnitude do vento nos níveis de 1000hPa (a) e (d), 925hPa (b) e (e) e em 200hPa (c) e (f) no dia 02 de Junho de 2008, na hora do evento de nevoeiro. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior).**



Fonte: NCEP e CFSR.

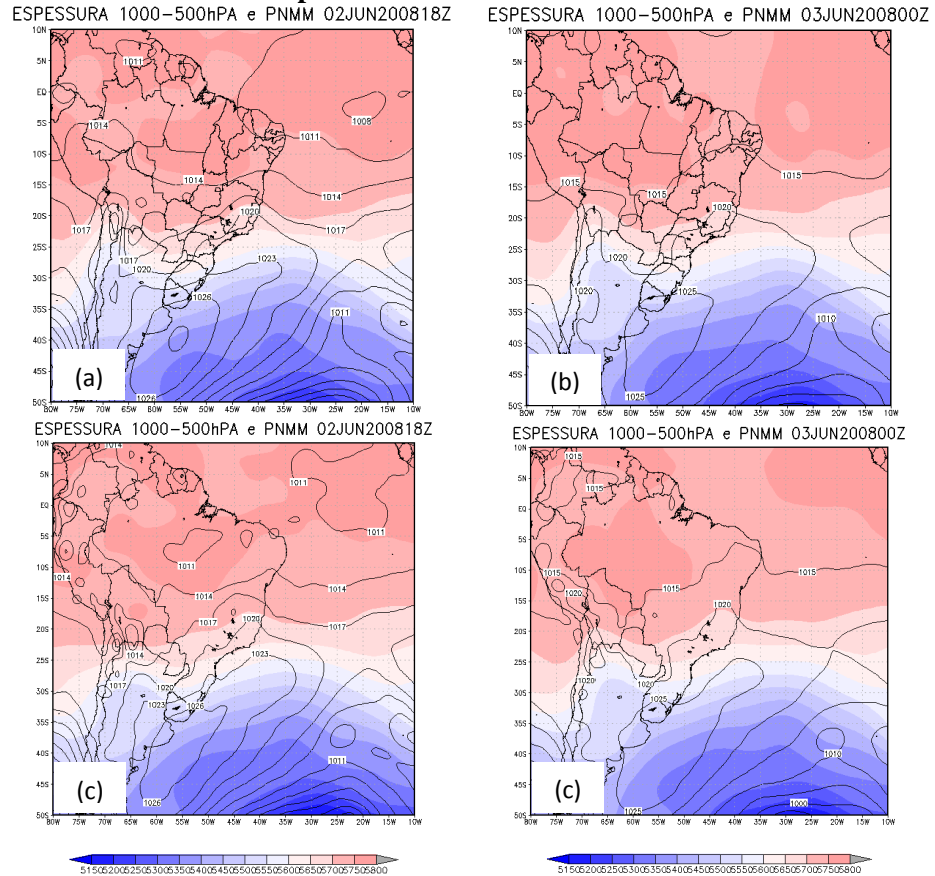
A dinâmica das condições atmosféricas descritas acima intensificaram o processo ciclogênico, que influenciou na evolução do cavado para um ciclone no estágio de onda na superfície, mostrado apenas pelo modelo NCEP as 1800UTC (Figura 38, a e c).

Nessa hora, o modelo NCEP mostrava confluência acima da onda, desde o nível 1000hPa até o nível de 850hPa, e cavado intenso com corrente de jato em 750hPa; enquanto que o modelo CFSR apresentou confluência do nível 1000hPa até 925hPa, e circulação ciclônica em 850hPa. Os dois modelos mostravam ainda a influência da crista do anticiclone sobre a região (Figura 39 a e c). No momento, o CFSR já tinha apresentado a formação do ciclone (Figura 39 a e c).

As situações atmosféricas acima da superfície continuaram as mesmas, com cavados na vanguarda e crista na retaguarda (na atmosfera média), e correntes de jato em altos níveis. Esses processos intensificaram a onda apresentada pelo modelo NCEP e o ciclone no estágio jovem do CFSR.

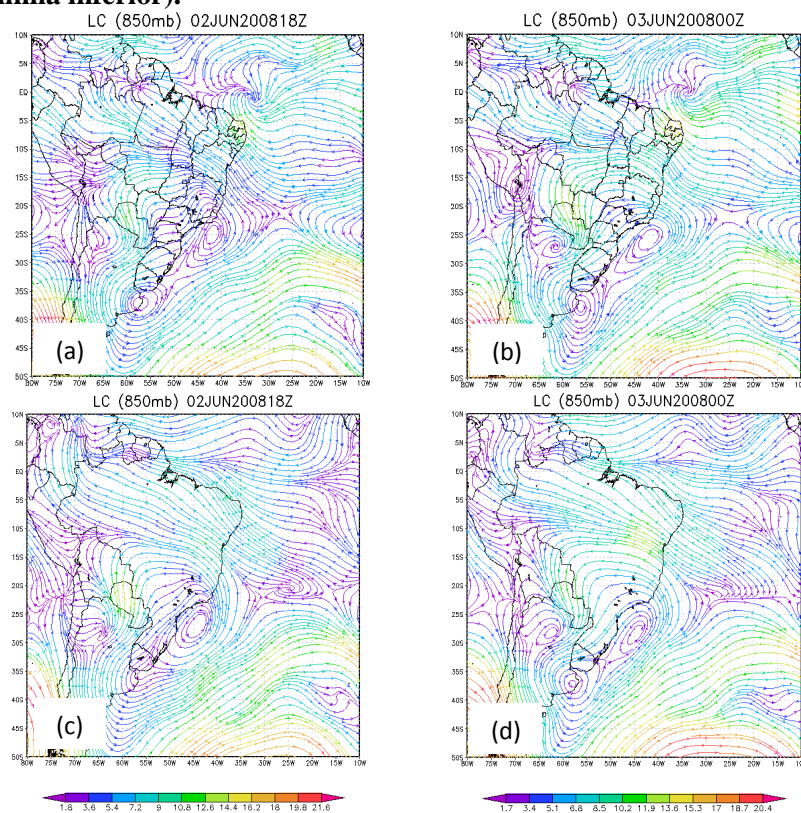
As 0000UTC do dia 03 de Junho já foi possível observar os ciclones nos dois modelos (Figura 39, b e d), e horas depois (0600UTC), os dois modelos mostravam o ciclone mais intenso sobre a região.

**Figura 38- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1800UTC do dia 02 (a) e (c), e as 0000UTC do dia 03 de Junho de 2008 Modelo NCEP linha superior e CFSR linha inferior.**



Fonte: NCEP e CFSR.

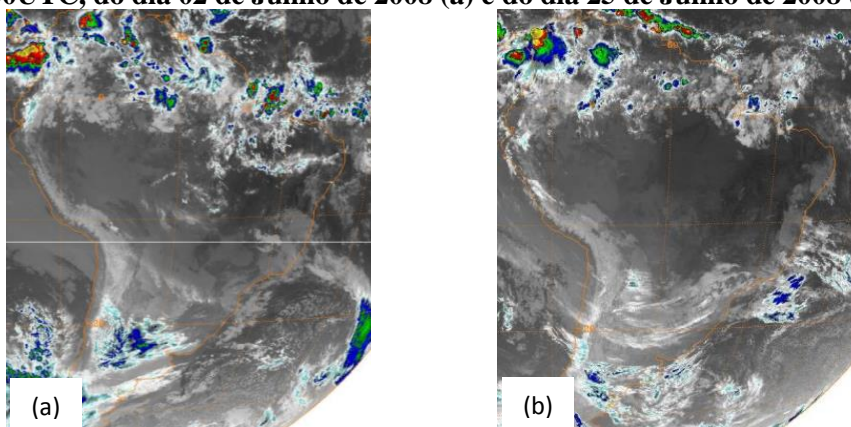
**Figura 39- Linhas de corrente e magnitude do vento nos níveis de 850hPa, as 1800UTC do dia 02 (a) e (c), e as 0000UTC do dia 03 (b) e (d) de Junho de 2008. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior).**



Fonte: NCEP e CFSR.

O outro caso de nevoeiro ciclogênico (ocorrido no dia 25 de Junho de 2008), na hora da formação do nevoeiro também mostrou condições semelhantes ao apresentado anteriormente. A imagem de satélite mostrou que sistemas frontais não influenciavam a região (Figura 40, b).

**Figura 40- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC, do dia 02 de Junho de 2008 (a) e do dia 25 de Junho de 2008 (b).**

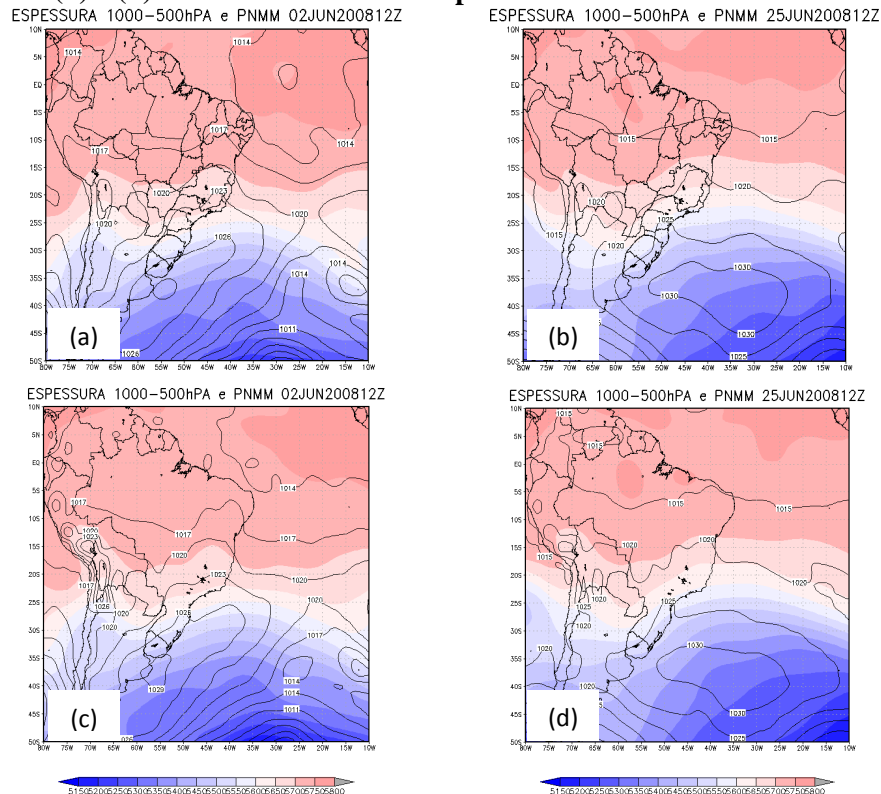


Fonte: GIBBS/NOAA



Os campos de espessura também apresentaram cavado na superfície em Porto Alegre, e um anticiclone a leste de Porto Alegre, sobre o oceano atlântico. Condições ciclogênica foi apresentada no centro da Argentina, com onda quente sobre o cavado na região (Figura 41, b e d).

**Figura 41- Espessura da camada e pressão ao nível médio do mar as 1200UTC, do dia 02 de Junho de 2008 (a) e (c) e do dia 25 de Junho de 2008 (b) e (d). Modelo NCEP linha superior e CFSR linha inferior.**

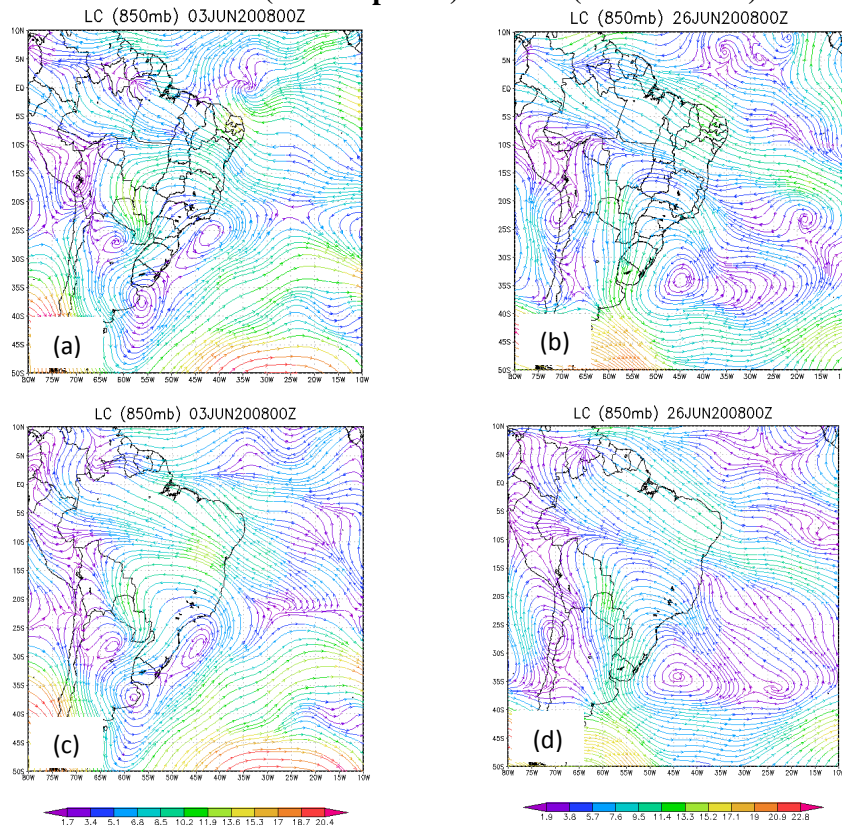


Fonte: NCEP e CFSR.

A diferença dos 2 casos ciclogênicos, foi que o caso ocorrido no dia 25 de Junho de 2008 o ciclone não chegou a desenvolver, pois as condições da atmosfera neste dia não foram favoráveis a sua intensificação (ausência de cavados na vanguarda da onda na atmosfera média, etc), que dissipou horas depois, dando lugar a uma crista do anticiclone posicionado sobre o oceano (Figura 42, b e d).



**Figura 42- Linhas de corrente e magnitude do vento nos níveis de 850hPa, as 1800UTC do dia 02 (a) e (c), e as 0000UTC do dia 03 (b) e (d) de Junho de 2008. Modelo NCEP (linha superior) e CFSR (linha inferior).**



Fonte: NCEP e CFSR.

### 4.3 Características dos nevoeiros na superfície

As características da superfície na hora da ocorrência dos nevoeiros serão descritas separadamente para cada grupo de processos sinóticos.

#### 4.3.1 Nevoeiro de radiação dentro de massa de ar

*Período de ocorrência.* A maioria dos eventos (9 casos) se formaram no período da madrugada (das 0300UTC as 0800UTC, que correspondem a 00:00TML e 05:00TML, respectivamente). Os outros 4 casos, se formaram no começo do dia (das 0900UTC as 1000UTC, que correspondem a 06:00TML e 07:00TML, respectivamente), Tabela 2. Este período é favorável a ocorrência deste tipo de nevoeiro, porque de noite e madrugada, com a ausência da radiação solar, a superfície da terra emite radiação de onda longa para o espaço,

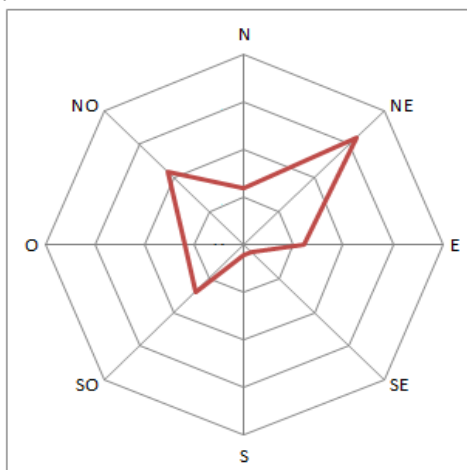
de forma que ela se esfria, e resfria o ar em contato com ela por condução, criando assim uma inversão de radiação (Piva e Fedorova 1999).

*Condições de tempo e nebulosidade.* Todos os eventos apresentaram condições favoráveis para a sua formação, de acordo com o Handbook of Aviation Meteorology (1994). Apresentaram umidade relativa alta antes da formação do nevoeiro (a maioria registrou névoa úmida), de forma que foi necessário um pequeno resfriamento para atingir a saturação. Todos estavam com pouca ou nenhuma cobertura de nuvem antes da formação do nevoeiro, de forma que o calor foi perdido pela radiação da superfície (Handbook of Aviation Meteorology, 1994), anexo C.

*Velocidade do vento.* As intensidades dos ventos na superfície foram fracas em todos os nevoeiros, na ordem de 0 a 7 nós. Esses valores de intensidade são favoráveis a formação de nevoeiro de acordo com o Handbook of Aviation Meteorology (1994), onde considera que a intensidade do vento mais favorável a formação de nevoeiro é da ordem de 2 nós a 8 nós.

*Direcção do vento.* A figura 43 apresenta a predominância da direcção do vento na hora dos nevoeiros. No geral, a predominância do vento foi de nordeste, noroeste, sudoeste e leste. Foram totalizadas 54 horas (com vento na hora dos nevoeiros), onde 13 horas foram no período da madrugada (das 0300UTC as 0800UTC, correspondendo das 00:00TML as 05:00TML, respectivamente), e 41 horas foram no período da manhã (das 0900UTC as 1200UTC, correspondendo das 06:00TML e 09:00TML, respectivamente). Entretanto, no período da madrugada, ocorreram 8 horas de nevoeiros no outono, 3 horas no inverno e 2 horas no verão. Todas as horas no outono o vento soprou de nordeste a leste (do oceano em direcção ao continente). No inverno, as 3 horas de registro de nevoeiro, o vento soprava de nordeste a sudeste. No período da manhã, depois do nascer do sol (das 0900UTC as 1200UTC, que correspondem as 06:00TML e 09:00TML) foram 19 horas de registro de nevoeiro no outono, 17 horas no inverno e 6 horas no verão. No outono, a maioria das horas (12 horas) o vento soprou de sudoeste a noroeste (do continente em direcção ao oceano), as restantes horas soprou de nordeste a leste, vindo do oceano (brisa diurna). No inverno, a maioria das horas (15 horas) o vento soprou de nordeste a leste, também do oceano para o continente (brisa diurna), o vento soprou de noroeste em 2 horas. Já no verão, o vento soprou de oeste a norte.

**Figura 43- Distribuição de frequência da direcção do vento no período de registro dos nevoeiros de radiação ocorridos em Porto Alegre.**



Fonte: REDEMET.

*Temperatura e pressão.* As amplitudes diárias da pressão variaram entre os valores de 3hPa a 5hPa. Somente o caso que dia antes passou um sistema frontal na região (ocorrido no dia 04 de Agosto de 2009) é que a amplitude diária da pressão foi de 7hPa. A amplitude térmica diária foi de 10°C a 16°C no geral.

#### 4.3.2 Nevoeiro frontal

##### a) Extremidade Frontal com ou sem o ciclone barotrópico

*Período de ocorrência.* Os nevoeiros influenciados pela extremidade de um sistema frontal, com ou sem o ciclone térmico, em Porto Alegre, 4 deles se formaram no período da noite e madrugada, das 0200UTC as 0700UTC (das 23:00TML as 04:00TML), 4 se formaram no período da manhã, das 0900UTC as 1100UTC (das 06:00TML as 08:00TML).

*Condições de tempo e nebulosidade.* A baixa visibilidade horas antes da formação dos nevoeiros, na maioria dos eventos, se deu devido a ocorrência de chuva e chuvisco. Foram registradas precipitações pluviométrica no dia anterior a ocorrência de nevoeiro, em 9 casos (em 1 caso ocorreu chuva fraca e nevoa umida depois do nevoeiro, em 2 casos ocorreram chuvisco com névoa umida momentos depois do nevoeiro, em 1 caso ocorreu chuvisco com o nevoeiro, e em 1 caso observou-se chuva forte com trovoadas no dia anterior ao evento, e no final do dia do evento também foi registrado chuva com trovoadas). A nevoa umida também

influenciou na baixa visibilidade horas antes dos eventos, pois em 7 dos 10 casos de nevoeiros frontais, foram registrados névoa umida momentos antes da ocorrência do nevoeiro. Na maioria dos nevoeiros frontais, momentos antes da formação do nevoeiro foram observadas nuvens abaixo de 5000 pés, com excessão de 3 casos (anexo C).

*Velocidade do vento.* A intensidade do vento variou entre 0 nós a 7 nós. Esses valores de intensidade são favoráveis a formação de nevoeiro (Handbook of Aviation Meteorology, 1994).

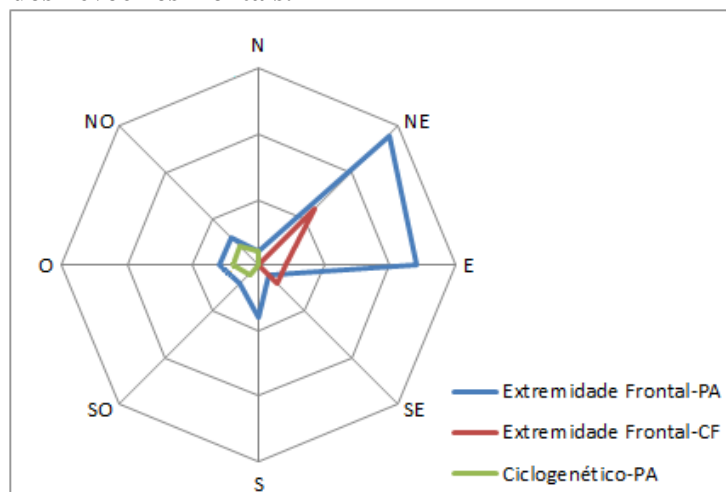
*Direcção do vento.* As predominâncias da direcção do vento na hora da ocorrência dos nevoeiros são apresentadas na figura 44. Em 40 horas de registro de nevoeiro em Porto Alegre, a predominância da direcção do vento foi de nordeste a leste em 28 horas, mostrando que o vento foi de origem oceânica. Em 12 horas o vento variou de sul a noroeste (Figura 44).

*Temperatura e pressão.* A amplitude diária da pressão em todos os nevoeiros de extremidade frontal foram compreendidas entre os valores de 2hPa a 8hPa. A amplitude térmica diária foi de 4°C a 13°C.

#### b) Influenciado por Ciclogênese

Os nevoeiros ciclogénéticos se formaram no período da manhã, das 1000UTC as 1100UTC (07:00TML as 08:00TML). Em 1 caso foi observado névoa umida antes da formação do nevoeiro e em outro não foi observado nenhum fenómeno. A velocidade do vento alcançou somente valor de 2 nós, com a direcção do vento de sudoeste a noroeste, com predominância de oeste a noroeste. As amplitudes diária da pressão foram de 4hPa para os dois casos e a térmica diária foi entre 8°C a 14°C.

**Figura 44- Distribuição de frequência da direção do vento no período de registro dos nevoeiros frontais.**



Fonte: REDEMET.

#### **4.4 Estrutura vertical da troposfera nos eventos de nevoeiro**

A estrutura vertical da troposfera no momento da ocorrência dos nevoeiros serão descritas separadamente em cada região de estudo.

##### **4.4.1 Cidade de Porto Alegre**

A estrutura vertical da troposfera dos eventos ocorridos em Porto Alegre serão descritas separadamente de acordo a cada situação sinótica.

##### **4.4.1.1 Nevoeiro de radiação dentro de massa de ar**

Os perfis verticais de temperatura e umidade, condições de estabilidade até o nível de 800hPa, dos dados observados de radiossonda e dos dados de reanálise e previsão do CFSR na hora de ocorrência dos nevoeiros de radiação estão apresentados na Tabela 8 e 9.

De acordo com André e Marht (1981), o nevoeiro é um fenômeno da baixa atmosfera, e tem sua existência na Camada Limite Planetária (CLP). Os perfis do CFSR não contém informações de superfície (apenas a 2 metros na previsão), enquanto que, os dados observados são a partir da superfície. Mesmo assim, apresentaram as seguintes características:

- Os perfis observados apresentaram camada umida apenas em baixos níveis (WMO, 2008), com a maior espessura umida da superfície até 925hPa, o maior valor de umidade foi na superfície, variando de 99% a 100%. Os perfis de reanálise do CFSR, em 8 casos apresentaram atmosfera seca (a partir de 1000hPa) e em 5 casos

apresentaram atmosfera úmida com o máximo de umidade variando de 80% a 89%. Os perfis de previsão (a partir de 2 metros), mostraram 6 casos com atmosfera seca na hora do nevoeiro (um caso mostrou umidade 6 horas antes do nevoeiro), e 7 casos com atmosfera úmida em baixos níveis, com o valor de umidade entre 80% a 89% (3 casos foram observados umidade na superfície, onde 1 mostrou maior valor de umidade 6 horas antes, com valor de 96.9%, no momento do nevoeiro).

- Todos os perfis, tanto os observados como os do CFSR mostraram camada seca em médios e altos níveis. Nos observados, em 10 casos mostraram inversão de radiação na superfície ou próximo, e 3 mostraram camada isotérmica na superfície ou próximo. Todos (13 casos) apresentaram inversão de subsidência em baixos níveis (na camada entre a superfície até 800hPa). Nos perfis de reanálise, em 9 casos mostraram inversão de subsidência e 1 caso mostrou camada isotérmica, enquanto que os de previsão mostraram 6 casos com inversão de subsidência e 2 casos com camada isotérmica.
- Os perfis observados apresentaram até 8 estratificações de condições de estabilidade na baixa atmosfera (até 800hPa), onde as camadas abaixo de 950hPa foram estáveis ou condicionalmente estáveis, com finas camadas instáveis acima de 950hPa em 4 eventos. Os perfis do CFSR (previsão e reanálise) mostraram até 3 estratificações, a primeira camada foi estável na maioria dos casos, excepto 1 caso que foi condicionalmente estável.

A maioria dos perfis acima descritos (excepto os perfis do CFSR que não mostram informação da superfície) estiveram de acordo com a definição introduzida por Peterson (1940), notando que as condições necessárias para a ocorrência de nevoeiros de radiação envolvem: umidade relativa alta ( $UR \geq 95\%$ ), céu limpo (ou levemente nublado), ausência de vento e estratificação estável da atmosfera; também estiveram de acordo com os dois perfis estabelecidos por Piva e Fedorova (1999), que mostravam camada seca em médios e altos níveis e camada de inversão e úmida em baixos níveis.

**Tabela 8- Condições de umidade da atmosfera na hora dos eventos (1200UTC), para os nevoeiros de radiação ocorridos em Porto Alegre, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. 2m: dois metros; \*maior umidade na superfície; -- seco; / não se sabe se é contínuo.**

Data	Camada úmida (hPa)			Umidade relativa (%)		
	RADIOSSONDA	CFSR-1	CFSR-2	RADIOSSONDA	CFSR-1	CFSR-2
18/04/2008	1020-999 hPa e 929-925hPa	1000hPa	1000hPa	99*	80	80
20/04/2008	1018-977 hPa	1000hPa	2m/1000h	100*	89	89

			Pa			
17/05/2008	1020-1008hPa	--	--	100*	--	--
05/07/2008	12h: 1019-983hPa	06h: 1000hPa 12h: -	06h: 2m/10 00hPa 12h: 2m	100*	06h: 88 12h: -	06h: 96.9* 12h: 82.7*
15/07/2008	1024-1016hPa	--	--	100*	--	--
26/08/2008	1022-950hPa	1000- 950hPa	2m/1000- 975hPa	100*	86	85
27/08/2008	1016-987hPa	--	--	100*	--	--
03/03/2009	1015-925hPa	1000- 950hPa	2m/1000- 950hPa	100*	89	88
03/05/2009	1018-990hPa	--	--	100*	--	--
10/05/2009	1016-1000hPa	1000hPa	1000hPa	100*	84	84
19/06/2009	1019-986hPa	--	--	100*	--	--
20/06/2009	1019-1012hPa	06h: - 12h: -	06h: 2m 12h: -	100*	06h: - 12h: -	06h: 82.6* 12h: -
04/08/2009	1023-1000hPa	--	2m	100*	--	82.2*

Fonte: Wyoming e CFSR.

**Tabela 9- Condições de estabilidade na baixa troposfera na hora dos eventos (1200UTC), para os nevoeiros de radiação ocorridos em Porto Alegre, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. It: isotermia, Is: Inversão de subsidência, Ir: Inversão de radiação, E: estável, CI: condicional instável, I: absolutamente instável, Obs: Radiossonda.**

Data	Instabilidade			Nível de Inversão/Isotermia
	RADIOSSONDA	CFSR-1	CFSR-2	
18/04/2008	E: 1020-981 hPa CI: 981-945 hPa I: 945-925 hPa E: 925-906 hPa CI: 906-886 hPa I: 886-819 hPa	E: 1000-950hPa CI: 950-800hPa	E: 1000-950 hPa CI: 950-800 hPa	Obs, It: 1020-1000 hPa Is: 1000-981 hPa Is: 925-906 hPa CFSR-1, Is: 1000-950hPa CFSR-2, It: 1000-975hPa
20/04/2008	CI: 1018-1000hPa E: 1000-985hPa CI: 985-94 hPa E: 945-881 hPa CI: 881-812 hPa	E: 1000-850hPa CI: 850-800hPa	E: 1000-900 hPa CI: 900-800 hPa	Obs, Ir: 1000-985 hPa Is: 945-925 hPa It: 926-925 hPa CFSR-1, Is: 1000-975hPa CFSR-2, ---
17/05/2008	E: 1020-948 hPa I: 948-944 hPa CI: 944-863 hPa E: 863-833 hPa	E: 1000-950hPa CI: 950-825hPa E: 825-800hPa	E: 1000-950 hPa CI: 950-800 hPa	Obs, Ir: 1020-1008 hPa Is: 1008-948 hPa It: 1008-1000 hPa Is: 863-833 hPa It: 854-850 hPa CFSR-1, Is: 1000-975hPa It: 975-950hPa CFSR-2, Is: 1000-975hPa Is: 825-800hPa
05/07/2008	CI: 1019-997hPa E: 997-936hPa CI: 936-921hPa I: 921-850hPa	E: 1000-925hPa CI: 925-800hPa	E: 1000-950 hPa CI: 950-800 hPa	Obs, Ir: 997-995hPa Is: 983-936hPa CFSR-1, Is: 1000-950hPa CFSR-2, Is: 1000-950hPa
15/07/2008	E: 1024-960hPa CI: 960-850hPa	E: 1000-950hPa CI: 950-800hPa	E: 1000-950hPa CI: 950-800hPa	Obs, Ir: 1024-1016hPa Is: 1000-960hPa CFSR-1, Is: 1000-975hPa CFSR-2, Is: 1000-975hPa
26/08/2008	E: 1022-839hPa	E: 1000-800hPa	E: 1000-800hPa	Obs, Ir: 1022-994hPa

				Is: 950-927hPa Is: 901-863hPa Is: 850-839hPa CFSR-1, Is: 925-875hPa CFSR-2, Is: 925-875hPa
27/08/2008	CI:1016-1007hPa E: 1007-1000hPa CI: 1000-979hPa E: 979-921hPa CI: 921-894hPa I:894-874hPa E:874-856hPa CI:856-812hPa	E: 1000-825hPa CI: 825-800hPa	E: 1000-825hPa CI: 825-800hPa	Obs, Ir: 1007-1000hPa Is: 979-921hPa Is: 874-856 hPa CFSR-1, Is:1000-900hPa CFSR-2, Is:1000-900hPa
03/03/2009	CI:1015-1000hPa E: 1000-962hPa CI: 962-850hPa E: 850-807hPa	CI: 1000-975hPa E: 975-800hPa	CI: 1000-975hPa E: 975-900hPa CI:900-800hPa	Obs, It: 1001-1000hPa Ir: 1000-962hPa It: 865-850hPa Is: 850-807hPa CFSR-1, --- CFSR-2, ---
03/05/2009	CI:1018-1003hPa E: 1003-947hPa CI: 947-820hPa	E: 1000-925hPa CI: 925-800hPa	E: 1000-925hPa CI: 925-800hPa	Obs, It: 1003-1000hPa It: 990-981hPa Is: 981-947hPa CFSR-1, Is: 1000-950hPa CFSR-2, It: 975-950hPa
10/05/2009	E: 1016-925hPa CI: 925-895hPa E: 895-887hPa CI: 887-815hPa	E: 1000-800hPa	E: 1000-800hPa	Obs, Ir: 1016-1000hPa It: 1000-975hPa Is: 975-949hPa It: 926-925hPa It: 895-894hPa Is: 894-887hPa CFSR-1, --- CFSR-2, ---
19/06/2009	E: 1019-959hPa CI: 959-856hPa E: 856-825hPa CI: 825-806hPa	E: 1000-950hPa CI: 950-900hPa E: 900-800hPa	E: 1000-950hPa CI: 950-850hPa E: 850-800hPa	Obs, Ir: 1019-1000hPa Is: 986-959hPa Is: 856-825hPa CFSR-1, Is: 1000-975hPa CFSR-1, Is: 850-800hPa CFSR-2, Is:1000-975hPa Is: 850-800hPa
20/06/2009	E: 1019-912hPa CI: 912-850hPa E: 850-804hPa	E: 1000-800hPa	E: 1000-800hPa	Obs, Ir: 1019-1012hPa Is: 1000-934hPa It: 934-925hPa Is: 925-912hPa Is: 850-804hPa CFSR-1, Is: 1000-950hPa Is: 850-800hPa CFSR-2, Is:1000-950hPa
04/08/2009	E: 1023-991hPa CI: 991-950hPa E: 950-898hPa CI: 898-850hPa	E: 1000-825hPa CI: 825-800hPa	E: 1000-825hPa CI: 825-800hPa	Obs, Ir: 1023-1000hPa It: 950-929hPa Is: 929-898hPa CFSR-1, Is: 925-875hPa CFSR-2, Is: 925-875hPa

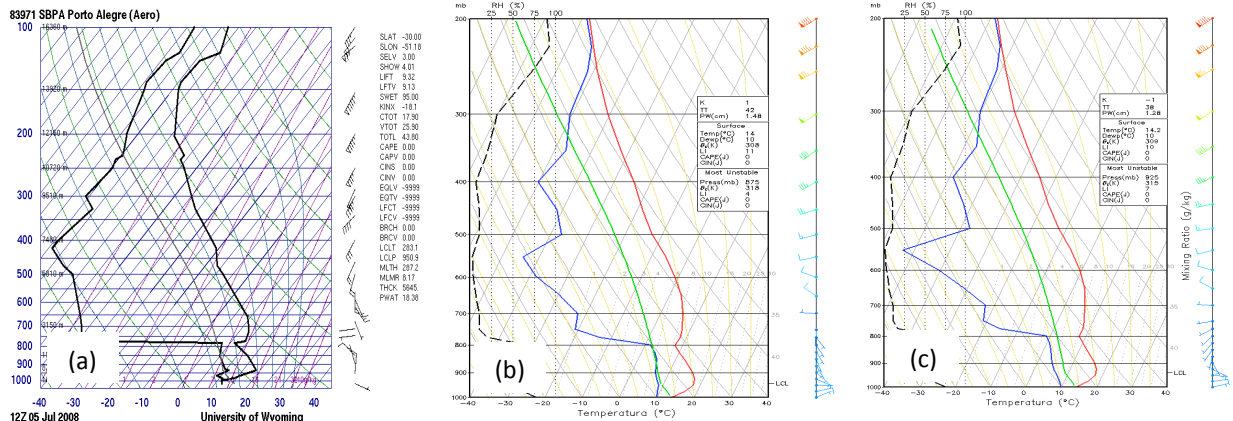
Fonte: Wyoming e CFSR.



Os perfis das Figuras 45 e 46 mostram condições da atmosfera na hora dos nevoeiros de radiação. Os da Figura 45 apresentam os perfis do evento que registrou-se a maior duração (05 de Julho de 2008). O perfil observado esta de acordo aos perfis do *tipo I* encontrados por Piva e Fedorova (1999). As condições encontradas nos perfis observados e nos de reanálise e previsão do CFSR foram:

- 1) *Camada umida.* O perfil observado apresentou camada umida da superfície até o nível de 983hPa com umidade relativa máxima de 100%, e camadas secas no restante da atmosfera. O perfil de reanálise do CFSR não dispõe de informações abaixo de 1000hPa, mas a partir deste nível até 200hPa a atmosfera esteve seca como no perfil de previsão, mas a previsão apresentou umidade a 2 metros, que apresentou um valor de umidade relativa igual a 82,7% (6 horas antes o umidade a 2 metros foi de 96.6%).
- 2) *Inversão.* O perfil observado apresentou inversão de radiação de 997hPa até 996hPa e inversão de subsidência de 983hPa até 936hPa, enquanto que os perfis do CFSR apresentaram apenas inversão de subsidência de 1000hPa até 950hPa.
- 3) *Instabilidade.* O perfil observado mostrou 4 estratificações de condições de instabilidade com a primeira acamada condicional e a segunda estável, enquanto que os perfis do CFSR mostraram 2 estratificações, com a primeira estável e a segunda condicional.

**Figura 45- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanálise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 05 de Julho de 2008 as 1200UTC na cidade de Porto Alegre.**

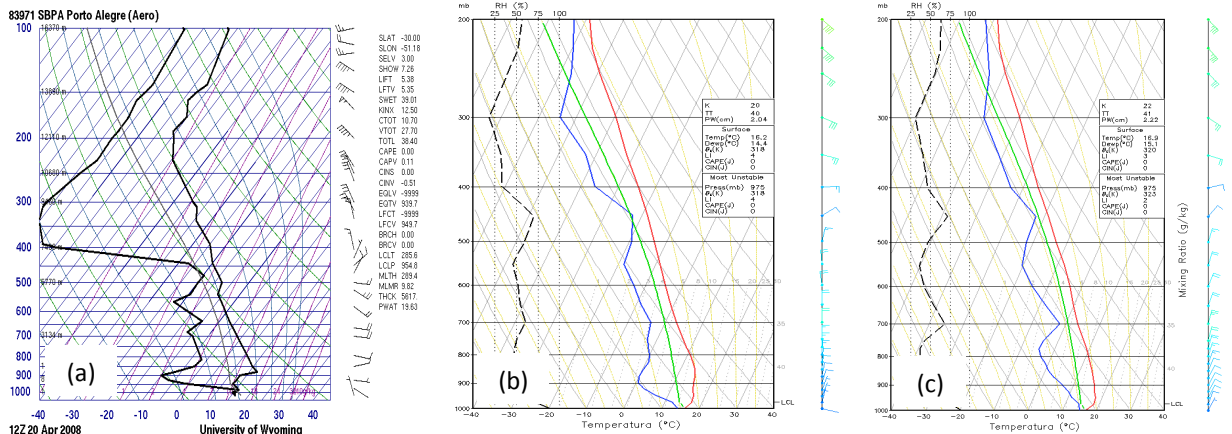


Fonte: Wyoming e CFSR.

O perfil observado do dia 20 de Abril de 2008 esta de acordo aos do *tipo II* de Piva e Fedorova (1999). As características dos perfis observados e do CFSR foram:

- 1) *Camada umida*. O perfil observado apresentou camada umida da superfície até o nível de 977hPa, com a máxima umidade de 100%, e seco nos níveis superiores. Os perfis do CFSR apresentaram umidade em 1000hPa, com o valor de 89%, também seco nos níveis superiores.
- 2) *Inversão*. O perfil observado apresentou inversão de radiação de 1000hPa até 985hPa, inversão de subsidência de 945hPa até 925hPa e camada isotérmica de 926hPa até 925hPa. Apenas o perfil de reanálise do CFSR apresentou inversão de subsidência de 1000hPa até 975hPa.
- 3) *Instabilidade*. O perfil observado apresentou 5 estratificações de condições de instabilidade, com a primeira camada condicional e a segunda estável, enquanto que os perfis do CFSR mostraram 2 estratificações, com a primeira estável e a segunda condicional.

**Figura 46- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanálise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 20 de Abril de 2008 as 1200UTC na cidade de Porto Alegre.**



Fonte: Wyoming e CFSR.

#### 4.4.1.2 Nevoeiro Frontal

As condições da atmosfera na hora dos nevoeiros causados pela extremidade de um sistema frontal (com ou sem o ciclone barotrópico) e pela formação de um ciclone no centro da Argentina estão nas Tabelas 10 e 11. A seguir apresenta-se as condições dos perfis observados e do CFSR para todos os nevoeiros frontais ocorridos em Porto Alegre.

a) Nevoeiro de extremidade frontal e ciclone barotrópico

- Os perfis observados apresentaram espessura úmida da superfície até níveis elevados, a maior espessura úmida foi da superfície até o nível de 729hPa (aproximadamente 2737 metros), com o maior valor de umidade de 100%, excepto para 1 caso onde foi 99%; esses valores foram observados todos na superfície. Os perfis de reanálise e previsão do modelo CFSR também mostraram espessuras úmidas profundas, com a maior espessura da superfície até 750hPa. Os valores máximos de umidade foram de 91% a 96% na reanálise, e de 89 a 99% na previsão, na maioria dos casos o valor foi observado acima da superfície, excepto em 1 caso.
- Os perfis observados mostraram até 4 estratificações de condições de instabilidade na baixa atmosfera (até 800hPa), em 2 casos sobre condições de estabilidade na camada em contato com a superfície, em 4 casos a primeira camada apresentada foram condicionalmente instável, e em 2 casos foram absolutamente instável. Os perfis do CFSR apresentaram até 3 estratificações de condições de instabilidade, em 6 casos a primeira camada foi estável, e os restantes (2 casos) a primeira camada foi condicional instável.
- Nos perfis observados, em 3 casos não observou-se camadas de inversão ou isotérmicas, em 1 caso observou-se uma fina camada de inversão de radiação com inversão de subsidência acima, em 2 casos observou-se uma fina camada de inversão de radiação com camada isotérmica acima, em 1 caso observou-se camada isotérmica com uma fina camada de inversão de radiação e de subsidência, e em 1 caso observou-se somente uma camada de inversão de subsidência. Os perfis do CFSR mostraram 2 casos com inversão de subsidência, 1 caso com camada isotérmica e 5 casos sem camadas de inversão ou isotérmica.

a) Nevoeiro Ciclogénico

Os perfis observados apresentaram espessuras úmida atingindo níveis até 839hPa com o máximo da umidade de 100% na superfície, apresentaram no máximo 3 estratificações, com camadas estáveis e condicionais, em 1 caso observou-se uma camada de inversão de subsidência e no outro uma camada de inversão de radiação acompanhada com duas camadas de inversão de subsidência acima.

Os perfis do CFSR apresentaram espessuras úmida que atingiram níveis máximo de 850hPa, com valores máximos de umidade entre 94% a 97%, com 3 estratificações de condições de instabilidade, onde a primeira camada foi estável em 1 caso e instável no outro caso. Os perfis do CFSR não mostraram nenhum tipo de inversão ou camada isotérmica.

**Tabela 10- Condições de umidade da atmosfera na hora dos eventos (1200UTC), para os nevoeiros frontais ocorridos em Porto Alegre, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. 2m: dois metros; \*maior umidade na superfície; -- seco; / não se sabe se é contínuo.**

Data	Camada Úmida			Umidade relativa (%)		
	RADIOSSONDA	CFSR-1	CFSR-2	RADIOSSONDA	CFSR-1	CFSR-2
02/06/2008	1026-1000hPa e 927-839hPa	900- 850hPa	900-850hPa	100*	97	94
25/06/2008	1025-1000hPa	1000- 950hPa	2m/1000- 950hPa	100*	95	95
29/06/2008	1022-832hPa	1000- 775hPa	2m/1000- 825hPa	100*	94	94
02/07/2008	1022-1000hPa e 751-652hPa	1000- 950hPa e 800- 700hPa	2m/1000- 950hPa e 800-775hPa	100*	93	89
04/07/2008	1021-925hPa e 865-828hPa	1000- 975hPa e 875- 825hPa	2m/1000hPa e 875- 800hPa	100*	96	99
20/08/2008	1016-930hPa e 640hPa	1000hPa	2m/1000hPa	100*	91	91.4*
24/04/2009	1018-850hPa e 727hPa	1000- 750hPa	1000- 750hPa	100	94	94
26/04/2009	1017-971hPa	-	-	100*	-	-
13/05/2009	1010-953hPa e 724hPa	1000 850- 750hPa	2m/1000hPa e 900-750	100*	93	96
10/07/2009	1015- 729hPa	1000- 750hPa e 350hPa	2m/1000- 700hPa	100*	95	95

Fonte: Wyoming e CFSR.

**Tabela 11- Condições de instabilidade na baixa troposfera na hora dos eventos (1200UTC), para os nevoeiros frontais ocorridos em Porto Alegre, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. It: isotermia, Is: Inversão de subsidência, Ir: Inversão de radiação, E: estável, CI: condicional instável, I: absolutamente instável, Obs: Radiossonda.**

Data	Instabilidade			Nível de Inversão/Isotermia
	RADIOSSONDA	CFSR-1	CFSR-2	
02/06/2008	E: 1026-967hPa CI: 967-824hPa	E: 1000-975hPa CI: 975-875hPa E: 875-800hPa	E: 1000-975 hPa CI: 975-875 hPa E: 875-800 hPa	Obs, Is: 1000-975 hPa CFSR-1, --- CFSR-2, ---
25/06/2008	E: 1025-963hPa CI: 963-816hPa E: 816-803hPa	I: 1000-975hPa E: 975-925hPa CI: 925-800hPa	I: 1000-975 hPa E: 975-925 hPa CI: 925-800 hPa	Obs, Ir: 1025-1000hPa Is: 1000-963hPa Is: 816-803hPa

				CFSR-1, --- CFSR-2, ---
29/06/2008	CI: 1022-994hPa E: 994-982hPa CI: 982-832hPa	CI: 1000-975 hPa E: 975-950hPa CI: 950-900hPa E: 900-800hPa	CI: 1000-975 hPa E: 975-950hPa CI: 950-900 hPa E: 900-800hPa	Obs, --- CFSR-1, It: 975-950hPa CFSR-2, ---
02/07/2008	E: 1015-915hPa CI: 915-850hPa	E: 1000-900hPa CI: 900-800hPa	E: 1000-900hPa CI: 900-800hPa	Obs, Ir: 1015-1000hPa Is: 1000-984hPa Is: 931-915hPa CFSR-1, Is: 950-900hPa CFSR-2, Is: 950-900hPa
04/07/2008	CI:1021-970hPa E: 970-925hPa CI: 925-900hPa I: 900-828hPa	E: 1000-950hPa CI: 950-825hPa E: 825-800hPa	E: 1000-950hPa CI: 950-825hPa E: 825-800hPa	Obs, Ir: 970-958hPa It:927-925hPa CFSR-1, --- CFSR-2, Is: ---
20/08/2008	I: 1016-1010hPa CI:1010-953hPa E: 953-902hPa CI:902-820hPa	E: 1000-925hPa CI: 925-800hPa	E: 1000-925hPa CI: 925-800hPa	Obs, --- CFSR-1, Is:1000-950hPa CFSR-2, Is: 1000-950hPa
24/04/2009	E: 1018-958hPa CI: 958-850hPa E: 850-837hPa	CI: 1000-975hPa E: 975-900hPa CI: 900-800hPa	CI: 1000-975hPa E: 975-900hPa CI: 900-800hPa	Obs, Ir: 1018-1000hPa It: 1000-958hPa It: 850-838hPa CFSR-1, --- CFSR-2, It: 975-950hPa
26/04/2009	CI:1017-1000hPa E: 1000-987hPa CI:987-944hPa E: 944-907hPa CI: 907-815hPa	E: 1000-900hPa CI: 900-800hPa	E: 1000-950hPa CI: 950-800hPa	Obs, It: 1000-996hPa Ir: 996-987hPa Is: 944-907hPa CFSR-1, --- CFSR-2---
13/05/2009	CI: 1010-990hPa E: 953-911hPa CI: 911-812hPa	E: 1000-925hPa CI: 925-800hPa	E: 1000-950hPa CI:950-800hPa	Obs, Is: 953-911hPa CFSR-1,--- CFSR-2, ---
10/07/2009	I: 1015-1005hPa E: 1005-906hPa CI: 906-826hPa	E: 1000-900hPa CI: 900-850hPa E: 850-800hPa	E: 1000-900hPa CI: 900-850hPa E: 850-800hPa	Obs, --- CFSR-1, --- CFSR-2, ---

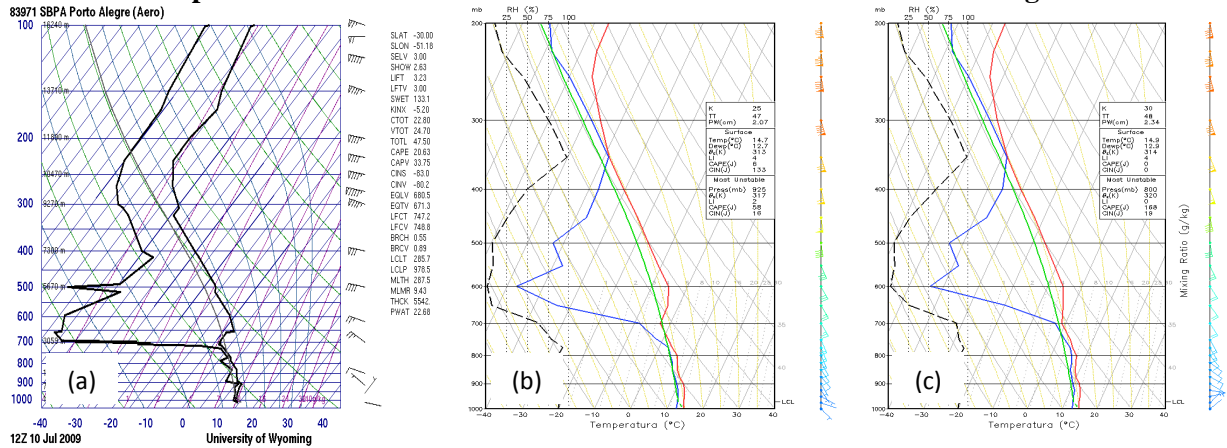
Fonte: Wyoming e CFSR.

Nos nevoeiros frontais (extremidade frontal com ou sem o ciclone barotrópico e o ciclogénico) os perfis observados apresentaram características de umidade semelhantes (Tabela 10). A seguir são apresentadas as condições da atmosfera apresentadas pelos perfis da Figura 47, na hora do nevoeiro causado pela extremidade de um sistema frontal, ocorrido no dia 10 de Julho de 2009:

- 1) *Camada umida.* O perfil observado apresentou espessura umida profunda, da superfície até o nível de 729hPa, com a máxima umidade de 100%. O perfil de reanálise do CFSR apresentou umidade de 1000hPa até 750hPa, enquanto que o de previsão mostrou até 700hPa, com umidade máxima de 95%. Os dois perfis apresentaram mais uma camada umida em 350hPa.

- 2) *Inversão*. Nenhum perfil apresentou inversões ou camada isotérmica.
- 3) *Instabilidade*. Os 3 perfis apresentaram 3 estratificações. O observado apresentou a primeira camada absolutamente instável com as de cima, estável, e condicional. Os perfis do CFSR apresentaram a primeira camada estável, a segunda condicional e a última estável.

**Figura 47- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanálise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 10 de Julho de 2009 as 1200UTC na cidade de Porto Alegre.**



#### 4.4.2 Cidade de Confins

As condições dos perfis verticais de temperatura e umidade na hora que ocorreram os nevoeiros em Confins estão nas Tabelas 12 e 13. Todos os perfis observados apresentaram espessura úmida profunda, da superfície até níveis 400hPa (maior espessura úmida do estudo nos perfis observados). Os modelos CFSR também apresentaram espessura úmida profunda, da superfície até 200hPa (maior espessura úmida do estudo nos perfis do CFSR). A umidade relativa máxima variou de 98% a 100% nos perfis das duas fontes (NCEP e CFSR).

Em 2 casos os perfis observados apresentaram inversão de radiação (1 deles com inversão de subsidência), e 1 caso sem nenhum tipo de inversão. Os perfis do CFSR apresentaram inversão de subsidência apenas em 1 caso.

Os perfis observados apresentaram 2 estratificações de condições de instabilidade, em todos os casos a primeira camada foi estável e a segunda condicional. O CFSR apresentou 2 casos em que a atmosfera esteve condicionalmente estável da superfície até 800hPa, em um caso a atmosfera esteve condicional na primeira camada e estável na segunda camada.

**Tabela 12- Condições de umidade da atmosfera na hora dos eventos (0000UTC e 1200UTC), para os nevoeiros ocorridos em Confins, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. 2m: dois metros; \*maior umidade na superfície; -- seco; / não se sabe se é contínuo.**

Data	Camada umida (hPa)			Umidade relativa (%)		
	RADIOSSONDA	CFSR-1	CFSR-2	RADIOSSONDA	CFSR-1	CFSR-2
15/12/2008	919-400hPa	900-400hPa	2m/900-250hPa	99*	99	100
18/12/2008	921-800hPa e 700-522hPa	900-500hPa	2m/900-200hPa	98*	99	100
29/06/2009	923-910hPa	925-875hPa	2m/925-875hPa	100*	98	99

Fonte: Wyoming e CFSR.

**Tabela 13- Condições de instabilidade na baixa troposfera na hora dos eventos (0000UTC e 1200UTC), para os nevoeiros ocorridos em Confins, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), dados de reanálise (CFSR-1) e de previsão (CFSR-2) do modelo CFSR. It: isotermia, Is: Inversão de subsidência, Ir: Inversão de radiação, E: estável, CI: condicional instável, I: absolutamente instável, Obs: Radiossonda.**

Data	Instabilidade			Nível de Inversão/Isotermia
	RADIOSSONDA	CFSR-1	CFSR-2	
15/12/2008	E: 919-910hPa CI: 910-800hPa	CI: 900-800hPa	CI: 900-800hPa	Obs, Ir: 919-910 hP CFSR-1, --- CFSR-2, ---
18/12/2008	E: 921-898hPa CI: 881-800hPa	CI: 900-800hPa	CI: 900-800hPa	Obs, --- CFSR-1, --- CFSR-2, ---
29/06/2009	E: 923-898 CI: 898-800hPa	CI: 925-875hPa E: 875-800hPa	CI: 925-875hPa E: 875-800hPa	Obs, Ir: 923-910hP Is: 900-898hPa CFSR-1, Is: 875-850hPa CFSR-2, Is: 875-850hPa

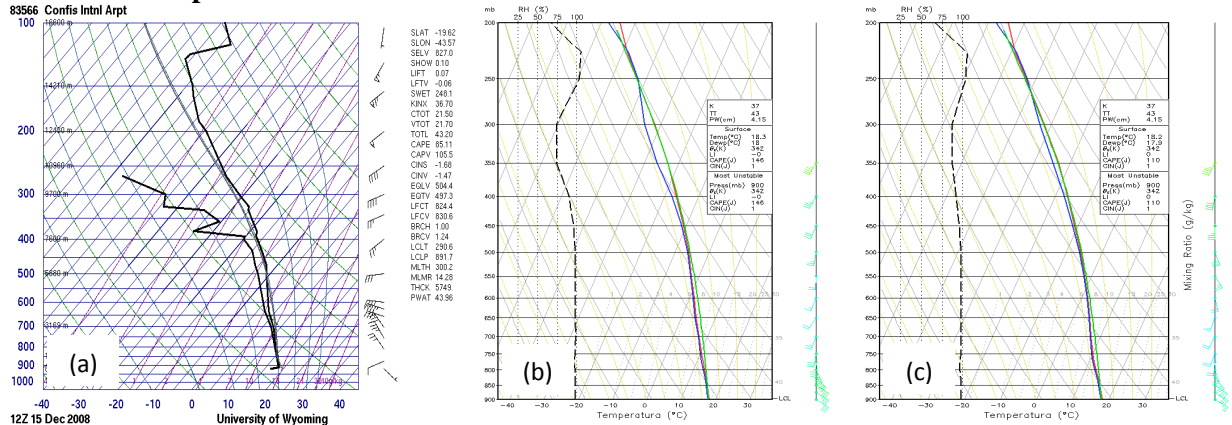
Fonte: Wyoming e CFSR.

A seguir é apresentado o perfil que apresentou a maior espessura umida em Confins, que também foi a maior de todo o estudo. As condições atmosférica da Figura 48 estão a seguir:

- 1) *Camada umida.* A observação da radiossonda apresentou espessura úmida da superfície até 400hPa, com o máximo de umidade de 99%. O perfil de reanálise do CFSR apresentou umidade da superfície até o nível de 400hPa, com a máxima umidade de 99%, enquanto que na previsão a espessura umida atingiu o nível de 250hPa com umidade máxima 100%.

- 2) *Inversão*. O perfil observado mostrou inversão de radiação da superfície até 910hPa. Os perfis do CFSR não mostraram inversão.
- 3) *Instabilidade*. O perfil observado mostrou uma camada estável em contato com a superfície e acima uma camada condicional, enquanto que os do CFSR apresentaram apenas uma camada condicional.

**Figura 48- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanálise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 15 de Dezembro de 2008 as 1200UTC na cidade de Confins.**



Fonte: Wyoming e CFSR.

#### 4.4.3 Nordeste Brasileiro (NEB)

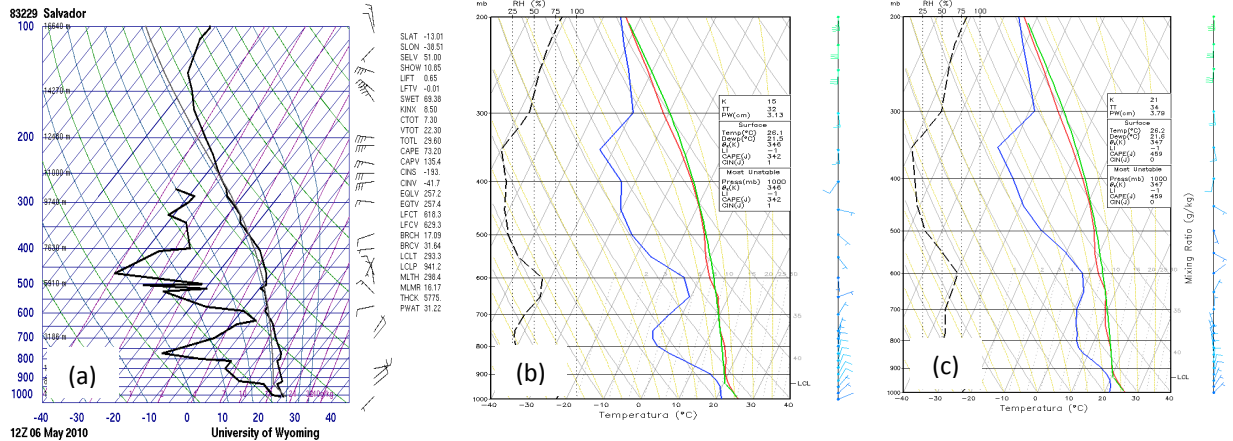
##### 4.4.3.1 Cidade de Salvador

A análise das condições da atmosfera na cidade de Salvador foram feitas 2 horas depois do evento, as características da baixa troposfera nesse horário, mostradas nos perfis da figura 49, estão a seguir:

- 1) *Camada úmida*. O perfil observado apresentou espessura úmida da superfície até 1000hPa, com umidade máxima de 95%. Os perfis do CFSR apresentaram espessura úmida de 975hPa até 925hPa (reanálise) e de 950hPa até 925hPa (previsão), os valores de umidade máxima foram de 85% e 88% para a reanálise e previsão, respectivamente.
- 2) *Inversão*. O perfil observado mostrou inversão de subsidência de 936hPa até 919hPa. Os perfis do CFSR não mostraram inversão.
- 3) *Instabilidade*. Os 3 perfis apresentaram 3 estratificações, todas com a primeira camada condicional e acima uma estável e por ultimo uma camada condicional.



**Figura 49- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanálise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 06 de Maio de 2010 as 1200UTC na cidade de Salvador.**



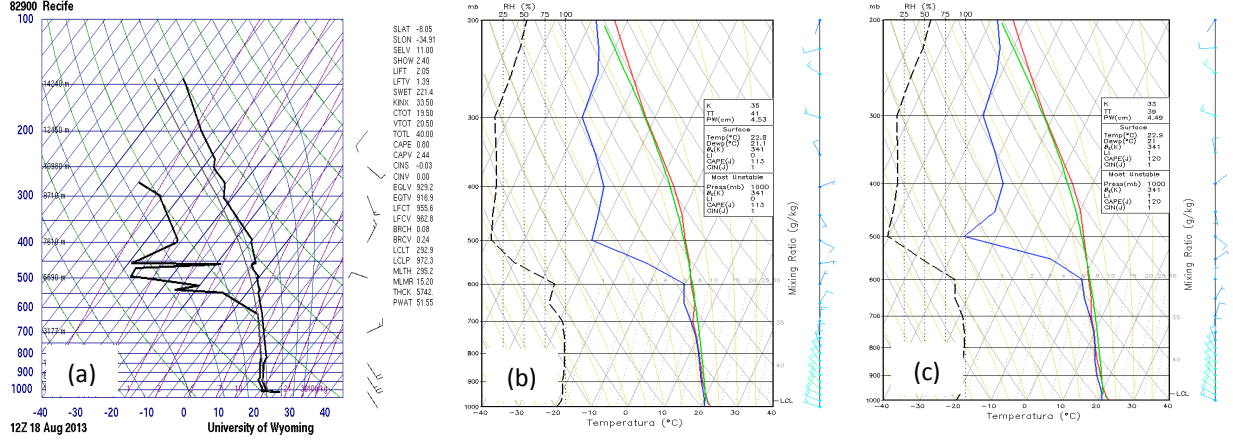
Fonte: NCEP e CFSR.

### 4.4.3.2 Cidade de Recife

A análise das condições da atmosfera na cidade de Recife foram feitas 3 horas antes do evento, as características mostradas nos perfis da Figura 50, estão a seguir:

- 1) *Camada umida.* No observado a espessura umida foi da superfície até o nível de 626hPa, com umidade máxima de 96%. Os perfis do CFSR mostraram camada umida do nível 1000hPa até 600hPa (desde 2m na previsão), com umidade máxima de 99%.
- 2) *Inversão.* Os perfis não mostraram nenhum tipo de inversão
- 3) *Instabilidade.* O perfil observado mostrou camada absolutamente instável da superfície até o nível de 101hPa, e uma camada condicionalmente instável acima (até o nível de 821hPa). Os do CFSR mostraram camada condicionalmente instável de 1000hPa até 800hPa (Figura 50).

**Figura 50- Perfil de temperatura e de umidade (a) observado, (b) reanálise e (c) previsão do modelo CFSR para o dia 13 de Agosto de 2013 as 1200UTC na cidade de Recife.**



Fonte: NCEP e CFSR.

## **4.5 Previsão com o modelo PAFOG**

Todos os eventos escolhidos foram simulados usando o modelo PAFOG, independentemente dos critérios estabelecido por Bott e Trautmann (2002). No geral, o maior tempo de antecedência de previsão foi de 23 horas, apenas em um caso. O tempo predominante foi de 21 horas de antecedência (4 casos), seguido de 22 e 20 horas de antecedência, respectivamente (3 casos). O tempo mínimo de previsão foi de 1 hora.

Fedorova (2015) notou que o modelo PAFOG é influenciado significativamente pelos processos dinâmicos e termodinâmicos, portanto, são apresentados a seguir, as condições de inicialização dos perfis de umidade, do vento geostrófico e velocidade vertical acima da camada limite (Tabela 14 e anexo D). São apresentados os resultados das previsões feitas pelo modelo PAFOG em geral, e também, detalhadamente os eventos que foram estudados as condições sinóticas anteriormente e alguns que apresentaram características singulares..

### **4.5.1 Condições de inicialização**

As condições de umidade na atmosfera ajuda-nos a compreender os processos sinóticos actuantes (anticiclone/crista ou ciclone/cavado) na hora da inicialização das previsões. Foi necessário levar em conta nas análises das condições de inicialização a máxima altura que os nevoeiros atingem (400 metros, ajustado no PAFOG), como critério de um bom resultado do modelo (Bott e Trautmann, 2002). São apresentadas as condições de inicialização de cada cidade separadamente e também de acordo ao tipo de nevoeiro.

#### **4.5.1.1 Cidade de Porto Alegre**

##### **4.5.1.1.1 Nevoeiro de Radiação**

###### **4.5.1.1.1.1 Inicializações feitas no Anticiclone**

###### **a) Condições de umidade**

Os perfis de radiossonda observados não apresentaram inicializações com atmosfera seca. Entretanto, os perfis do CFRS apresentaram 5 casos que as inicializações foram feitas com a atmosfera seca, as 1200UTC e 1800UTC do dia anterior, e 3 casos as 1800UTC do dia anterior. Nesses casos a umidade das inicializações a seguir surgiram apenas na superfície (Tabela 14).

Todos os perfis observados, utilizados nas inicializações das previsões apresentaram as seguintes características:

- 1) Os perfis que apresentaram 2 camadas úmidas nas inicializações das 1200UTC do dia anterior, a camada superficial foi mais rasa, variando de um único nível até camadas abaixo de 400 metros, com a maior umidade registrada na superfície (valores entre 98% e 100%). A próxima inicialização, a camada úmida superior diminuiu de profundidade ou dissipou. Para alguns casos que no dia anterior observou-se nevoeiros ou nevoa úmida persistente, o valor da umidade na superfície manteve, em outros casos o valor diminuiu.
- 2) Perfis que as 1200UTC do dia anterior a camada úmida foi da superfície até 1000hPa (abaixo de 400 metros), com a umidade máxima observada na superfície (entre 95 e 100%); 12 horas depois, a camada ou nível úmido localizou-se acima do nível 995hPa (abaixo de 400 metros), com a umidade máxima variando entre 84% a 95%.
- 3) Perfis que as 1200UTC do dia anterior a espessura úmida foi a partir da superfície até um determinado nível (não definido), com a umidade máxima registrada na superfície (entre 96% a 99%); a inicialização a seguir, a umidade máxima permaneceu na superfície, com valor inferior a da inicialização anterior, e a espessura úmida diminuiu de profundidade, ou se reduziu a apenas à superfície.
- 4) E por último, as 1200UTC do dia anterior a espessura úmida foi da superfície até níveis acima de 1000hPa, com a umidade máxima registrada na superfície (com valor de 100%); 12 horas depois, a camada úmida aumentou ou diminuiu de profundidade, com a umidade máxima registrada acima da superfície.

Os restantes perfis do CFSR inicializados apresentaram as seguintes características:

- 1) Perfis que apresentaram camada úmida acima de 1000hPa (acima de 400 metros), com umidade relativa menor que 90% (as 1200UTC e 1800UTC do dia anterior), nas inicializações a seguir, a umidade surgiu apenas na superfície (umidade acima de 90%).
- 2) Perfis que apresentaram espessura úmida da superfície até 900hPa ou menos (mas acima de 400 metros), com a umidade máxima na superfície, com ou sem uma camada úmida acima de 875hPa. As próximas inicializações a espessura diminuiu de profundidade, até se concentrar apenas na superfície.

### b) Vento geostrófico e velocidade vertical acima da CLP

O vento geostrófico acima da camada limite inicializado no modelo nas previsões com os perfis observados, variaram de 1,5m/s a 19,9m/s. Quando inicializado com perfis do CFSR variaram de 0,9m/s a 11,8m/s. As magnitudes superiores a 5,9m/s, foram as influenciadas por confluência ou extremidade de sistemas frontais (fraca influência), anexo D.

Nas inicializações com o perfil observado, a velocidade vertical variou de ascendente (0,117m/s a 7,135m/s) a descendente (0,014m/s a 2,016m/s). Com os perfis do CFSR, variou de ascendente (0,082m/s a 5,788m/s) a descendente (0,001m/s a 4,204m/s), anexo D.

**Tabela 14- Condições de umidade da atmosfera na hora das inicializações das previsões com o modelo PAFOG, para os nevoeiros ocorridos dentro de massa de ar, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), e de previsão do modelo CFSR (CFSR). 2m: dois metros; \*maior umidade na superfície; -- seco; xxx: radiossonda indisponível / não se sabe se é contínuo.**

Data	CFSR		RADIOSSONDA	
	Camada umida	Umidade (%)	Camada umida	Umidade (%)
18/04/2008	21h:975 -850hPa 15h:900-875hPa 09h: 1012hPa 03h: 1012hPa	21h: 87 15h: 83 09h: 97 03h: 100*	21h:1020-963hPa 09h: 945-856hPa	21h: 100* 09h: 93
20/04/2008	20h: --- 14h: --- 08h: 1009hPa 02h: 1008hPa-1000hPa	20h: --- 14h: --- 08h: 90 02h: 100*	20h:1018-1000hPa 08h:1017-975hPa	20h: 99* 08h: 89*
17/05/2008	20h: --- 14h: --- 08h: 1012hPa 02h: 1012hPa	20h: --- 14h: --- 08h: 98 02h: 99	20h:1021-999hPa 08h: 837hPa	20h: 95* 08h: 84
15/07/2008	19h: --- 13h: --- 07h: 1014hPa 01h: 1015hPa	19h: --- 13h: --- 07h: 92* 01h: 89*	19h: 1021- 1013hPa e 700- 691hPa 07h:1022-1015hPa e 746hPa	19h: 98* 07h: 86*
26/08/2008	21h: 1012/1000-925hPa 15h: --- 09h: 1013/1000-975hPa 03h: 1012/1000-975hPa	21h: 92 15h: --- 09h: 100* 03h: 100*	21h:1020-971hPa 09h:1020hPa e 976hPa	21h: 100* 09h: 80*
27/08/2008	22h: 1013/1000-975hPa 16h: --- 10h: 1010/1000hPa 04h: 1008/1000hPa	22h: 85 16h: --- 10h: 100* 04h: 98*	22h:1022-950hPa 10h:1018-938hPa	22h: 100* 10h: 89
03/03/2009	19h: 800-500hPa 13h:1004/1000-975hPa e 850-600hPa 07h:1005hPa e 800- 650hPa 01h: 1006/1000hPa	19h: 89 13h: 98 07h: 98 01h: 100*	19h:1011-911hPa e 790-485hPa 07h: xxx	19h: 99* 07h: xxx
03/05/2009	18h: 850-825hPa 12h: ---	18h: 80 12h: ---	18h:1020-1013hPa 06h:1018-1010hPa	18h: 96* 06h: 83*

	06h: 1010hPa	06h: 91*		
10/05/2009	20h: --- 14h: --- 08h: 1008hPa 02h: 1007/1000hPa	20h: --- 14h: --- 08h: 90* 02h: 99*	20h: 1017-959hPa 08h: 1016-982hPa	20h: 100* 08h: 95
19/06/2009	19h: 1013/1000-900hPa 13h: 950-900hPa 07h: 1012/1000hPa 01h: 1011 hPa	19h: 91* 13h: 89 07h: 100* 01h: 98*	19h: 1021-835hPa 07h: 1020-984hPa	19h: 99* 07h: 98*
20/06/2009	17h: --- 11h: --- 05h: 1009hPa	17h: --- 11h: --- 05h: 91*	17h: 1019-986hPa 05h: 1015-996hPa	17h: 100* 05h: 83

Fonte: Wyoming e CFSR.

#### 4.5.1.1.1.2 Exemplo do caso de maior duração

##### a) Condições de Umidade

- Inicialização com o CFSR

O caso de maior duração foi o ocorrido no dia 05 de Julho de 2008. Devido a duração deste evento (11,42 horas), foram feitas apenas 3 inicializações (as 1200UTC, 1800UTC do dia anterior, e 0000UTC do dia do evento). Foi aproveitada a previsão inicializada as 0600UTC do evento do dia 04 de Julho (nevoeiro de extremidade frontal), entretanto, só se estendeu até as 0600UTC do dia 05 de Julho (não cobriu todo evento).

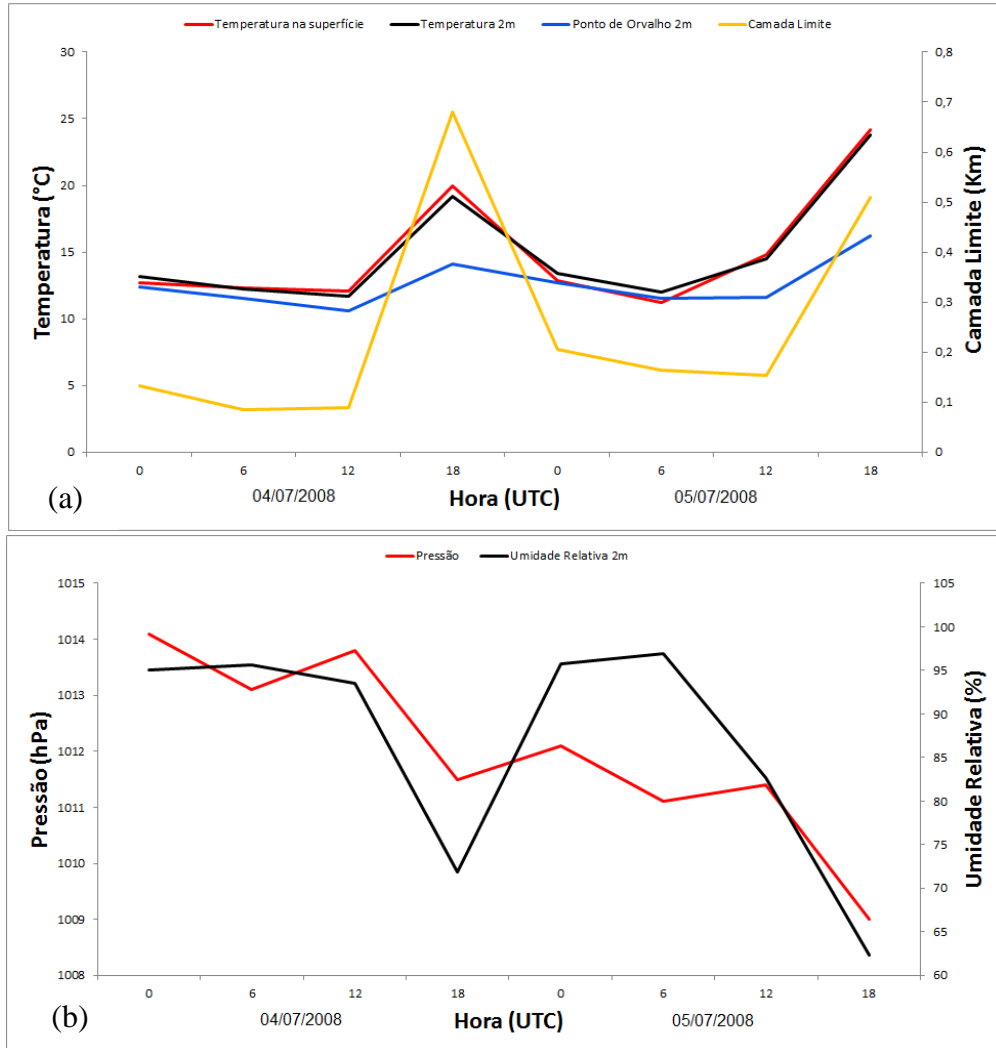
Os dados das variáveis de superfície do CFSR utilizados nas inicializações do PAFOG estão na Figura 51, a e b. As 0600UTC do dia anterior se formou um nevoeiro de extremidade frontal. Nessa hora a umidade na altura de 2 metros foi de 95.6 % (inicialização foi com nevoeiro). A temperatura na superfície foi maior que a temperatura à 2 metros em todo o período do nevoeiro causado pela extremidade de um sistema frontal (7,0 horas).

A inicialização das 1200UTC do dia anterior (15 h de antecedência) foi feita no momento que o nevoeiro (de extremidade frontal) dissipativa-se, os dados de superfície mostraram umidade relativa igual a 93.5%, e o perfil mostrou espessura úmida de 1000hPa até 975hPa (de 181 metros até 394 metros), acima teve mais uma camada úmida de 875hPa até 800hPa. O maior valor de umidade (99%) foi observado na camada acima (Figura 51 e 52, b).

A altura da camada limite foi maior as 1800UTC, nesta inicialização (09h de antecedência), a umidade relativa à 2 metros foi a menor registrada do dia, com o valor de 71.9% (mas depois da extrapolação do ponto de orvalho de 2 metros para superfície a umidade inicializada no PAFOG foi de 68.9%). Neste momento o perfil mostrou camada

umida no nível de 950hPa (602 metros) com valor de 81%, e mais uma camada umida de 875hPa até 850hPa com valor máximo de 84% (Figura 52, c).

**Figura 51- Dados das variáveis de superfície de temperatura e camada limite (a), pressão (b) e variáveis a 2 metros de temperatura e ponto de orvalho (a) e umidade relativa (b) do modelo CFSR para o caso ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 em Porto Alegre.**

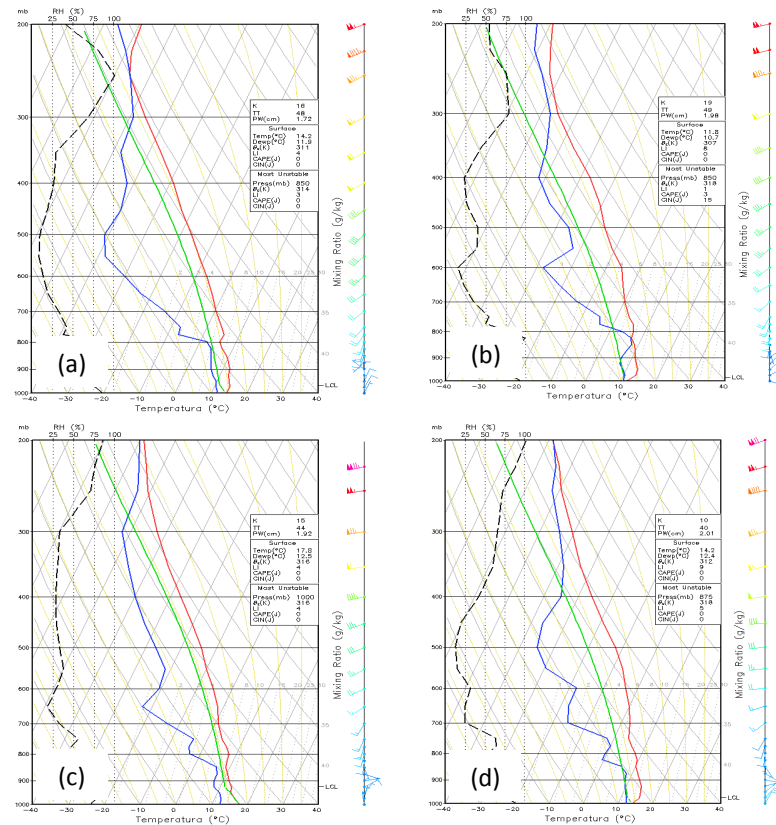


Fonte: CFSR.

Na inicialização feita as 0000UTC do dia do evento (3h de antecedência), os dados de superfície mostravam que a temperatura na altura de 2 metros foi maior que na superfície (13.45°C e 12.94°C, respectivamente), mostrando assim a fase de resfriamento da superfície que formou o nevoeiro de radiação (Figura 51, a). O perfil inicializado mostrou umidade no nível de 1000hPa (168 metros), com valor de 89%, e mais um nível umido em 875hPa com valor de 80%. Os dados de superfície mostraram que nesta hora a maior umidade foi à 2 metros com valor de 95.7% (devido o resfriamento da superfície), e quando extrapolado o ponto de orvalho a umidade inicializada no PAFOG foi de 98.73%.

Os dados de superfície do CFSR mostraram o nevoeiro de radiação, pois na maioria do período de nevoeiro (das 0300UTC as 1300UTC) a temperatura a 2 metros foi maior que a temperatura na superfície, excepto na fase final do nevoeiro (Figura 51).

**Figura 52-** Perfis de temperatura e umidade do modelo CFSR usados para inicializações do modelo PAFOG para as previsões de 21h (a), 15h (b), 09h (c) e 03h (c) de antecedência do evento ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre.



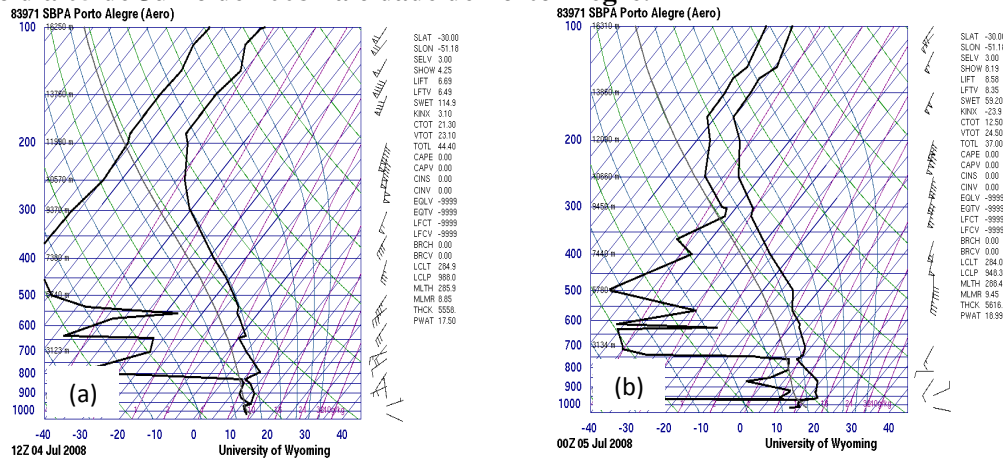
Fonte: CFSR.

- Inicialização com o perfil observado

O perfil observado inicializado com 15 horas de antecedência apresentou espessura úmida profunda, da superfície até o nível de 925hPa (835 metros). A umidade máxima foi observada na superfície com valor de 100%, e no final da camada os valores foram abaixo de 90% (a partir de 754 metros). Esse perfil mostrou mais uma camada úmida a partir de 865hPa até 828hPa com valor de umidade igual a 93% (Figura 53, a).

Com 03 horas de antecedência o perfil observado mostrou umidade da superfície até 971hPa (413 metros), o valor máximo de umidade foi 100% em 3 níveis da camada úmida, incluindo o da superfície e o topo da camada. Os restantes foram de 99% (Figura 53, b).

**Figura 53- Perfil de temperatura e umidade observado, usado para inicialização do modelo PAFOG na previsão de 15h (a) e 03h(b) de antecedência do evento ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre.**



Fonte: Wyoming.

## b) Vento geostrófico e velocidade vertical acima da CLP

O vento geostrófico acima da camada limite foi inicializado com valores de 4,0m/s, 4,9m/s, 3,4m/s e 8,9m/s nas inicializações com os perfis do CFSR de 21, 15, 09 e 03 horas de antecedência, respectivamente. Com os perfis observados os ventos geostróficos foram de 3,6m/s e 7,3m/s, com 15 e 03 horas de antecedência, respectivamente (anexo D).

A velocidade vertical variou de ascendente (de 0,656m/s a 1,053m/s) e descendente (-0,584m/s) nas inicializações com os perfis do CFSR. Com os perfis observados a velocidade vertical foi unicamente ascendente (de 0,162m/s a 1,750m/s), anexo D.

### 4.5.1.1.3 Inicializações com sistemas frontais

O único caso de nevoeiro de radiação que as inicializações foram feitas no momento que um sistema frontal influenciava a região foi o ocorrido no dia 04 de Agosto de 2009. A seguir, são apresentadas as situações sinóticas e termodinâmica das inicializações:

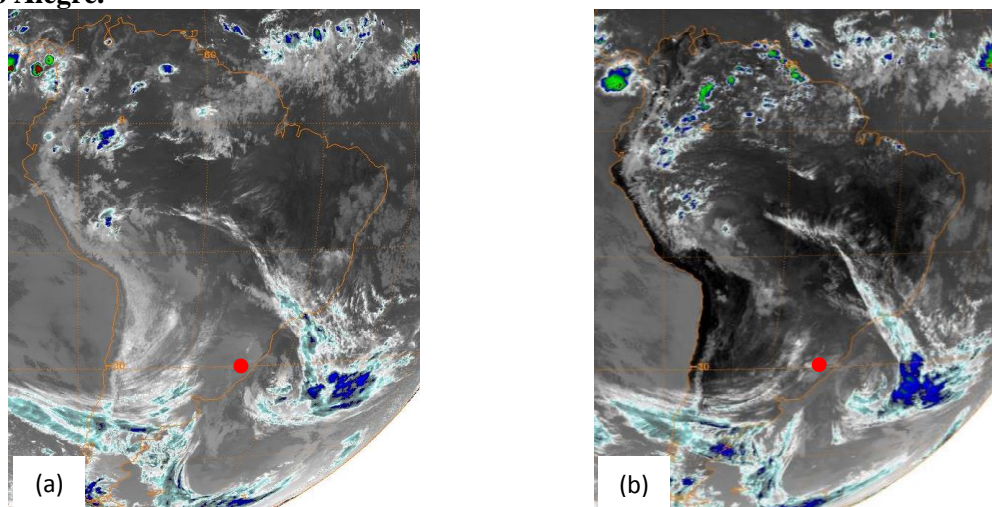
#### 1) Condições sinóticas na hora das inicializações

Na primeira inicialização (1200UTC do dia anterior), atmosfera estava sobre influência de corrente de jato causada pela forte confluência (a sul da região) de um anticiclone e um ciclone do sistema frontal que saia da região (Figura 54 e 55, a). As imagens de satélite das 1200UTC e 1800UTC do dia anterior, mostram nebulosidade de um sistema frontal perto da região (Figura 54, a e b).



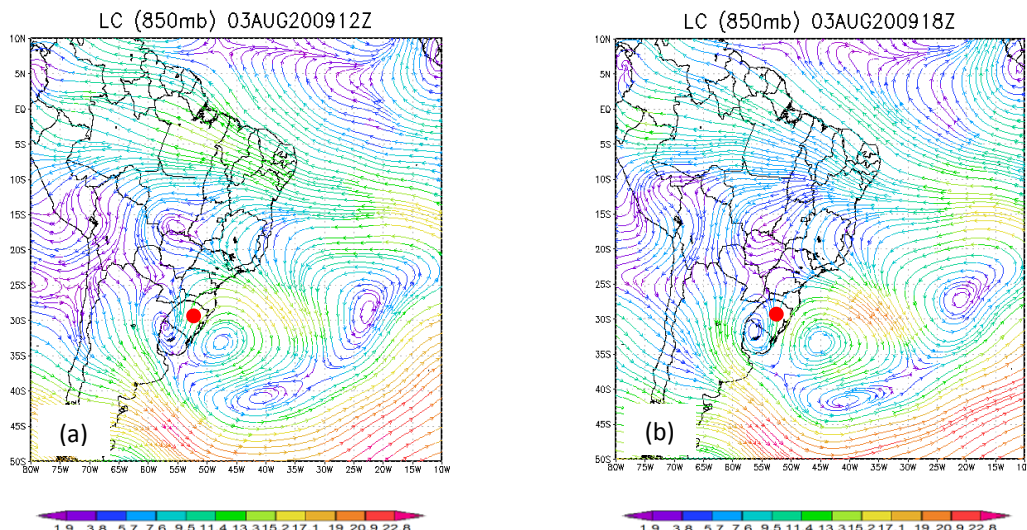
As 1200UTC do dia anterior, o vento geostrófico (acima da camada limite) foi de 24,0m/s (o maior vento geostrófico de Porto Alegre e o segundo maior do estudo), a velocidade vertical foi ascendente de 7,2m/s (a maior de todo o estudo), anexo D. Passando 6 horas, as condições sinóticas permaneceram as mesmas, mas o vento geostrófico diminuiu para 10,9m/s e a velocidade vertical para 4,2m/s.

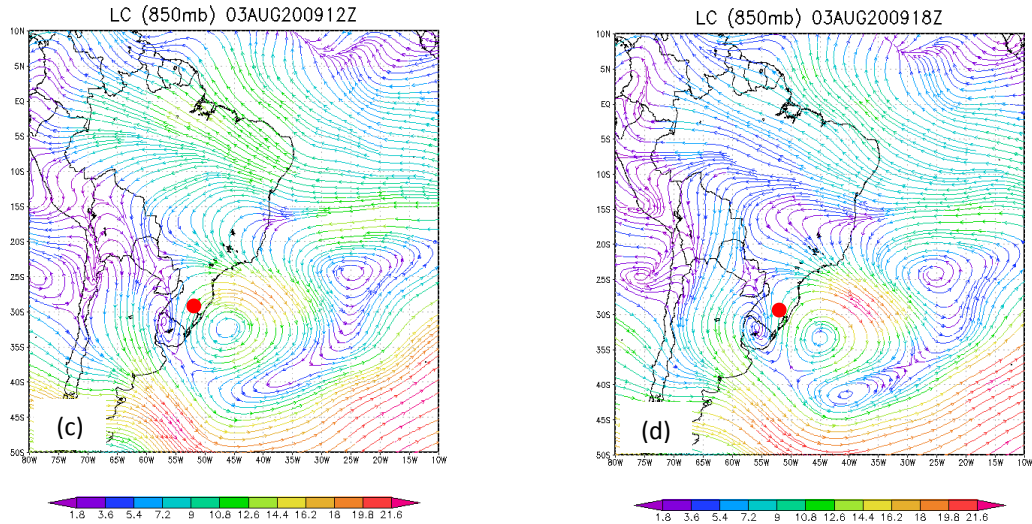
**Figura 54- Imagem de satélite GOES-12 no canal infravermelho, as 1200UTC (a) e as 1800UTC (b) do dia 03 de Agosto de 2009 em Porto Alegre. Ponto vermelho a cidade de Porto Alegre.**



Fonte: GIBBS/NOAA.

**Figura 55- Linhas de corrente e magnitude do vento as 1200UTC (coluna esquerda) e as 1800UTC (coluna direita) do dia 03 de Agosto de 2009 em Porto Alegre. Modelo NCEP (a) e (b), CFSR (c) e (d), ponto vermelho a cidade de Porto Alegre.**



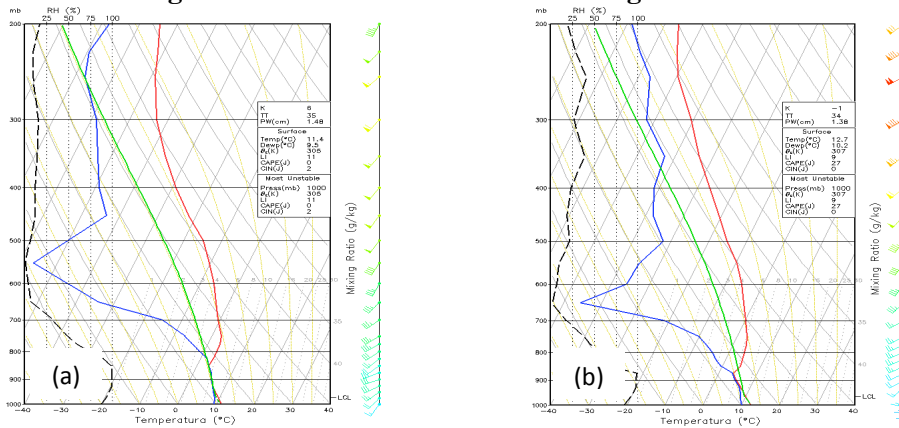


Fonte: NCEP e CFSR.

1) Condições termodinâmicas na hora das inicializações

*Perfis do CFSR.* As 1200UTC e as 1800UTC do dia anterior ao evento, os perfis mostram que a atmosfera estava úmida, da superfície até o nível de 825hPa (acima de 400 metros), na inicialização com 18 horas de antecedência (Figura 56, a). Passando 6 horas, a profundidade da camada úmida diminuiu, da superfície até o nível de 875hPa (acima de 400 metros), surgindo CAPE com valor de 27J. É interessante notar que nas duas inicializações os perfis mostraram forte valor de vento em baixos níveis.

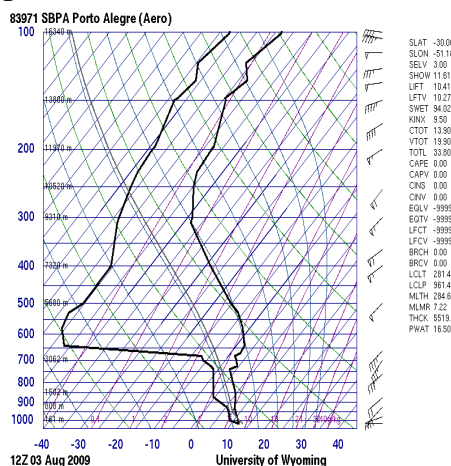
**Figura 56- Perfil de temperatura e umidade do ar as 1200UTC (a) e as 1800UTC (b) do dia 03 de Agosto de 2009 na cidade de Porto Alegre.**



Fonte: CFSR.

*Perfil observado.* Os dados observados não estão disponíveis às 1800UTC, a única inicialização feita nas condições acima descrita foi a com 18 horas de antecedência. A inicialização foi feita com espessura úmida da superfície até 925hPa, a maior umidade do ar foi observada na superfície, com valor de 99% (Figura 57).

**Figura 57- Perfil de temperatura e umidade do ar das 1200UTC do dia 03 de Agosto de 2009 na cidade de Porto Alegre.**



Fonte: Wyoming.

#### 4.5.1.1.2 Nevoeiro Frontal

Como descrito anteriormente, os nevoeiros frontais apresentados neste estudo não foram os clássicos, como os definidos por Willet (1928), Peterson (1940), Byers (1959) e Jiusto (1981). Mesmo assim, a maioria dos perfis apresentaram camadas úmidas profundas como nos nevoeiros frontais clássicos. A seguir são apresentados detalhadamente estes perfis.

##### a) Condições de umidade

- Nevoeiro de extremidade frontal (sem e com ciclone barotrópico)

*Perfis observados.* A umidade no momento da inicialização desses tipos de nevoeiros apresentaram as seguintes características:

1) Perfis que apresentaram espessura úmida da superfície (ou poucos metros acima da superfície) até aproximadamente 400 metros (ou pouco mais). A umidade foi maior que 90% nos níveis abaixo de 400 metros, acima desse valor, a umidade foi menor que 90%. Alguns perfis apresentaram mais uma camada úmida acima de 1000 metros (Tabela 15).

2) Perfis que apresentaram espessura úmida profunda (da superfície até níveis acima, ou aproximadamente 1000 metros), os valores da umidade relativa foram maiores que 90%

abaixo e acima de 400 metros. A maior espessura úmida foi da superfície até 4506 metros (587 hPa). Em alguns casos que a espessura úmida atingiram níveis aproximados de 1000 metros, apresentaram mais uma ou duas camadas úmidas superiores, com intervalo de espaço muito curto, e nessas camadas observou-se valores de umidade acima de 90% (Tabela 15).

*Perfis do CFSR.* Os perfis de inicialização dos nevoeiros frontais (extremidade frontal e ciclone barotrópico) apresentaram as características a seguir:

1) Perfis com umidade na superfície até níveis abaixo, ou acima de 400 metros, com umidade menor, ou maior que 90%. Aquelas camadas que atingiram alturas maiores que 400 metros, abaixo desse nível os valores de umidade foram menores ou maiores que 90%, mas acima, as umidades foram sempre menores que 90%. Esses perfis estavam acompanhados com mais uma, ou duas camadas úmida, muito acima da camada inferior (em média acima de 875hPa), com valores de umidade menor ou maior que 90%. As camadas que localizavam-se próximas a inferior, as umidades relativas foram abaixo de 90% (máximo observado de 83%).

2) Perfis com espessura úmida profunda, acima de 400 metros (topo da camada maiores que 875hPa), com a base da camada na superfície (excepto em 1 caso). Esses perfis mostraram umidade elevadas ( $UR > 90\%$ ) acima e abaixo de 400 metros.

**Tabela 15- Condições de umidade da atmosfera na hora das inicializações das previsões com o modelo PAFOG, para os nevoeiros frontais, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), e de previsão do modelo CFSR (CFSR). 2m: dois metros; \*maior umidade na superfície; -- seco; xxx: radiossonda indisponível / não se sabe se é contínuo.**

Data	CFSR-2		RADIOSSONDA	
	Camada úmida	Umidade (%)	Camada úmida	Umidade (%)
29/06/2008	21h: 1011/1000-975hPa e 800-700hPa e 500hPa 15h: 1009 e 850-775hPa 09h: 1011/1000hPa e 950-700hPa 03h: 1012 e 900-750hPa	21h: 95 15h: 85* 09h:100* 03h:100*	21h: 1019-923hPa e 779-500hPa 09h:1019-587hPa	21h: 100 09h: 99*
02/07/2008	19h:1012/1000-925hPa 13h:1000-925hPa 07h:1013hPa 01h:1014/1000-925hPa e 825-775hPa	19h:93 13h:94 07h:100* 01h:98	19h:1019-904hPa 07h:1021-919hPa	19h:100* 07h:96
04/07/2008	18h: 1014/1000-875hPa 12h:1013/1000-800hPa 06h:1014/1000-775 hPa	18h:96 12h:90 06h:100*	18h:1021-801hPa e 650-609hPa 06h:1022-733hPa	18h:100* 06h:99*
20/08/2008	14h:1012/1000-500hPa 08h:1010/1000-700hPa e 600hPa 02h:1010/1000-925hPa e 750-700hPa	14h: 99 08h: 99 02h: 99*	14h:1020-627hPa 02h: 1017-849hPa e 676hPa e 618-545hPa	14h:100* 02h:99*
24/04/2009	23h: 825-775hPa 17h: 875-750hPa 11h: 1008hPa	23h: 91 17h: 84 11h: 84*	23h: 1000hPa e 749-700hPa 11h: 1016-988hPa e	23h: 95 11h: 98

	05h: 1009/1000-975hPa	05h: 100*	925-791hPa	
26/04/2009	21h: 1010/1000-700hPa 15h: 925-750hPa 09h: 1009hPa e 500hPa 03h: 1008/1000hPa	21h: 91 15h: 87 09h: 85* 03h: 100*	21h:1019-867hPa e 689hPa 09h:1015-966hPa e 861-815hPa	21h: 94 09h: 95
13/05/2009	15h:875-500hPa 09h:1002/1000-700hPa 03h:1003/1000-775hPa	15h:93 09h:96 03h:99*	15h: 1010hPa e 850- 700hPa e 585- 574hPa 03h: 1012-952hPa e 739-738hPa e 636- 627hPa	15h:97 03h:99
10/07/2009	22h: 1011/1000-750hPa 16h: 1010/1000-850hPa e 775hPa 10h:1009/1000-775hPa 04h:1007/1000-775hPa	22h:100 16h:95 10h:93 04h:96*	22h: 1020-609hPa 10h:1016-822hPa e 667hPa	22h:100* 10h:96*

Fonte: Wyoming e CFSR.

- Nevoeiro ciclogénético

Todos os perfis observados apresentaram condições não favoráveis a utilização do modelo, com espessura úmida da superfície ate níveis acima de 400 metros e umidade com valor acima de 90% em quase toda camada umida. Nos perfis do CFSR, em 1 caso a umidade foi apenas no nível de 900hPa com valor máximo de 80% (as 1200UTC do dia anterior), a camada umida aumentou de espessura e umidade (925-850hPa) as 1800UTC do dia anterior; no dia do evento, surgiu umidade na superfície e a camada acima da superfície diminuiu de espessura. No outro caso, a espessura úmida foi da superfície até 850hPa na primeira inicialização, e nas outras diminuiu para 925hPa (Tabela 16).

**Tabela 16- Condições de umidade da atmosfera na hora das inicializações das previsões com o modelo PAFOG, para os nevoeiros ciclogénéticos, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), e de previsão do modelo CFSR (CFSR). 2m: dois metros; \*maior umidade na superfície; -- seco; xxx: radiossonda indisponível / não se sabe se é contínuo.**

Data	CFSR-2		RADIOSSONDA	
	Camada umida	Umidade (%)	Camada umida	Umidade (%)
02/06/2008	22h: 900hPa 16h: 925-850hPa 10h: 1019 e 875-850hPa 04h: 1017 e 875-850hPa	22h: 80 16h: 92 10h: 95 04h: 99*	22h:1029-981hPa e 852hPa 10h:1026-1000hPa e 850- 769hPa	22h: 100 10h: 93
25/06/2008	19h: 1019/1000-850hPa 13h: 975-825hPa 07h: 1018/1000-925hPa 01h: 1017/1000-925hPa	19h: 97 13h: 92 07h: 92* 01h: 96*	19h:1027-822hPa 07h:1026-781hPa	19h: 100* 07h: 97

Fonte: Wyoming e CFSR.

## b) Vento geostrófico e velocidade vertical acima da CLP

- Nevoeiro de extremidade frontal (sem e com o ciclone barotrópico)

Nas inicializações com os perfis observados o vento geostrófico acima da camada limite foram entre 2,6m/s a 12,2m/s, os movimentos verticais foram ascendente (0,020m/s a 4,148m/s) e descendentes (0,475m/s a 1,918m/s). Nas inicializações com perfis do CFSR, o vento geostrófico variou de 1,2m/s a 14,8m/s, e os movimentos verticais foram ascendente entre 0,058m/s a 3,453m/s e descendente entre 0,035m/s a 2,003m/s

- Nevoeiro ciclogénético

Nas inicializações com perfis observados o vento geostrófico variou de 4,8m/s a 12,7m/s, os movimentos verticais foram ascendentes (0,233m/s a 1,732m/s) e descendentes (1,371m/s a 1,683m/s). Com inicialização dos perfis do CFSR o vento geostrófico foi entre 1,1m/s a 12,3m/s e os movimentos verticais foram ascendente (0,077m/s a 1,433m/s) e descendente (0,112m/s a 2,139m/s).

### 4.5.1.2 Cidade de Confins

Todos os casos em Confins apresentaram condições desfavoráveis a utilização do modelo, tanto os inicializados com perfis observados como os inicializados com perfis do CFSR. Todos mostraram espessura umida acima de 400 metros (chegando até 5880 metros). No geral, a umidade máxima variou de 94% a 100%.

O vento geostrófico nas inicializações com os perfis observados variaram de 6,2m/s a 20,3m/s e o movimento vertical foi unicamente ascendente entre 0,699m/s a 6,269m/s. Com inicialização de perfis do CFSR o vento geostrófico variou de 4,8m/s a 28,4m/s e a velocidade vertical foi ascendente (entre 0,075m/s a 6,666m/s) e o único valor descendente de 0,454m/s.

**Tabela 17- Condições de umidade da atmosfera na hora das inicializações das previsões com o modelo PAFOG, para os nevoeiros frontais, com os dados observados de radiossonda (RADIOSSONDA), e de previsão do modelo CFSR (CFSR). 2m: dois metros; \*maior umidade na superfície; -- seco; xxx: radiossonda indisponível / não se sabe se é contínuo.**

Data	CFSR-2		RADIOSSONDA	
	Camada umida	Umidade (%)	Camada umida	Umidade (%)
15/12/2008	20h: 914-500hPa 14h: 912-500hPa 08h: 912-500hPa 02h: 910-500hPa	20h: 99 14h: 99 08h: 100 02h: 99*	20h: 922-810hPa e 700-454hPa e 390-360hPa 08h:920-442hPa	20h: 94* 08h: 98
18/12/2008	24h: 909-500hPa 18h: 909-500hPa	24h: 99 18h: 99	24h: 914-700hPa e 597-500hPa	24h:96* 12h:xxx

	12h: 911-500hPa 06h: 910-500hPa	12h: 99 06h: 99	12h: xxx	
29/06/2009	17h: 920-500hPa 11h: 917-750hPa 05h: 918-875hPa	17h: 99 11h: 96 05h: 100*	17h:xxx 05h:xxx	17h: xxx 05h:xxx

Fonte: Wyoming e CFSR.

### 4.5.1.3 Nordeste do Brasil

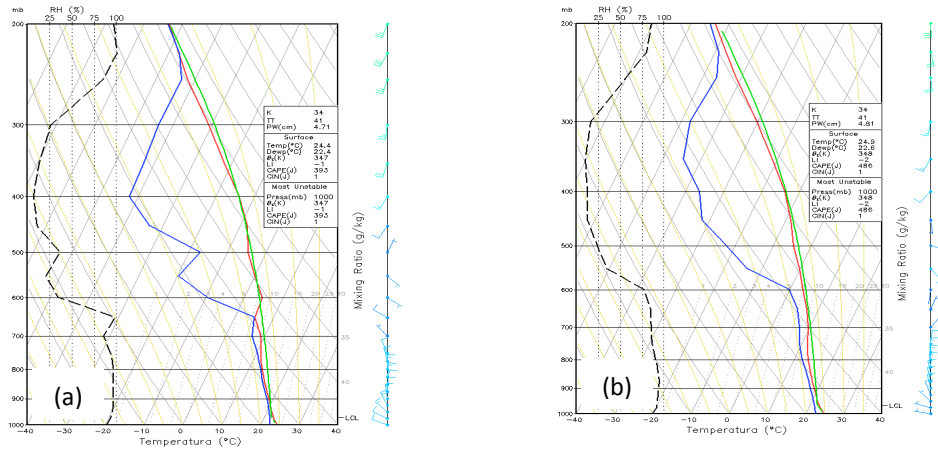
#### 4.5.1.3.1 Cidade de Salvador

##### a) Perfil do CFSR

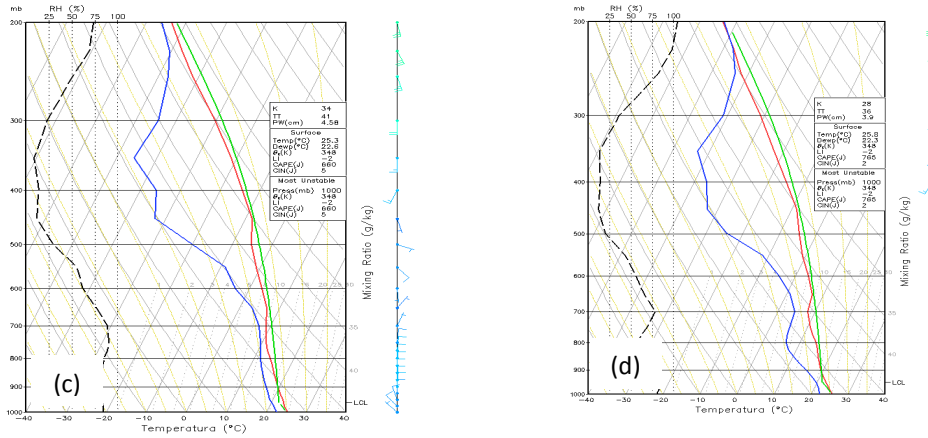
Os perfis do CFSR inicializados apresentaram camadas úmida de 1000hPa até 650hPa, com maior umidade de 99% e 95% nas inicializações com 22h e 16h de antecedência, respectivamente (Figura 58, a e b). A inicialização a seguir, a camada úmida diminuiu de espessura, de 1000hPa até 700hPa e diminuiu o valor de umidade para 91% (Figura 58, c). Na última inicialização, a espessura umida foi apenas de 1000hPa até 925hPa com umidade máxima de 85% (Figura 58, d).

O vento geostrófico e a velocidade vertical foram de 5,7m/s e 4,877m/s com 22 horas de antecedência, 3,7m/s e 1,857m/s com 16 horas de antecedência, 5,0m/s e -1,435m/s com 10 horas de antecedência e 2,2m/s e 0,553m/s com 04 horas de antecedência (anexo D).

**Figura 58- Perfis de temperatura e umidade do modelo CFSR usados para inicializações do modelo PAFOG para as previsões de 22h (a), 16h (b), 10h (c) e 04h (d) de antecedência do evento ocorrido no dia 06 de Maio de 2010 as 1000UTC na cidade de Salvador.**





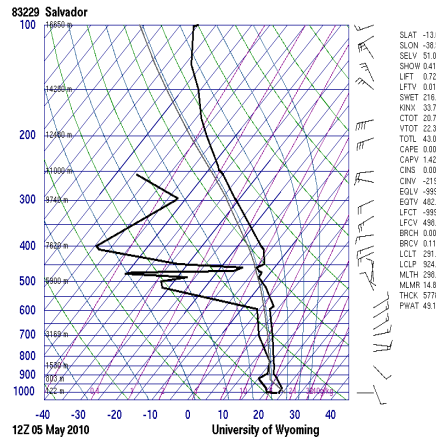


Fonte: CFSR.

b) Perfil observado

A inicialização com o perfil observado foi feita apenas com 22 horas de antecedência devido a ausência de observação de radiossonda as 0000UTC do dia do evento. A única inicialização apresentou 2 camadas umidas (da superfície até 1000hPa e de 890hPa até 741hPa), mas a maior umidade foi registrada na superfície (95%). O vento geostrófico e a velocidade vertical foram de 4,6m/s e 4,912m/s respectivamente (figura 59 e anexo D).

**Figura 59- Perfil de temperatura e umidade observado, usado para inicialização do modelo PAFOG na previsão de 22h de antecedência do evento ocorrido no dia 06 de Maio de 2010 as 1000UTC na cidade de Salvador.**



Fonte: Wyoming.

4.5.1.3.2 Cidade de Recife

a) Perfil do CFSR

Os perfis de umidade usados na inicialização das previsões estão na Figura 60, a-d. Todos os perfis do CFSR apresentaram camada umida da superfície até níveis elevados. Os perfis com 21 e 15 horas de antecedência mostraram umidade até os níveis de 825hPa

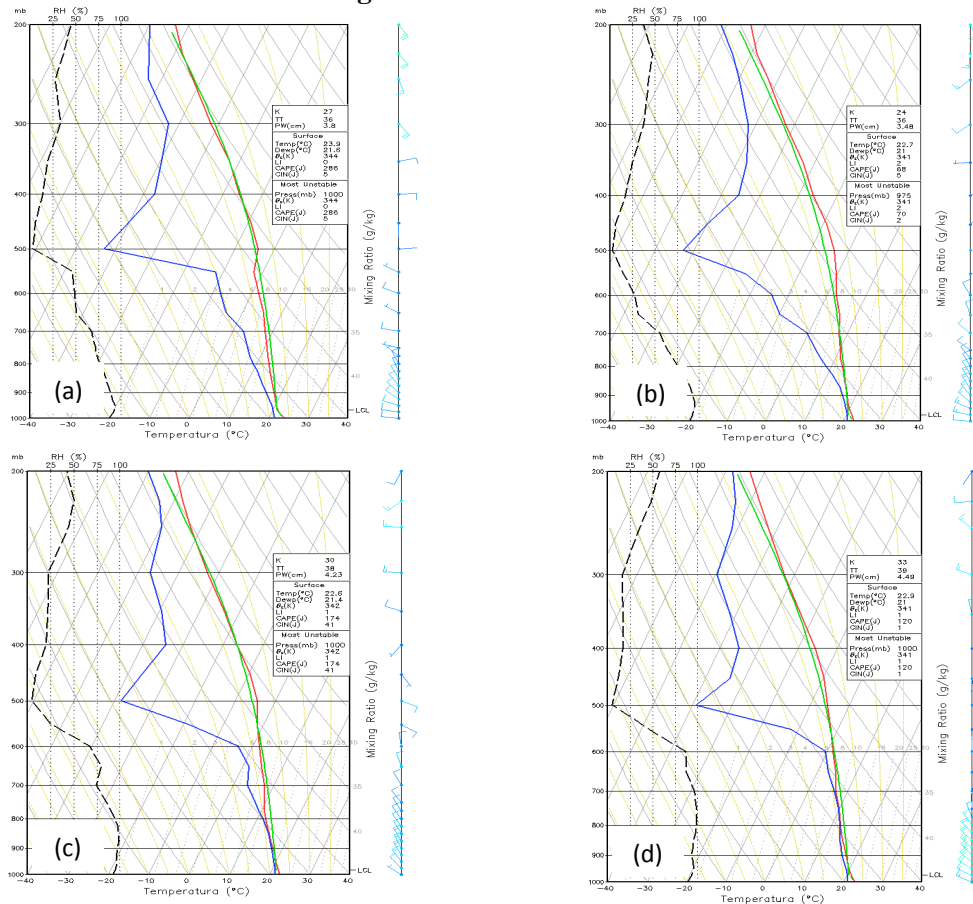


(correspondendo a 1775 metros e 1790 metros de altura, respectivamente), com o valor máximo de umidade entre 94% e 97% (Figura 60 a e b).

Nas próximas inicializações, os perfis mostraram um aumento da espessura úmida, da superfície até 750hPa (2573 metros de altura) na inicialização com 09 horas de antecedência, e 600hPa (4425 metros de altura) na inicialização com 03 horas de antecedência. Os valores de umidade máxima também aumentaram nas duas ultimas inicializações, para 98% e 99%, respectivamente (Figura 60 c e d).

O vento geostrófico e a velocidade vertical estão no anexo D. Os valores do vento geostrófico foram de 11,8m/s, 13,5m/s, 16,8m/s e 19,4m/s com 21, 15, 09 e 03 horas de antecedência, respectivamente. As velocidades verticais foram de -0,194m/s, 0,984m/s, 3,796m/s e 5,196m/s nas inicializações com 21, 15, 09 e 03 horas de antecedência, respectivamente.

**Figura 60- Perfis de temperatura e umidade do modelo CFSR usados para inicializações do modelo PAFOG para as previsões de 21h (a), 15h (b), 09h (c) e 03h (d) de antecedência do evento ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013 as 1500UTC na cidade de Recife.**

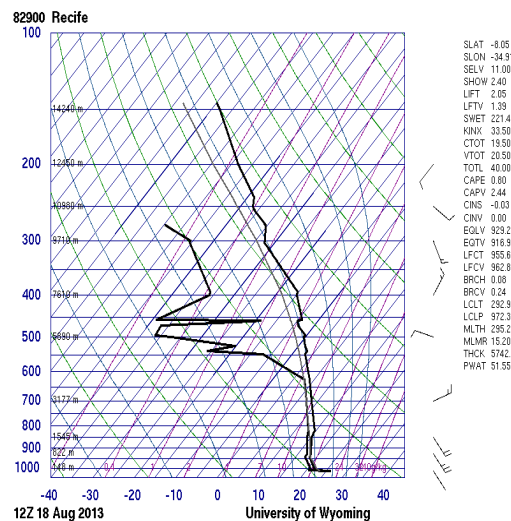


Fonte: CFSR.

### a) Perfil observado

Não foi feita observação de radiossondagem as 0000UTC no dia do evento, foi feita somente as 1200UTC (com 03 horas), que mostrou espessura úmida da superfície até 626hPa (4095 metros de altura), com umidade máxima de 96% (figura 61). O vento geostrófico inicializado foi de 15,0m/s e a velocidade vertical foi de 6,046m/s.

**Figura 61- Perfil de temperatura e umidade observado, usado para inicialização do modelo PAFOG na previsão de 03h de antecedência do evento ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013 as 1500UTC na cidade de Recife.**



Fonte: Wyoming.

## 4.5.2 Resultado das Previsões

O modelo PAFOG foi satisfatório em todas as previsões, pois previu nevoeiro na maioria das inicializações dos perfis com as condições favoráveis satisfeitas (Bott e Trautmann, 2002).

### 4.5.2.1 Problemas na extrapolação

As extrapolações feitas nas inicializações com os perfis observados de radiossonda (temperatura da superfície para altura de 2 metros) não apresentaram nenhum problema nos resultados nas previsões.

As inicializações feitas com perfis aprovados pelos critérios de utilização para os dados de entrada do modelo PAFOG, entretanto, não previram os eventos de nevoeiro devido a problemas associados à extrapolação do ponto de orvalho da altura de 2 metros para a

superfície (somente para os perfis do CFSR). Essas inicializações foram as feitas as 1800UTC (15:00TML) do dia anterior ao evento, e as 0600UTC (03:00TML) do dia do evento.

#### a) Inicialização das 1800UTC

As previsões que apresentaram problemas na extrapolação, foram as inicializadas as 1800UTC (15:00TML) do dia anterior aos eventos, sobretudo aquelas feitas na primavera e outono. As feitas no inverno (e a única no verão) foram as que previram satisfatoriamente neste horário, embora com valores subestimados da visibilidade.

Neste horário (1800UTC), as extrapolações do ponto de orvalho apresentaram maiores erros devido aos fortes gradientes verticais da umidade na camada que se estende da superfície até 2 metros de altura, como encontrado em Vianello e Alves (2012) que mostraram perfis verticais da umidade.

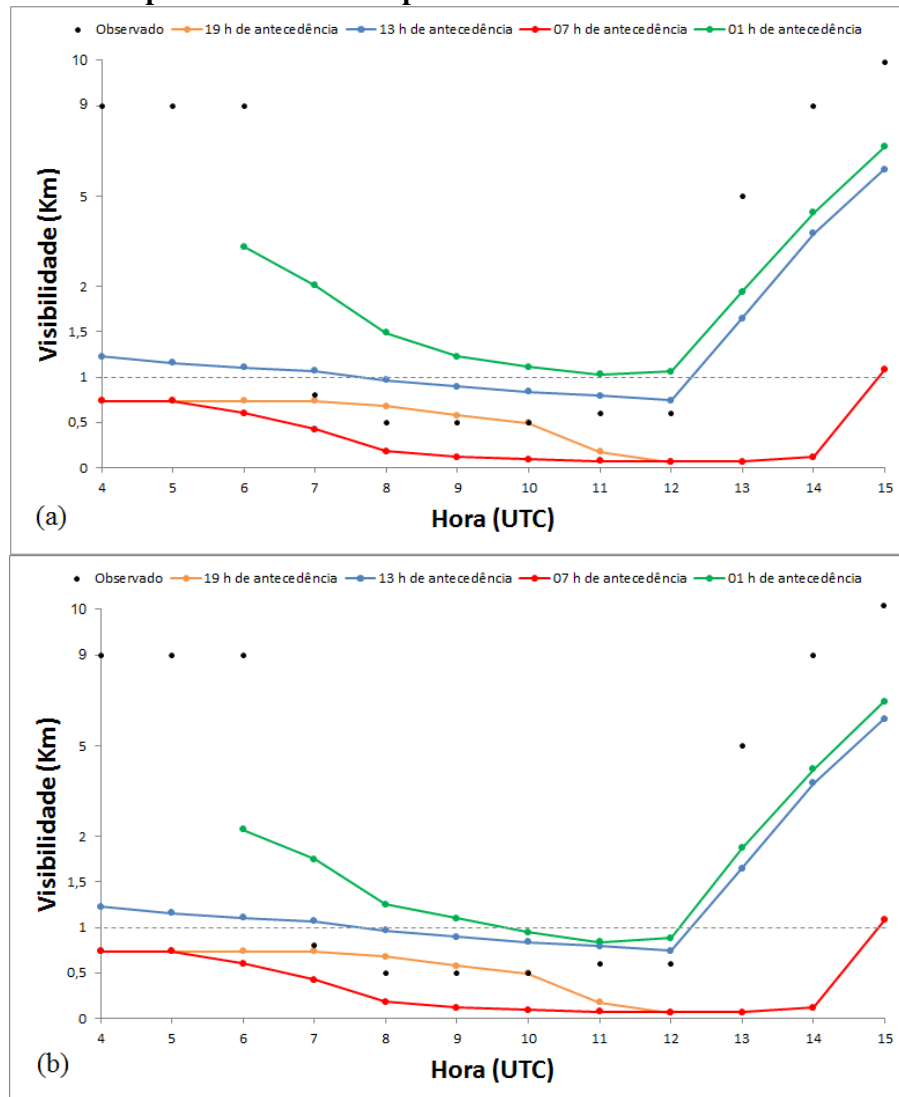
O erro da extrapolação, sempre existente neste horário, é menor no inverno, devido a invasão de ar frio polar. A variação vertical da umidade no ar frio é menor do que no ar quente, em qualquer período do dia. O único caso do verão no qual a inicialização foi feita as 1800UTC previu correctamente o evento. Neste caso, a camada limite apresentou a menor altura observada no estudo para este horário (206 metros), anexo D.

#### a) Inicialização das 0600UTC

O outro horário das inicializações que também apresentou problemas de extrapolação do ponto de orvalho foi as 0600UTC (03:00TML) do dia do evento (para aqueles com duração maior que 6 horas). Diferentes das inicializações das 1800UTC (variação diária e sazonal da temperatura), às da 0600UTC não apresentaram nenhum padrão evidente (as falhas ocorreram aleatoriamente). Somente 4 casos apresentaram o problema da extrapolação às 0600UTC, sendo 2 no inverno, 1 no verão e 1 no outono (anexo C).

O exemplo a seguir mostra o problema encontrado na extrapolação do ponto de orvalho da altura de 2 metros para superfície, na inicialização das 0600UTC do dia 19 de Junho de 2009 em Porto Alegre. A Figura 62 a-linha verde, mostra a previsão com 1 hora de antecedência. Quando o valor do ponto de orvalho extrapolado na altura de 2 metros para a superfície foi de 11.35°C, o modelo não previu o nevoeiro, mas quando empiricamente atribuído o valor de 11.66°C, o modelo PAFOG produziu resultados satisfatórios (Figura 62 b, linha verde).

Figura 62- Previsões de visibilidade com 19, 15, 09 e 01hs de antecedência, com inicialização do modelo CFSR, para o dia 19 de Junho de 2009 na cidade de Porto Alegre. (a) 1h de antecedência com ponto de orvalho extrapolado, (b) 1h de antecedência com ponto de orvalho empírico.



Fonte: PAFOG.

## 4.5.2.2 Resultados de Porto Alegre

### 4.5.2.2.1 Nevoeiro de Radiação

#### 4.5.2.2.1.1 Inicializações feitas no anticiclone

O PAFOG previu nevoeiro em todas as inicializações com os perfis observados dos tipos 1, 3 e 4, a única inicialização que não previu o nevoeiro (previsão interrompida) foi a de um único caso com perfil do tipo 2, onde foi inicializado o vento geostrófico de 11,7m/s causado pela confluência dos ventos no momento da inicialização. Com os perfis do CFSR do tipo 1 e 2 na sua maioria previram os nevoeiros, os que não previram (previsão não

interrompida), foram os casos que apresentaram problemas na extrapolação do ponto de orvalho as 1800UTC no dia anterior ao evento (6 casos), excepto as inicializações feitas no inverno, que no geral subestimaram o nevoeiro (anexo C). Algumas inicializações feitas as 0600UTC, no dia do evento, também apresentaram problemas na extrapolação e não previram nevoeiro (3 casos), anexo C.

No geral, em 10 casos o modelo acertou o nevoeiro com todas as previsões (2 previsões) feitas com perfis observados, em apenas 1 caso acertou o nevoeiro com 1 previsão. As melhores previsões, no geral, foram as inicializadas as 1200UTC do dia anterior (Tabela 18).

Apenas em 2 casos o modelo acertou o nevoeiro com todas as previsões (4 previsões) inicializadas com perfis do CFSR. Na maioria (9 casos) as previsões apresentaram problemas na extrapolação do ponto de orvalho (6 casos na inicialização feita às 1800UTC do dia anterior e 3 casos as 0600UTC do dia do evento). No geral, as melhores previsões foram as inicializadas as 1200UTC do dia anterior, e as 0000UTC do dia do evento (Tabela 19).

**Tabela 18- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis observados, para os nevoeiros ocorridos dentro de massa de ar. \* todas as previsões acertaram o nevoeiro.**

Data	Antecedência (h)	Visibilidade (m)		Duração (h)	
		Prevista	Observada	Prevista	Observada
18/04/2008	21, 9*	61 -21h	500	11,0	2,25
20/04/2008	20, 08*	57 -08h	200	13,0	4,75
17/05/2008	08	493 -08h	300	7,0	5,00
15/07/2008	19, 07*	41 -19h	400	14,0	4,55
26/08/2008	21, 09*	738 -09h	300	4,0	2,50
27/08/2008	22, 10*	111 -22h	300	9,0	1,58
03/03/2009	19*	738 -19h	150	6,0	5,25
03/05/2009	18, 06*	574 -18h	300	8,0	5,58
10/05/2009	20, 08*	100 -08h	300	10,0	4,67
19/06/2009	19, 07*	86 -19h	500	13,0	5,01
20/06/2009	17, 05*	738 -05h	200	5,0	7,00

Fonte: PAFOG.

**Tabela 19- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis do CFSR, para os nevoeiros ocorridos dentro de massa de ar. \* todas as previsões acertaram o nevoeiro.**

Data	Antecedência (h)	Visibilidade (m)		Duração (h)	
		Prevista	Observada	Prevista	Observada
18/04/2008	21, 09, 03	403 -09h	500	8,0	2,25
20/04/2008	20, 08, 02	61 -20h	200	8,0	4,75
17/05/2008	20, 08, 02	73 -08h	300	10,0	5,00
15/07/2008	19, 13, 07	738 -07h	400	7,0	4,55
26/08/2008	21,15,09,03*	85 -21h	300	11,0	2,50

27/08/2008	22,16,10,04*	738 -16h	300	6,0	1,58
03/03/2009	19, 13, 07	121 -13h	150	12,0	5,25
03/05/2009	18, 06	621 -18h	300	8,0	5,58
10/05/2009	20, 08, 02	752 -08h	300	4,0	4,67
19/06/2009	19,13,07	59 -19h	500	11,0	5,01
20/06/2009	17, 05	738 -17h	200	8,0	7,00

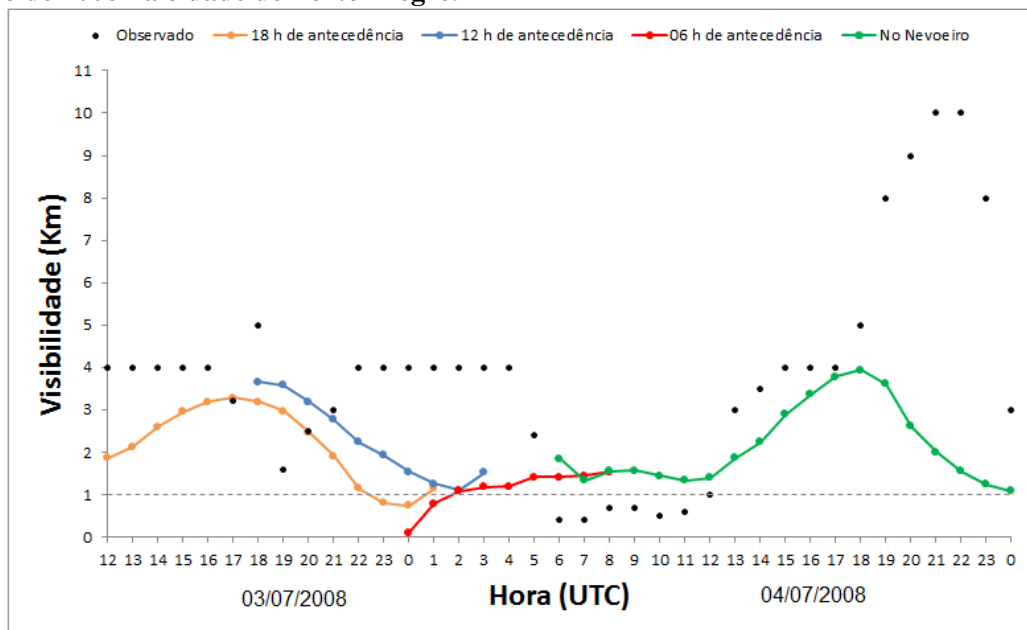
Fonte: PAFOG.

#### 4.5.2.2.1.2 Exemplo do caso de maior duração

##### a) Inicialização com CFSR

A maioria das previsões do nevoeiro ocorrido no dia anterior (04 de Julho de 2008), quando inicializadas com perfis do CFSR foram interrompidas (18, 12, 06 horas de antecedência), Figura 63. As interrupções ocorrem quando os perfis inicializados não são favoráveis a utilização do PAFOG (Bott e Trautmann, 2002). A inicialização feita dentro do nevoeiro não apresentou visibilidade inferior a 1km porque o nevoeiro foi formado na extremidade de um sistema frontal [todas as inicializações feitas dentro dos nevoeiros de radiação, o modelo PAFOG mostrou visibilidade inferior a 1km (não apresentado)], Figura 63.

**Figura 63- Previsões de visibilidade horizontal com 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR para o evento ocorrido no dia 04 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre.**



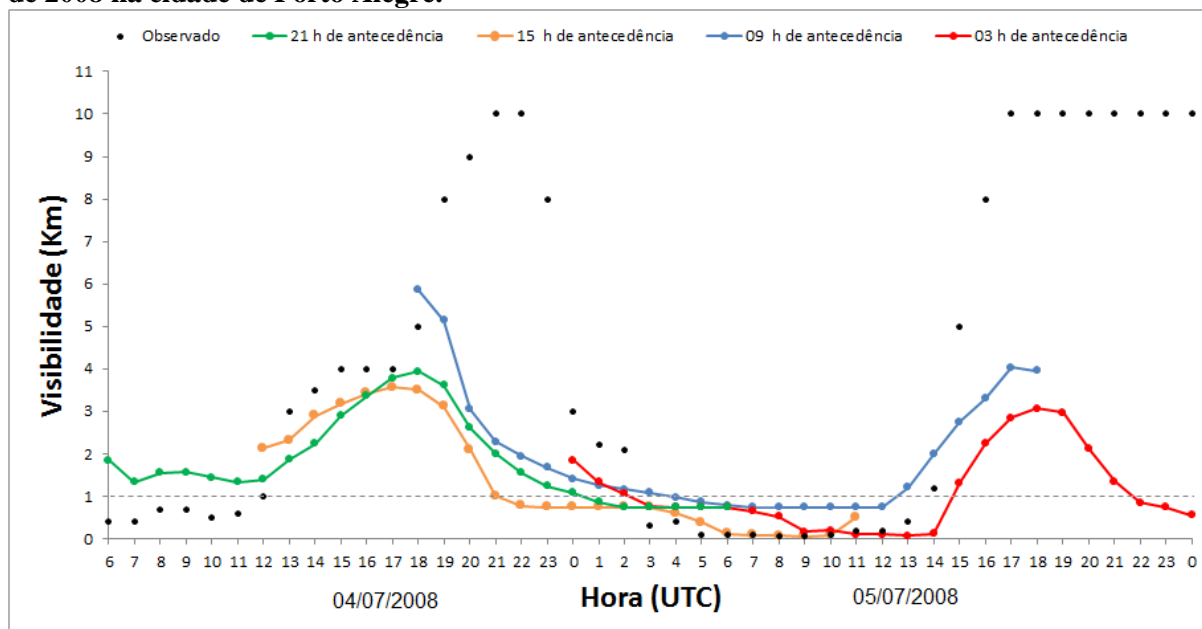
Fonte: PAFOG.

Por outro lado, a inicialização feita as 0600UTC do dia anterior (que não registrou o nevoeiro causado pela extremidade de um sistema frontal ocorrido no dia 04 de Julho de 2008), acertou o nevoeiro de radiação com 21 hora de antecedência, com visibilidade mínima de 738 metros e duração de 5,0 horas, entretanto, não cobriu todo o evento porque o modelo PAFOG tem um tempo de previsão máxima 24 horas (Figura 64, linha verde).

Todas as outras previsões inicializadas com o CFSR (de 15, 09 e 03 horas de antecedência) acertaram o evento. A previsão inicializada as 1800UTC do dia anterior (09h de antecedência) foi a que mais subestimou o nevoeiro, apresentou visibilidade mínima de 738 metros, em relação a 50 metros observado no aeroporto (Figura 64, linha azul). Essa inicialização subestimou o nevoeiro devido o problema da extrapolação do ponto de orvalho, pois como foi escrito anteriormente, as extrapolações feitas no inverno acertaram o nevoeiro, mas todas subestimaram a visibilidade.

A melhor previsão foi com 15 horas de antecedência, onde a visibilidade mínima prevista foi de 58 metros e duração de 14,0 horas, na estação do aeroporto a visibilidade mínima observada foi de 50 metros e duração de 11,42 horas (Figura 64, linha laranja).

**Figura 64- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência, com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR para o evento ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre.**



Fonte: PAFOG.

#### a) Inicialização com perfis observados

As previsões inicializadas com os perfis observados acertaram o evento, mas todas foram interrompidas dentro do evento (Figura 65). A previsão com 15 horas de antecedência foi interrompida depois de acertar o evento durante 4 horas, com visibilidade mínima de 160 metros (Figura 65 a, linha laranja). Com 03 horas de antecedência foi interrompida depois de acertar o evento durante 2 horas, com visibilidade mínima de 100 metros (Figura 65 a, linha vermelha).

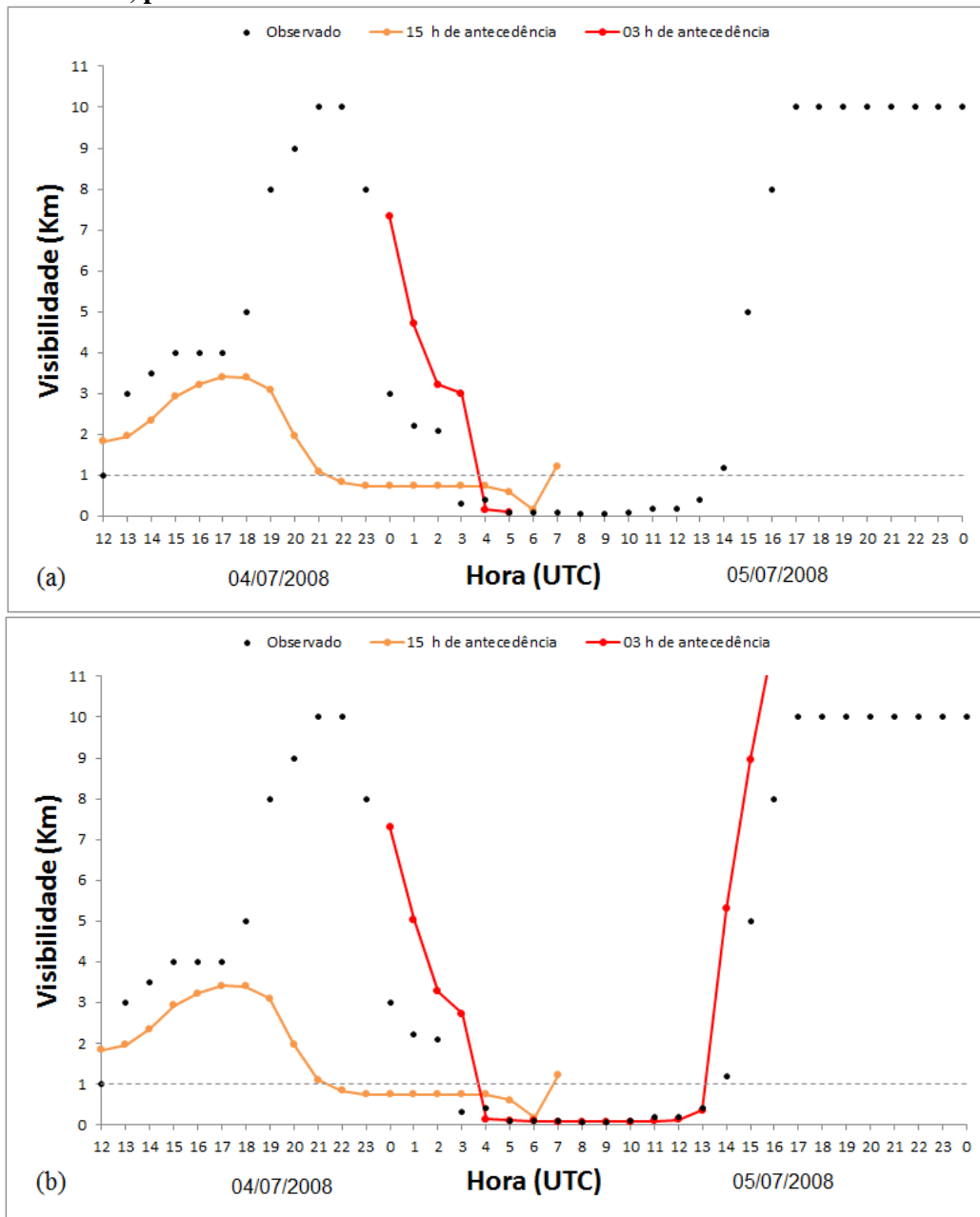
Esse episódio de nevoeiro para além de apresentar a maior duração de todo o estudo, também foi o que a espessura úmida atingiu a maior altura no momento do nevoeiro em relação à todos os nevoeiros de radiação. O perfil de umidade na hora do nevoeiro apresentou espessura da superfície até 983hPa (309 metros) com o valor de umidade de 100% em quase toda a camada. Por outro lado, os perfis de inicialização também apresentaram camadas úmida profundas, da superfície até 925hPa (835 metros) com 15 horas de antecedência (na fase final do nevoeiro do dia anterior), e da superfície até o nível de 971hPa (413 metros), com 03 horas de antecedência (quando foi observado névoa umida).

O PAFOG foi parametrizado com o valor de 400 metros, sendo o nível mais alto que os nevoeiros atingem (topo do nevoeiro). Com esse valor o modelo apresentou os resultados da Figura 65 a. Empiricamente, atribui-se o valor de 700 metros neste parâmetro no modelo PAFOG somente na previsão com 03 horas de antecedência, entretanto, a previsão foi feita em todo o evento, aumentando a duração para 9 horas e visibilidade mínima de 69 metros (Figura 65 b, linha vermelha).

Os resultados da previsão deste evento mostrou que é necessário entender melhor a formação e desenvolvimento dos nevoeiros, a altura máxima (topo) que os nevoeiros de radiação atingem no Brasil, especialmente na região Sul, onde ocorre esse fenômeno com maior frequência (Tubelis e Nascimento, 1983).



Figura 65- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência, com inicialização dos dados observados, (a) com valor de 400m e (b) com valor de 700m o mais alto nível do nevoeiro, para o evento ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Tabela 20- Resultado das previsões do modelo PAFOG para o dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre.

	Previsão com modelo PAFOG						
	Observado	CFSR-Previsão				Radiossonda	
Antecedência (h)	-	15	09	03	-	15	03
Visibilidade (m)	50	57	738	73	-	160	100
Duração (h)	11,42	13,0	8,0	11,0	-	8,0	1,0

Fonte: PAFOG

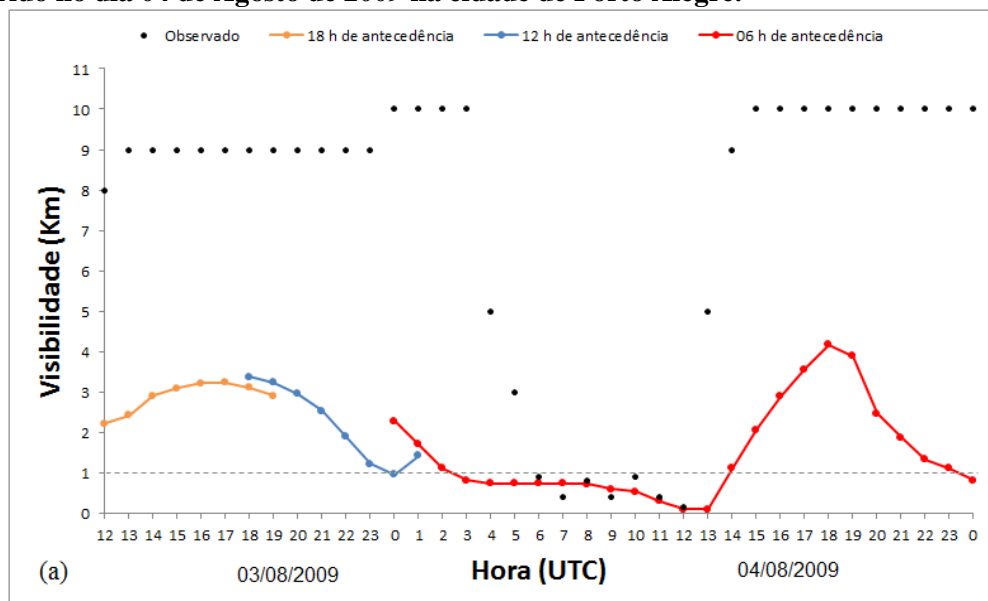
#### 4.5.2.2.1.3 Inicializações com sistemas frontais

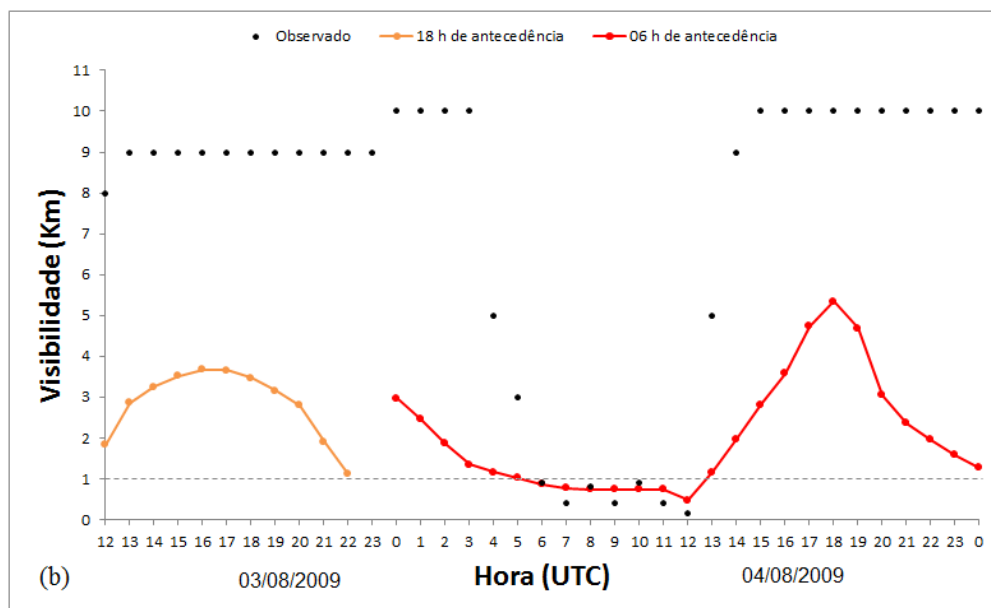
a) Nevoeiro ocorrido no dia 04 de Agosto de 2009 em Porto Alegre

No evento ocorrido no dia 04 de Agosto de 2009 as previsões inicializadas as 1200UTC e 1800UTC do dia anterior foram feitas com forte influência de um sistema frontal. Essas inicializações corresponderam as previsões com 18 e 12 horas de antecedência quando inicializados com perfis do CFSR. Essas previsões foram interrompidas (Figura 66 a, linhas laranja e azul, respectivamente). A próxima previsão foi inicializada dentro do anticiclone posicionado a retaguarda do sistema frontal (com 6h de antecedência), o PAFOG previu o nevoeiro com visibilidade mínima de 101 metros e duração de 7 horas, enquanto que na estação foi observada visibilidade mínima de 150 metros e duração de 6,33 horas (Figura 66 a, linha vermelha).

Por outro lado, as observações de radiossonda são feitas a cada 12 horas, portanto, só a previsão com 18 horas de antecedência foi influenciada pelo sistema frontal na hora da inicialização, essa previsão foi interrompida (Figura 66 b, linha laranja). A previsão com 06 horas de antecedência foi inicializada no anticiclone, o PAFOG previu nevoeiro com visibilidade mínima de 482 metros e duração de 6 horas (Figura 66 b, linha vermelha).

**Figura 66- Previsões de visibilidade horizontal com 18, 12 e 06hs de antecedência, com inicialização dos perfis de previsão do modelo CFSR (a) e observado (b), para o evento ocorrido no dia 04 de Agosto de 2009 na cidade de Porto Alegre.**





Fonte: PAFOG.

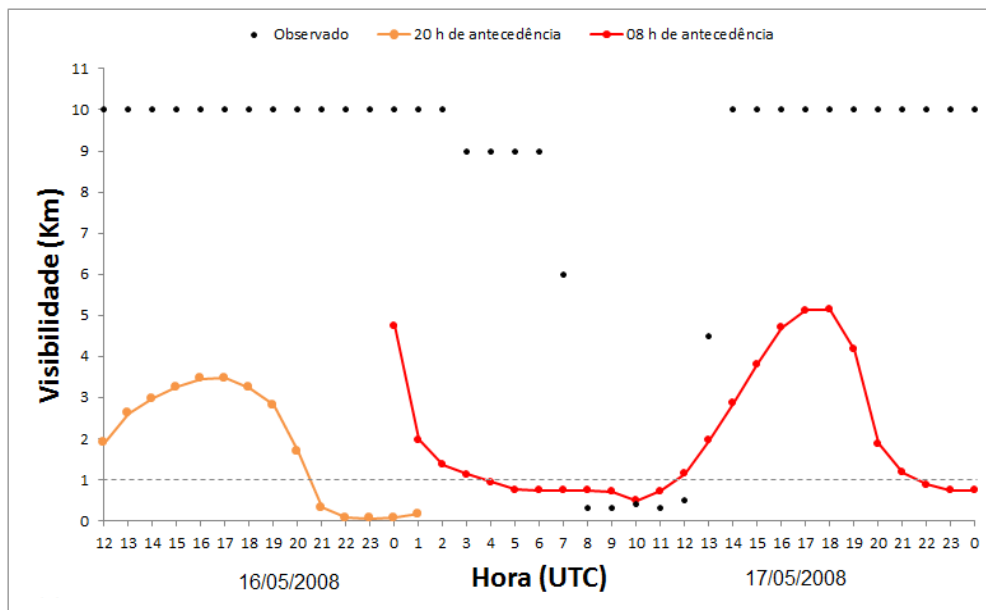
**Tabela 21- Resultados das previsões do modelo PAFOG para o dia 04 de Agosto de 2009 na cidade de Porto Alegre.**

	<i>Previsão com modelo PAFOG</i>						
	<i>Observado</i>	<i>CFSR-Previsão</i>				<i>Radiossonda</i>	
<i>Antecedência (h)</i>	-	18	12	06	-	18	06
<i>Visibilidade (m)</i>	150	2915	962	101	-	1121	482
<i>Duração (h)</i>	6,33	-	-	7,0	-	-	6,0

b) Nevoeiro ocorrido no dia 17 de Maio de 2008 em Porto Alegre

Em todas as previsões dos nevoeiros de radiação, a única que foi interrompida, mas inicializada dentro de um anticiclone foi a com 20 horas de antecedência do dia 17 de Maio de 2008 (Figura 67, linha laranja). O perfil mostrou umidade da superfície até o nível de 999hPa (abaixo de 400 metros), mas o vento geostrófico e a velocidade vertical acima da camada limite foram de 13.0m/s e -0.414m/s, respectivamente. Essa situação foi causada por um fraco cavado e confluência analisada no nível de 850hPa.

**Figura 67- Previsões de visibilidade horizontal com 20 e 08hs de antecedência, com inicialização dos perfis observados, para o evento ocorrido no dia 17 de Maio de 2008 na cidade de Porto Alegre.**



Fonte: PAFOG

#### 4.5.2.2.2 Nevoeiros frontais

##### 4.5.2.2.2.1 Extremidade frontal com ou sem o ciclone barotrópico

Os perfis observados na sua maioria apresentaram características de umidade do perfil do tipo 2 (9 inicializações). Como foi descrito anteriormente, no momento das inicializações estavam sobre influência de sistemas que umedeceram a atmosfera até o ponto que as condições foram desfavoráveis para o uso do modelo PAFOG (Bott e Trautmann, 2002). Em todas essas inicializações o PAFOG interrompeu a previsão. Nas inicializações com perfis do tipo 1 o modelo previu nevoeiro (8 inicializações), Tabela 22.

A maioria dos perfis inicializados do CFSR apresentaram condições de umidade do tipo 1 (21 inicializações), mas apenas em 18 previsões o PAFOG acertou o nevoeiro. As restantes previsões (3 previsões) apresentaram problemas na extrapolação do ponto de orvalho. As outras 11 inicializações apresentaram perfis do tipo 2, todas as previsões foram interrompidas (Tabela 23).

**Tabela 22- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis observados, para os nevoeiros frontais. \* todas as previsões acertaram o nevoeiro.**

Data	Antecedência (h)	Visibilidade (m)		Duração (h)	
		Prevista	Observada	Prevista	Observada
29/06/2008	21	167 -21h	50	12,0	2,82
02/07/2008	07	51	400	5,0	5,58
04/07/2008	-	-	400	-	7,00
20/08/2008	02	738	400	3,0	8,00
24/04/2009	23	41 -23h	600	14,0	1,00
26/04/2009	21, 09*	708 -09h	300	9,0	2,97
13/05/2009	15	171	400	12,0	9,20
10/07/2009	-	-	400	-	1,87

Fonte: PAFOG.

**Tabela 23- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis do CFSR, para os frontais. \* todas as previsões acertaram o nevoeiro.**

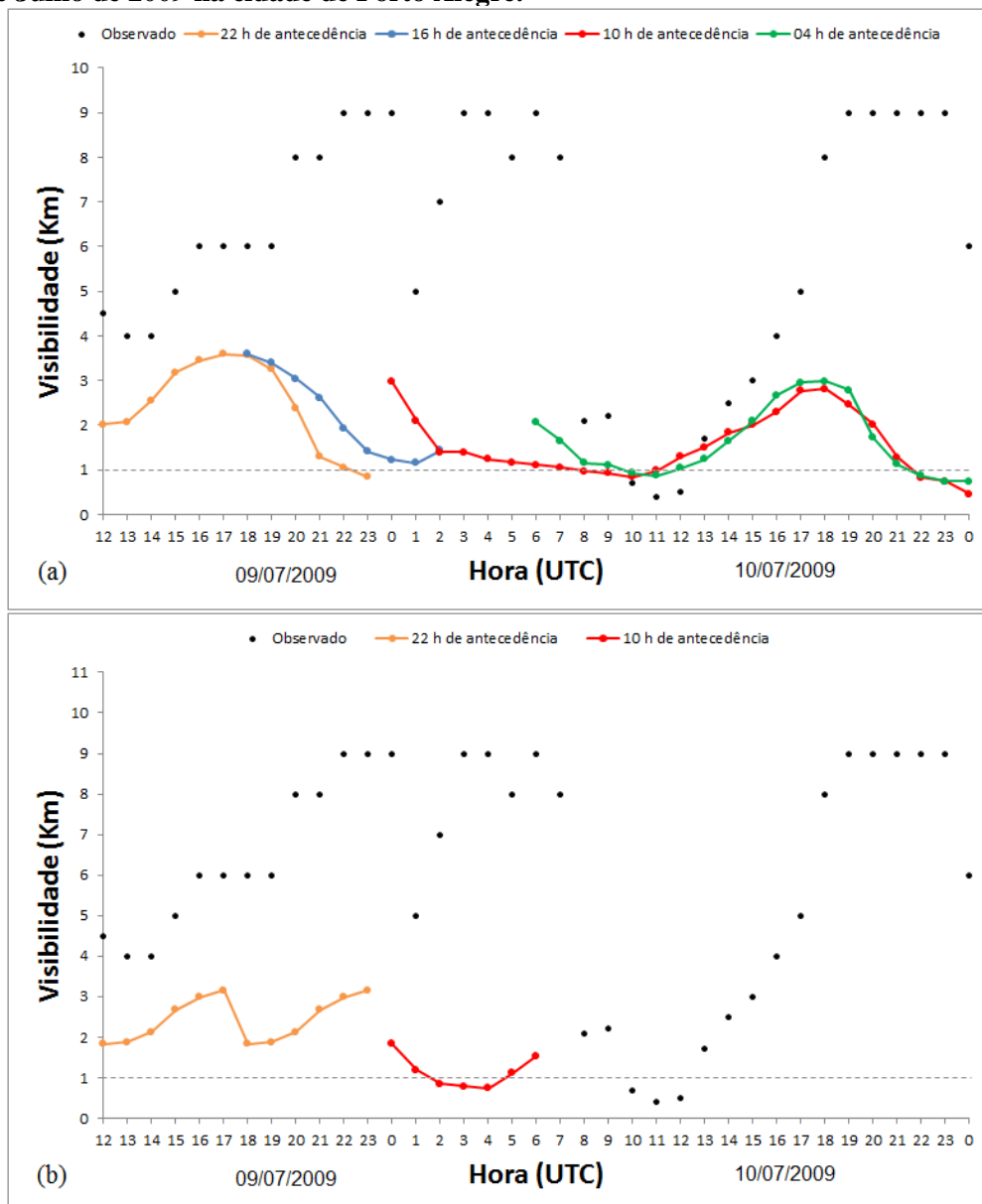
Data	Antecedência (h)	Visibilidade (m)		Duração (h)	
		Prevista	Observada	Prevista	Observada
29/06/2008	21, 15, 09	182 -15h	50	15,0	2,82
02/07/2008	19, 07, 01	4 -01	400	17,0	5,58
04/07/2008	-	-	400	-	7,00
20/08/2008	02	656	400	7,0	8,00
24/04/2009	23, 11, 05	738 -05h	600	4,0	1,00
26/04/2009	21, 09, 03	49 -21h	300	14,0	2,97
13/05/2009	03	656	400	7,0	9,20
10/07/2009	10, 04	752 -10h	400	4,0	1,87

Fonte: PAFOG.

#### 4.5.2.2.1.1 Exemplo de nevoeiro de extremidade frontal

O evento apresentado foi o estudado detalhadamente na seção do estudo sinótico, o ocorrido no dia 10 de Julho de 2009. Neste evento, todas as previsões inicializadas com perfil observado foram interrompidas (Figura 68 b, linha laranja e azul). esses perfis apresentaram características de umidade do tipo 2. As inicializações com 22 e 16 horas de antecedência feitas com perfis do CFSR também interromperam, porque também apresentaram características do tipo 2. As previsões com 10 e 04 horas de antecedência os perfis inicializados apresentaram características do tipo 1 e previram o nevoeiro (Figura 68 b, linha vermelha e verde).

**Figura 68- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22 e 10hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 10 de Julho de 2009 na cidade de Porto Alegre.**



Fonte: PAFOG.

Com 10 horas de antecedência o PAFOG previu visibilidade mínima de 838 metros e duração de 3 horas (Figura 68, a linha vermelha), com 04 horas de antecedência a visibilidade mínima prevista foi de 865 metros e duração de 1 hora (Figura 68 a, linha verde), enquanto que na estação a visibilidade mínima foi de 400 metros e duração de 1,87 horas.

A Tabela 24 apresenta detalhadamente os resultados das previsões do modelo PAFOG com as respectiva duração.

**Tabela 24- Resultados das previsões do modelo PAFOG para o dia 10 de Julho de 2009 na cidade de Porto Alegre.**

	<i>Previsão com modelo PAFOG</i>						
	<i>Observado</i>	<i>CFSR-Previsão</i>				<i>Radiossonda</i>	
<i>Antecedência (h)</i>	-	22	16	10	04	22	10
<i>Visibilidade (m)</i>	400	847	1150	838	865	-	-
<i>Duração (h)</i>	1,87	-	-	3,0	1,0	-	-

Fonte: PAFOG.

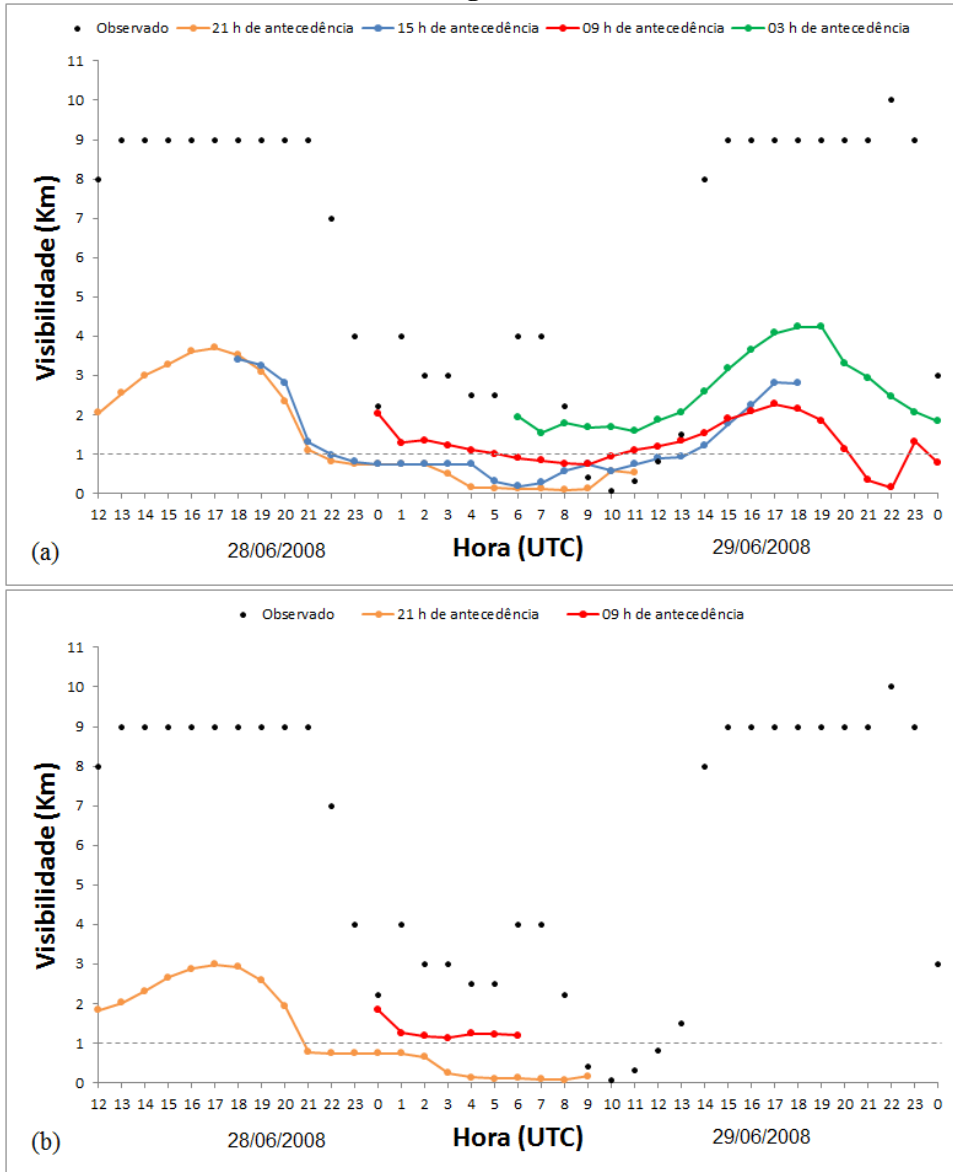
#### 4.5.2.2.1.2 Exemplo do nevoeiro de extremidade frontal e ciclone barotrópico

O evento apresentado como exemplo também foi estudados detalhadamente na secção da situação sinótica, o ocorrido no dia 29 de junho de 2008. As previsões com o modelo PAFOG foram feitas para este evento. A inicialização feita com perfil observado, a com 21 hora de antecedência acertou apenas a primeira hora do evento (com visibilidade de 163 metros, mas na estação foi 400 metros), mas registrou nevoeiro a partir das 2100UTC do dia anterior ao evento (Figura 69, b linha laranja). A inicialização com 09 horas de antecedência foi interrompida porque o perfil inicializado foi do tipo 2 (Figura 69, b linha vermelha).

Com os perfis do CFSR, o modelo PAFOG acertou o evento na maioria das previsões, excepto com 3 horas de antecedência que apresentou problemas na extrapolação do ponto do orvalho (Figura 69, a linha verde). Todos esses perfis foram do tipo 1, favoráveis a utilização do modelo.

A inicialização com 21 horas de antecedência previu visibilidade mínima de 84 metros com duração de 13,0 horas, a com 15 horas a visibilidade mínima prevista foi de 182 metros e duração de 15,0 horas, e finalmente com 09 horas de antecedência a visibilidade mínima prevista foi de 738 metros e duração de 4,0 horas (Figura 69 a, linha laranja, azul e vermelha, respectivamente).

**Figura 69- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 21 e 09 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 29 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre.**



Fonte: PAFOG.

**Tabela 25- Resultados das previsões do modelo PAFOG para o dia 29 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre.**

	Previsão com modelo PAFOG						
	Observado	CFSR-Previsão				Radiossonda	
Antecedência (h)	-	21	15	09	03	21	09
Visibilidade (m)	50	84	182	738	1582	75	-
Duração (h)	2,82	13,0	15,0	4,0	-	12,0	-

Fonte: PAFOG.



#### 4.5.2.2.2 Nevoeiro Influenciado por Ciclogênese

Todos os perfis observados inicializados no PAFOG para as previsões dos nevoeiros ciclogenéticos apresentaram condições desfavorável (como os perfis do tipo 1 dos nevoeiros de extremidade frontal). O modelo PAFOG interrompeu todas as previsões (Tabela 26).

Com inicializações dos perfis do CFSR o PAFOG acertou os eventos em 4 previsões que apresentaram condições favoráveis ao seu uso. As outras 4 previsões os perfis foram desfavoráveis e as previsões foram todas interrompidas (Tabela 27).

**Tabela 26- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis observados, para os nevoeiros frontais. \* todas as previsões acertaram o nevoeiro.**

Data	Antecedência (h)	Visibilidade (m)		Duração (h)	
		Prevista	Observada	Prevista	Observada
02/06/2008	-	-	300	-	2,75
25/06/2008	-	-	350	-	6,00

Fonte: PAFOG.

**Tabela 27- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis do CFSR, para os frontais. \* todas as previsões acertaram o nevoeiro.**

Data	Antecedência (h)	Visibilidade (m)		Duração (h)	
		Prevista	Observada	Prevista	Observada
02/06/2008	22, 16, 04	738 -22h	300	6,0	2,75
25/06/2008	01	948	350	1,0	6,00

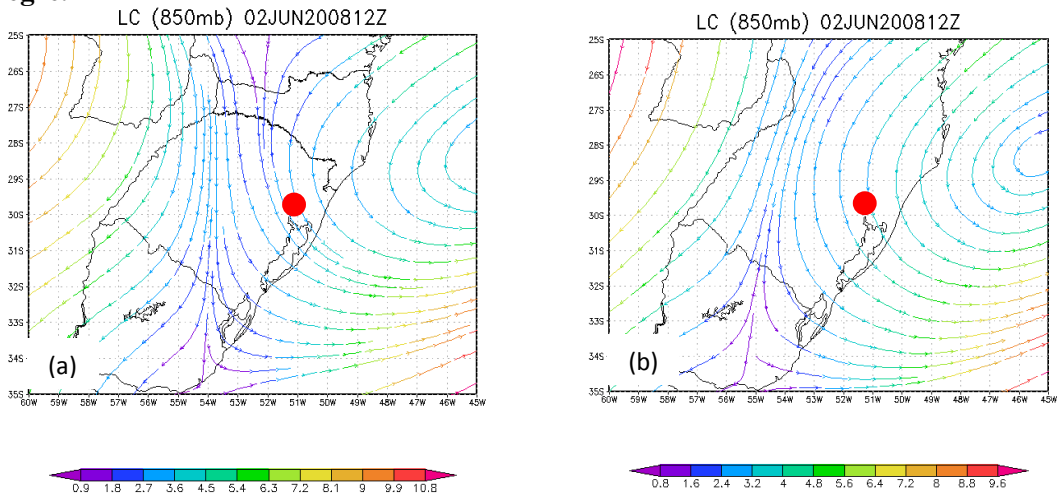
Fonte: PAFOG.

A seguir é apresentado como exemplo o resultado do PAFOG para o nevoeiro ocorrido no dia 02 de Junho de 2008:

Neste evento, com inicialização dos perfis do CFSR o modelo previu com 22, 16 e 04 horas de antecedência, mas não previu com 10 horas de antecedência (Figura 71 c). A melhor previsão foi com 22 horas de antecedência, onde o modelo previu visibilidade mínima de 738 metros e 6,0 horas de duração, entretanto, na estação observou-se visibilidade mínima de 300 metros com duração de 2,75 horas (Figura 71 a, linha laranja).

Com inicialização dos perfis observados o modelo interrompeu as duas previsões (Figura 71 b). Nesse evento, os modelos de reanálises (NCEP e CFSR) mostraram situações distintas nos campos sinóticos. O modelo NCEP mostrou que as inicializações foram feitas muito próximas a confluência, enquanto que o modelo CFSR mostrou que foram feitas dentro do anticiclone. Por exemplo, a Figura 70 a e b mostra a diferença das situações sinóticas apresentadas pelos dois modelos na hora do evento.

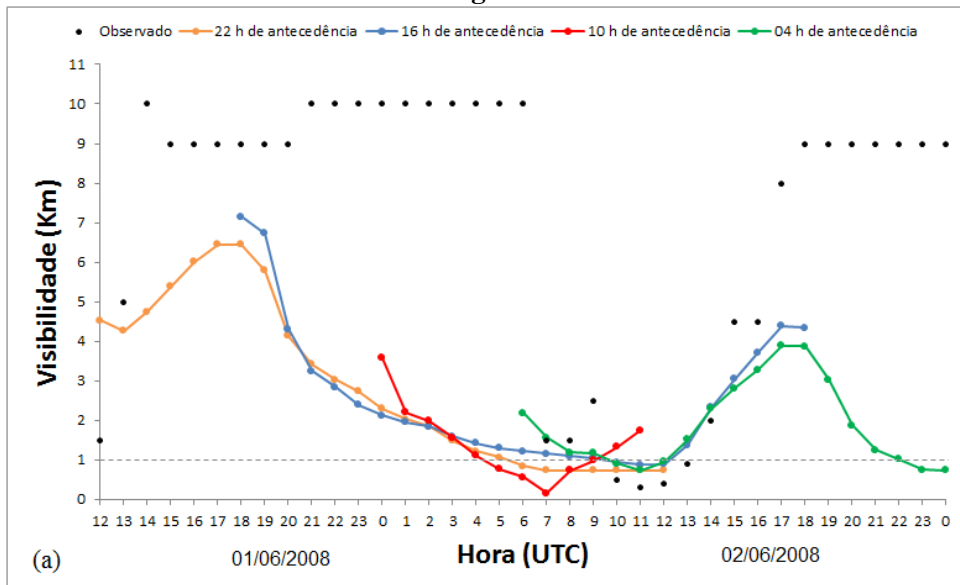
**Figura 70- Linhas de corrente e magnitude do vento nos níveis de 850hPa, (a) NCEP e (b) CFSR, as 1200UTC do dia 02 de Junho de 2008. Ponto vermelho a cidade de Porto Alegre.**

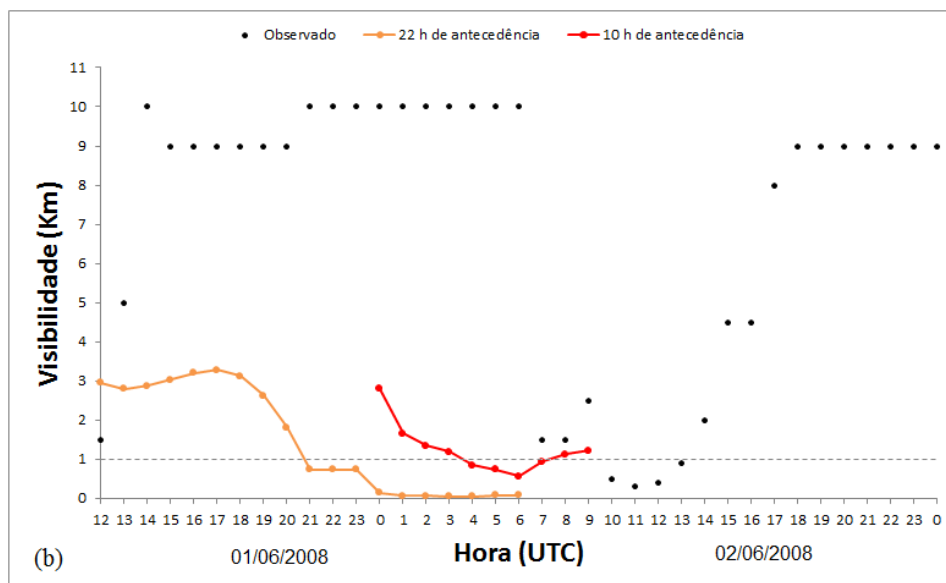


Fonte: NCEP e CFSR.

Na hora do evento, o modelo NCEP mostrou a zona de confluência entre as longitudes de 55°W a 51°W, a região de Porto Alegre estava dentro da confluência (51°W), e o modelo CFSR mostrou Porto Alegre dentro do anticiclone, a confluência estava posicionada de 56°W a 54°W. O modelo NCEP mostrou a situação mais próxima do real, pois os perfis observados mostraram camadas úmida influenciadas pelas situações apresentadas pelo mesmo.

**Figura 71- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22 e 10 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 02 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre.**





Fonte: PAFOG.

Os resultados das previsões com os dados de inicialização dos perfis do CFSR e observados da radiossonda estão na Tabela 28, onde pode-se observar que apenas uma previsão inicializada com o perfil do CFSR não acertou o evento, e todas as previsões com os perfis observados não acertaram o evento.

**Tabela 28- Resultados da previsão do modelo PAFOG para o nevoeiro ocorrido no dia 02 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre.**

	Previsão com modelo PAFOG						
	Observado	CFSR-Previsão				Radiossonda	
Antecedência (h)	-	22	16	10	04	22	10
Visibilidade (m)	300	738	878	-	738	-	-
Duração (h)	2,75	6,0	2,0	-	2,0	-	-

Fonte: PAFOG.

#### 4.5.2.3 Resultados de Confins

As inicializações das previsões de todos os casos de nevoeiro em Confins apresentaram condições desfavoráveis a utilização do modelo, tanto as inicializadas com perfis observados como as inicializadas com os perfis do CFSR. Todos os perfis mostraram espessura úmida que atingiram níveis elevados (a máxima espessura foi da superfície até 422hPa). O PAFOG não previu nevoeiro em todas as previsões (Tabela 29 e 30).

**Tabela 29- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis observados, para os nevoeiros frontais. \* todas as previsões acertaram o nevoeiro.**

<i>Data</i>	<i>Cidade</i>	<i>Tipo</i>	<i>Antecedência (h)</i>	<i>Visibilidade (m)</i>		<i>Duração (h)</i>	
				<i>Prevista</i>	<i>Observada</i>	<i>Prevista</i>	<i>Observada</i>
15/12/2008	CF	P	-	-	500	-	2,00
18/12/2008	CF	E	-	-	500	-	0,58
29/06/2009	CF	E	-	-	250	-	1,92

Fonte: PAFOG.

**Tabela 30- Resultado das previsões de nevoeiro do modelo PAFOG com inicializações dos perfis do CFSR, para os frontais. \* todas as previsões acertaram o nevoeiro.**

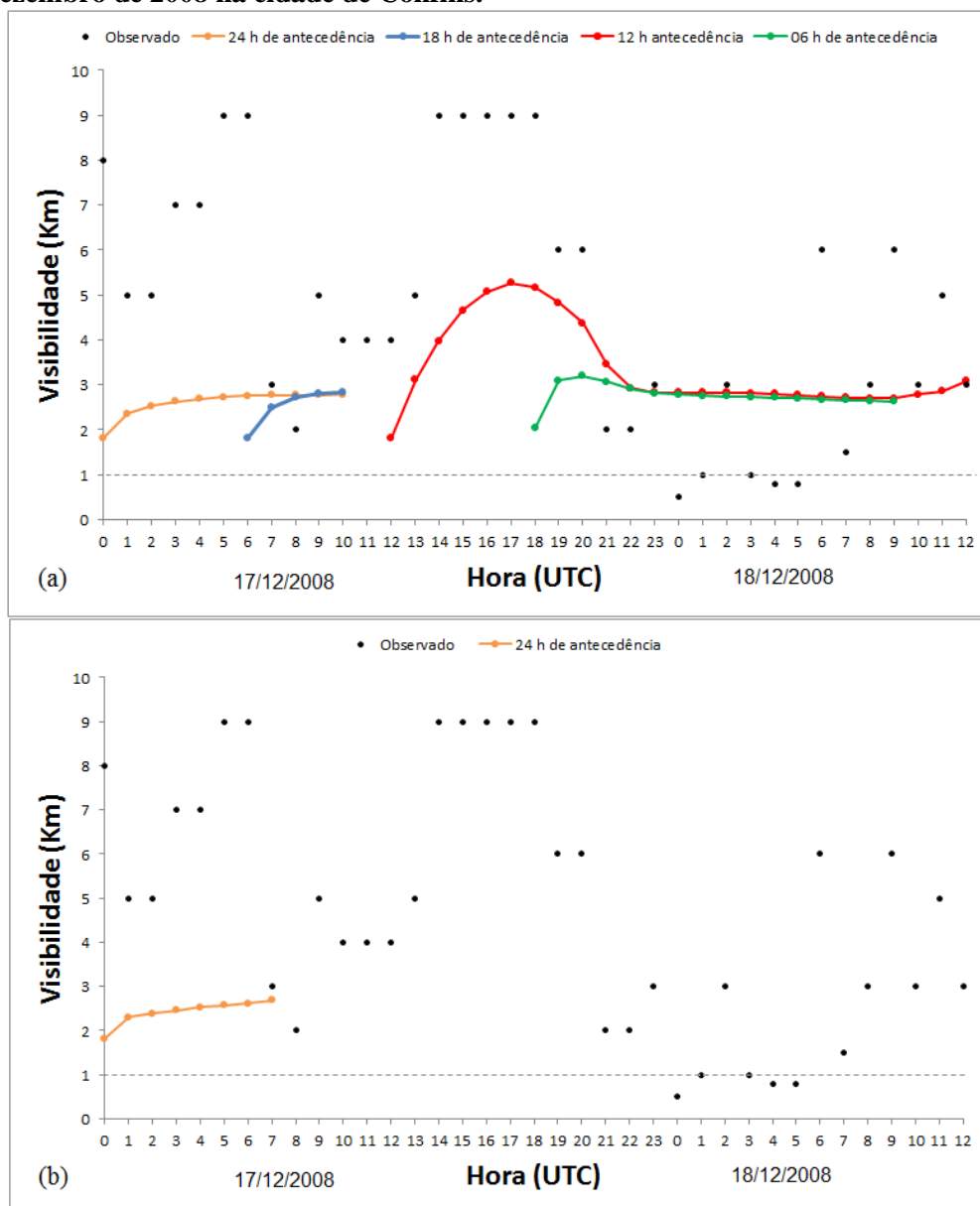
<i>Data</i>	<i>Cidade</i>	<i>Tipo</i>	<i>Antecedência (h)</i>	<i>Visibilidade (m)</i>		<i>Duração (h)</i>	
				<i>Prevista</i>	<i>Observada</i>	<i>Prevista</i>	<i>Observada</i>
15/12/2008	CF	P	-	-	500	-	2,00
18/12/2008	CF	E	-	-	500	-	0,58
29/06/2009	CF	E	-	-	250	-	1,92

Fonte: PAFOG.

A seguir, é apresentado como exemplo o resultado do PAFOG para o evento ocorrido no dia 02 de Junho de 2008:

O PAFOG não previu nevoeiro neste evento, as previsões interrompidas foram as com 24 e 18 horas de antecedência quando inicializadas com os perfis do CFSR (Figura 72, a linhas laranja e azul, respectivamente), e com 24 horas de antecedência quando inicializadas com o perfil observado (Figura 72 b, linhas laranja). As restantes previsões (com perfis do CFSR e observado) não foram interrompidas, mas não acertaram o evento.

**Figura 72- Previsões de visibilidade horizontal com 24, 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 24h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 18 de Dezembro de 2008 na cidade de Confins.**



Fonte: PAFOG.

#### 4.5.2.4 Resultado do NEB

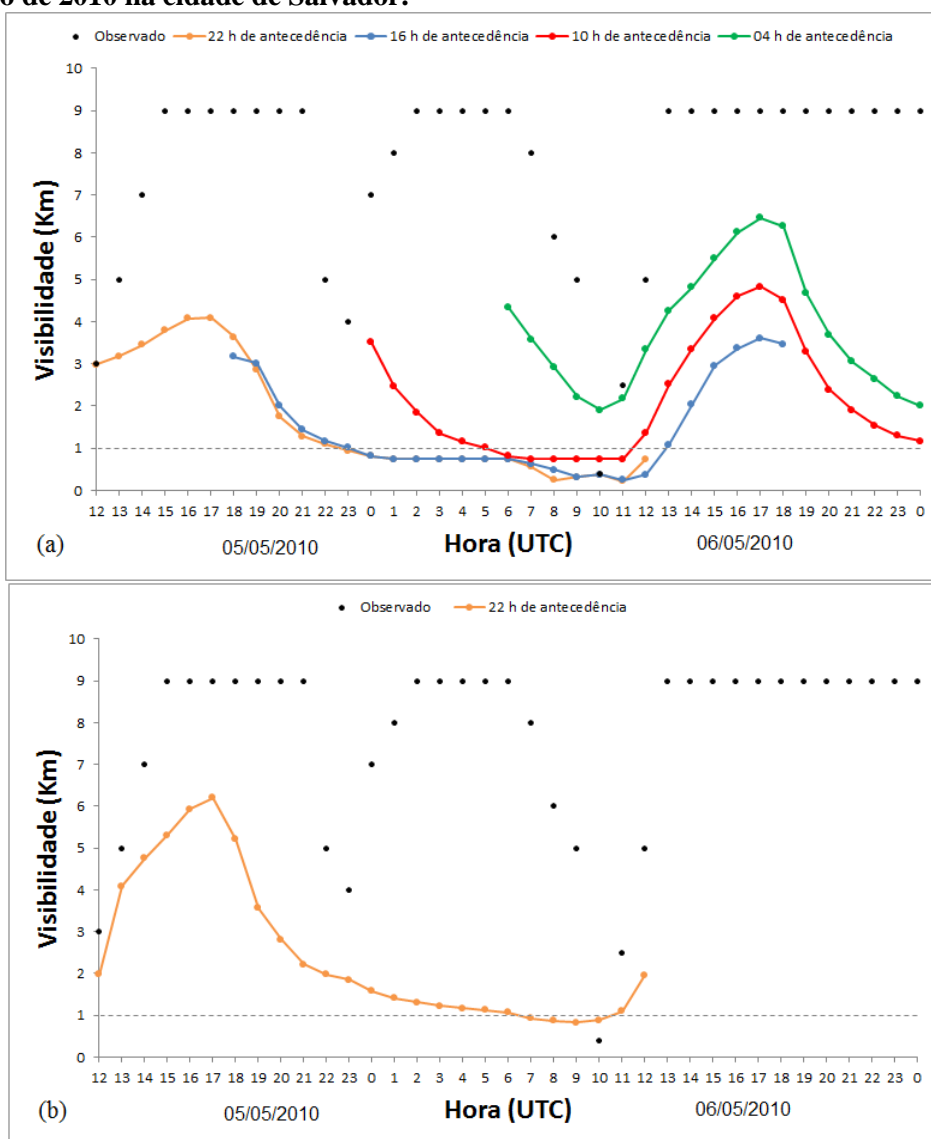
##### 4.5.2.4.1 Cidade de Salvador

As previsões inicializadas com perfis do CFSR foram favoráveis para o uso do modelo. A maioria das previsões acertaram o nevoeiro, excepto a previsão com 4 horas de antecedência que apresentou problema na extrapolação do ponto de orvalho (Figura 73 a, linha verde). Os resultados detalhados das previsões estão na Tabela 31. A melhor previsão

foi com 16 horas de antecedência, que registrou visibilidade mínima de 250 metros e duração de 12 horas, quando na estação foi observada visibilidade mínima de 400 metros e duração de 0,17 horas (Figura 73 a, linha azul).

A única previsão inicializada com perfil observado foi com 22 horas de antecedência, o PAFOG previu visibilidade mínima de 835 metros e duração de 3 horas (Figura 73 b, linha laranja).

**Figura 73- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 06 de Maio de 2010 na cidade de Salvador.**



Fonte: PAFOG.

**Tabela 31- Resultados das previsões do modelo PAFOG para a cidade de Salvador.**

	<i>Previsão com modelo PAFOG</i>						
	<i>Observado</i>	<i>CFSR-Previsão</i>				<i>Radiosonda</i>	
<i>Antecedência (h)</i>	-	22	16	10	04	22	-
<i>Visibilidade (m)</i>	400	216	250	738	1910	835	-
<i>Duração (h)</i>	0,17	13,0	12,0	5,0	-	3,0	-

Fonte: PAFOG.

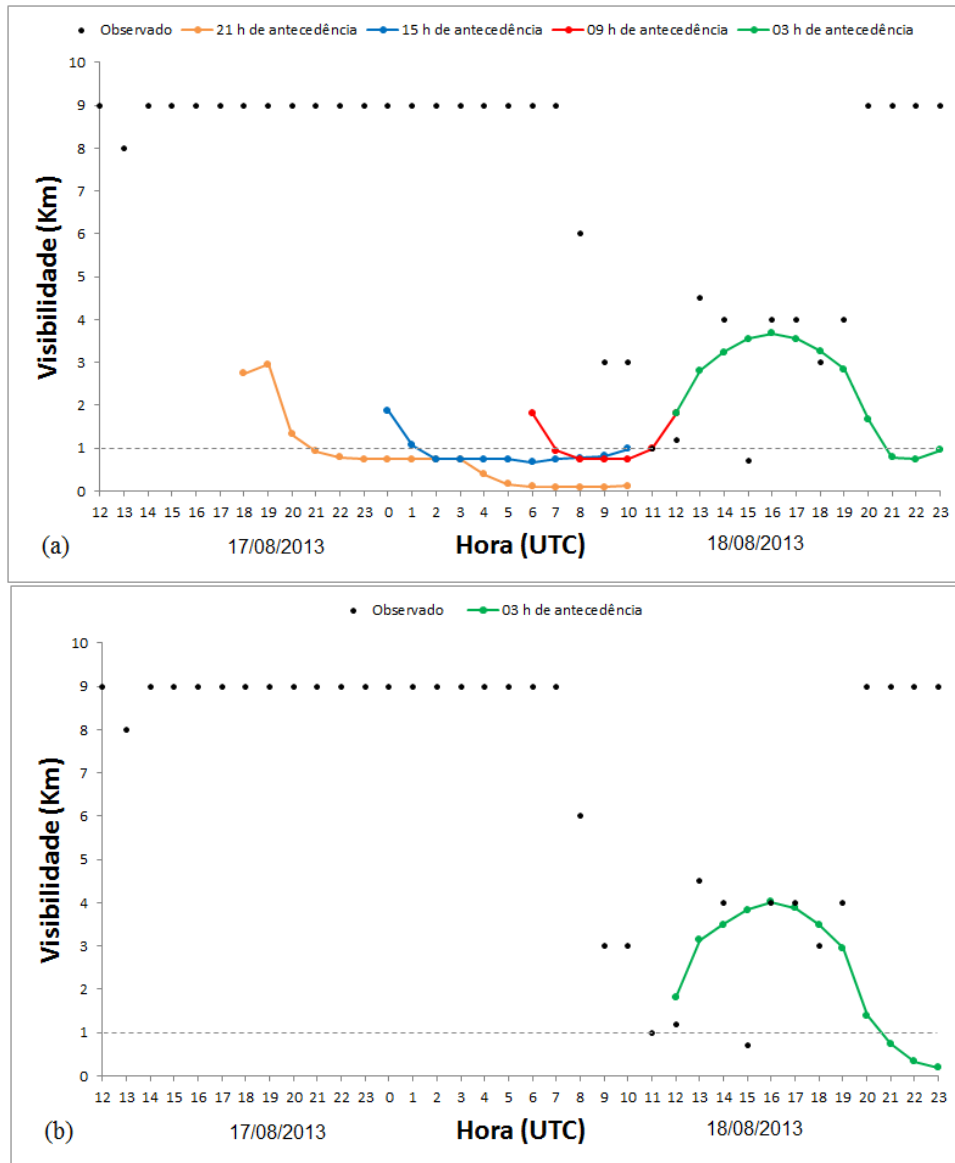
#### 4.5.2.4.2 Cidade de Recife

Todos os perfis de umidade usados nas inicializações do PAFOG, tanto os do modelo CFSR como o observado mostraram condições desfavorável para o uso do modelo (Bott e Trautmann, 2002). Além da umidade, os fenômenos meteorológicos presente na hora das inicializações também não favoreceram o uso do modelo, pois na hora da inicialização com 21h de antecedência foi observado chuva nos arredores do aeroporto, e nas inicializações com 15h, 09 e 03h de antecedência foi observado chuva no aeroporto.

Como já era esperado, todas as previsões feitas com inicialização dos dados do modelo CFSR não previram o nevoeiro, as previsões com 21, 15 e 09 horas de antecedência foram interrompidas horas antes do evento (Figura 74 a, linha laranja, azul e vermelha, respectivamente).

A única previsão feita com inicialização de dados observado também não previu o nevoeiro como era esperado, horas depois do evento também foi interrompida (Figura 74 b, linha verde).

**Figura 74- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 03h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013 na cidade de Recife.**



Fonte: PAFOG.

Os resultados das previsões com os dados de inicialização do modelo CFSR e da radiossonda esta na Tabela 32, onde pode-se observar que nenhuma previsão acertou o evento.

**Tabela 32- Resultados da previsão do modelo PAFOG para a cidade de Recife.**

	Previsão com modelo PAFOG						
	Observado	CFSR-Previsão				Radiossonda	
Antecedência (h)	-	21	15	09	03	-	03
Visibilidade (m)	700	92	673	738	3243	-	3872
Duração (h)	0,17	-	-	-	-	-	-

Fonte: PAFOG



## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Foram identificados e analisados os eventos de nevoeiros durante o período de 2 anos (2008-2009) nas cidades de Porto Alegre e Confins (regiões R1 e R2, respectivamente), onde foram encontrados 82 casos em Porto Alegre e 74 casos em Confins. No período de 7 anos (2008-2014) foram encontrados 1 caso para Salvador e Recife e nenhum em Petrolina (Região R3).

Em Porto Alegre os nevoeiros duraram entre 10 minutos e 11:30 horas, a maioria ocorreram no outono e inverno ( $\approx 84\%$ ) e todos no período da madrugada e manhã, com apenas 1 caso com chuva. Em Confins os nevoeiros duraram entre 10 minutos e 3:00 horas, a maioria ocorreram na primavera e verão ( $\approx 72\%$ ) com maior ocorrência a noite e madrugada ( $\approx 92\%$ ), e aproximadamente 43% registrados com chuva. No NEB os nevoeiros foram muito curtos (10 minutos), ocorreram no outono e inverno, e 1 foi registrado com chuva.

### 1) Porto Alegre

Dentre os 23 casos escolhidos em Porto Alegre, 13 casos foram nevoeiro de radiação ocorridos no anticiclone, e 10 casos foram frontais. Os nevoeiros frontais encontrados neste estudo nunca foram descritos anteriormente. Na extremidade frontal ocorreram 5 casos, em 3 eventos foram entre a extremidade frontal e ciclone barotrópico, e 2 casos foram associados com ciclogênese.

As condições típicas para a formação de *nevoeiro de radiação* foram confirmadas pela radiossondagem em Porto Alegre. Antes do nevoeiro foi observado alta umidade e pouca ou nenhuma nebulosidade. Na hora do nevoeiro o vento foi na ordem de 0 a 7 nós e direção predominante de nordeste e componentes de sul. Antes da formação dos nevoeiros na *extremidade frontal* observou-se nebulosidade com chuva na maioria dos casos. Na hora do nevoeiro o vento foi de 0 a 7 nós soprando do oceano. Em 1 caso *ciclogênético* observou-se nevoa umida antes do nevoeiro e no outro não tinha fenômeno. Nos 2 casos a velocidade do vento foi de 2 nós e sopravam de noroeste.

Todos os perfis da troposfera obtidos pelas *radiossondagens* apresentaram condições típicas de nevoeiro, com umidade alta ( $UR \geq 95\%$ ) em baixos níveis (da superfície até  $\approx 1000\text{hPa}$ ). Nos *nevoeiros de radiação* foram confirmadas condições típicas (com inversão de

radiação em 9 casos, camada isotérmica em 3 casos, e inversão de subsidência em todos casos; camada seca em médios e altos níveis; e atmosfera estável ou condicionalmente estável). Nos *nevoeiros frontais* (na extremidade frontal e nos processos ciclogénéticos) apresentaram camada úmida profunda (a maior até 729hPa ).

Os *perfis de reanálise e previsão do CFSR* não apresentaram camada com existência de nevoeiro porque não mostram informações de superfície.

1) Todos os perfis dos *nevoeiros de radiação* apresentaram camada seca em médios e altos níveis. Quase todos os perfis de *reanálise e de previsão* mostraram camada de retenção: inversão de subsidência ou camada isotérmica. Os mesmos perfis na sua maioria apresentaram camada estável superficial, e somente 1 caso tinha instabilidade condicional.

2) Os *nevoeiros frontais* mostraram: a) na *extremidade frontal* camada profunda úmida (a maior até 750hPa) e b) nos *influenciados por ciclogênese* camada úmida rasa (a maior até 850hPa ).

## 2) Confins

Em Confins, 2 eventos foram formados na extremidade frontal e 1 foi causado por POA. Antes do nevoeiro observou-se nuvem em 2 casos (com chuva em 2 casos e nevoa úmida em 1 caso). Na hora do nevoeiro o vento foi fraco (de 2 a 8 nós) soprando do oceano.

Em Confins, todos os perfis (*radiossonda e CFSR*) apresentaram camada úmida profunda desde a superfície até médios e alto níveis (máxima até 400hPa na *radiossonda* e até 200hPa no *CFSR*). Os perfis de radiossonda apresentaram inversão de radiação em 2 casos, os do CFSR apresentaram inversão de subsidência em 1 caso. Os perfis observados apresentaram atmosfera estável em baixos níveis e os do CFSR condicionalmente estável.

## 3) NEB

No NEB os 2 eventos foram causados por POA. Em *Salvador*, antes do nevoeiro foi observado nuvem e nevoa úmida; na hora do nevoeiro o vento foi de 2 nós soprando do continente. O perfil observado mostrou camada úmida em baixos níveis (da superfície até 1000hPa, com umidade máxima de 95%) e inversão de subsidência (de 936 até 919hPa). Os perfis do CFSR mostraram umidade em baixos níveis (de 975 até 925hPa, com umidade máxima de 88%) e não mostraram inversão. Os perfis observados e do CFSR mostraram camada condicionalmente estável.

Em *Recife*, antes do nevoeiro foi observado nuvem e chuva; na hora do evento o vento foi de 7 nós soprando do oceano. Os perfis (radiossonda e do CFSR) mostraram espessura úmida profunda (até  $\approx 600$ hPa, com umidade máxima de 99%), com camada instável na superfície (radiossonda) e condicional (CFSR).

O *modelo PAFOG* foi usado em todos os eventos escolhidos. As previsões foram elaboradas desde 1 a 23 horas de antecedência com resultados satisfatório na maioria dos eventos. As previsões que não foram satisfatórias, apresentaram problemas na extrapolação do ponto de orvalho. Os erros na extrapolação foram menores no inverno em relação as outras épocas do ano.

Em Porto Alegre, o PAFOG previu todos os nevoeiros de radiação, inicializados com perfis observados e do CFSR. As melhores previsões foram as inicializadas as 1200UTC do dia anterior. Nos nevoeiros frontais com inicialização dos perfis observados o PAFOG previu 6 casos e não previu 2 casos. Com inicialização dos perfis do CFSR o modelo previu 7 casos e não previu 1 caso.

O PAFOG não previu todos os nevoeiros ocorridos em Confins. No NEB, o nevoeiro não foi previsto em Recife. O modelo previu o nevoeiro em Salvador com 22 horas de antecedência.

## **SUGESTÕES:**

O autor sugere a continuação do trabalho, com o estudo dos outros casos de nevoeiros não escolhido para apresentação detalhada neste trabalho. Também sugere o estudo dos casos raros de nevoeiros apresentados com outros modelos de reanálise, como por exemplo o ECMWF, afim de confirmar o que os modelos do NCEP e CFSR mostraram nos casos de nevoeiro nunca apresentados no Brasil. Por ultimo, é necessário fazer estudos estabelecendo a altura que os nevoeiros atingem no Brasil, afim de se obter uma calibração do modelo PAFOG com as condições da região.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, J. O. **Um estudo da estrutura das perturbações sinóticas do Nordeste do Brasil.** (INPE-789-TPT/017). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1975.

ANDRÉ, J. C.; MAHRT, L. **The nocturnal surface inversion and influence of clear-air radioactive cooling.** *J. Atmos. Sci.*, v.39, n. 4, p. 864-878, 1981.

Byers, H. R. *General meteorology.* New York: 4. ed. **MC Graw Hill Book Company**, p. 480-510, 1959, 540 p.

BONATTI, J. P.; RAO, V. B, DIAS, P. L. S. **On the westward propagation of Catarina storm.** In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE METEOROLOGIA E OCEANOGRAFIA NO HEMISFÉRIO SUL, 8., Foz do Iguaçu, 2006. Anais... Rio de Janeiro: SBMET, 2006.

Bott, A.; Sievers, U.; Zdunkowski, W. **A radiation fog model with a detailed treatment of the interaction between radiative transfer and fog microphysics.** *Journal of Atmospheric Science.* v. 47, n. 18, 2153-2166, 1990.

Bott, A. **A numerical model of the cloud-topped planetary boundary-layer: Impact of aerosol particles on radiative forcing of stratiform clouds.** *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.* v. 123, 631-656, 1997.

Bott, A.; Trautmann, T. **PAFOG – A new efficient forecast modelo f radiation fog and low-level stratiform clouds.** *Atmospheric Research.* v. 64, 191-203, 2002.

BRABO ALVES, J.M., TEIXEIRA, R.F.B., FERREIRA, A.G. Um Intenso Sistema Convectivo de Mesoescala no Setor Leste do Nordeste: O Caso de 20 a 21 de maio de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 16, n. 1, p. 19-31, 2001.

Cabral, E., *Climatologia dos nevoeiros no Aeroporto de Guarulhos (1969-1997).* In: Congresso Brasileiro de Meteorologia , 10., 1998, Brasília , **Anais...**, Brasília, 1998, p. 1-5.

Cabral, E. Aspectos climatológicos da ocorrência de nevoeiro na área do aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos. In: Encontro Nacional de 104 Geógrafos, 8., e Congresso Brasileiro de Meteorologia, 6., 1990. **Anais...** Salvador, BA: SBMeT, 1990.

Chaumerliac, N.; Richard, E.; Pinty, J. P. **Sulfur scavenging in a mesoscale model with quasi-spectral microphysics: Two-dimensional results for continental and maritime clouds.** *Journal of Geophysical Research.* v. 92 (D3), 3114-3126, 1987.

COELHO-ZANOTTI, M. S. S. ; GAN, M. A. ; CONFORTE, J. C. . Estudo Da Variabilidade Da Posição E Da Nebulosidade Associada À Zcit Do Atlântico, Durante A Estação Chuvosa De 1998 E 1999 No Nordeste Do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, p. 23-34, 2004.

COSTA, S. B. ; FEDOROVA, N. ; LEVIT, V. ; TEIXEIRA, E. R. . **PRECIPITAÇÕES EXTREMAMENTE INTENSAS NA PERTURBAÇÃO**

ONDULATÓRIA NOS ALÍSIOS EM ALAGOAS NOS DIAS 26 E 27 DE JUNHO DE 2001. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004.

Cotton, W.R.; Anthes, R.A., Storm and cloud dynamics, 1 ed. San Diego: **Academic Press**, 1989. 303-367p.

Da cruz, C. D. **Determinação sinótica dos fatores que favorecem as influências frontais sobre o Estado de Alagoas**. 2008. 137 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Departamento de Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

DEAN, G. A. **The three dimensional wind structure over South America and associated rainfall over Brazil**. São José dos Campos, INPE, 1971. (LAFE-164).

DjuDjuric, D. , 1994. **Weather Analysis**. New Jersey: Printice Hall, 304p.

FEDOROVA, N; FEDOROV, D. **Formação de vórtices no campo de nebulosidade sobre a América do Sul. Parte II. A corrente de jato, as correntes de ar e a formação do vórtice ciclônico**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília, DF, CONGRESSO DA FEDERAÇÃO LATINO-AMERICANA E IBÉRICA DE SOCIEDADES DE METEOROLOGIA, 8., 1998, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. 1 CD-ROM.

Fedorova, N., **Meteorologia sinótica.**, 1ed. Pelotas: Universitária-UFPel, 1999. v.1, 259p.

Fedorova, N., **Meteorologia sinótica.**, 1ed. Pelotas: Universitária-UFPel, 2001. v.2, 242p.

FEDOROVA, N., GEMIACKI, L., CARVALHO, L. C., LEVIT, V., RODRIGUES, L. R. L., COSTA, S. B. Frontal Zone on the North-East of Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY (ICSHMO), 8., 2006. Foz do Iguaçu. **Proceedings...** São José dos Campos: INPE, 2006, p. 1765-1768. CD-ROM, 2006.

Fedorova, N.; Levit, V.; Fedorov, D., Fog and Stratus Formation on the Coast of Brazil. **Atmospheric Research**, 87, 2008, 268-278.

Fedorova, N.; Levit, V.; Silva, A. O.; Santos, D. M. B., Low Visibility Formation and Forecasting on the Northern Coast of Brazil. **Pure and Applied Geophysics**. 2013, 170(4), 689-709.

Fedorova, N.; Levit, V.; Souza, J. L.; Silva, A. O.; Afonso, J. M. S.; Teodoro, I., Fog Events at Maceio Airport on the Northern Coast of Brazil During 2002-2005 and 2007. **Pure and Applied Geophysics**, 2015. DOI 10.1007/s00024-014-1027-0.

Fedorova, N.; Levit, V.; Da Cruz, C., On frontal zone analysis in the tropical region of the Northeast Brasil. **Pure and Applied Geophysics**, 2015. DOI 10.1007/s00024-015-1166-y.

FERREIRA, N. S. Zona de Convergência Intertropical. Climanálise. IN: CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. MCT/INPE. Edição Especial de 10 anos. Cachoeira Paulista, SP. 1996. 235 p.

GAN, M. A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico sul e leste do Brasil**. 80p. (INPE-2685-TDL/126).

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1983.

Gan, M. A.; Kousky, V. E.; Vórtices ciclônicos da alta troposfera no Oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 1, 19-28, 1986.

Gan MA, Rao VB. 1991. Surface cyclogenesis over South America. **Monthly Weather Review** 119: 1293-1302.

George, J. J., **Fog. Compedium meteor.** Boston: Amer. meteor. Soc. p. 1179 – 1189, 1951.

Gomes, H. B., Fedorova, N.; Levit, V., Rare events of stratus clouds on the northeast coast of Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2011, 26(1), 9-18.

GREAT BRITAIN. METEOROLOGICAL OFFICE. **Handbook of aviation meteorology**. 3. ed. London: HMSO, 1994. 401p. ISBN: 0114003653

Gultepe, I.; Muller, M. D.; Boybeyi, Z. **A new visibility parameterization for warm-fog applications in numerical weather prediction models**. Journal of Applied Meteorology and Climatology. v. 45, 1469-1480, 2006.

Gultepe I. et al. **Fog Research: A review of past achievements and future perspectives**. Pure and Applied Geophysics. 2007.

HOLETS, S.; SWANSON, R. N. High-inversion fog episodes in Central California. **Journal of Applied Meteorology**, v. 20, p. 890-899, Aug. 1981.

HOOVER, R. A. Forecasting radiation fog at Elkins, W. VA. **Monthly Weather Review**, v. 78, n. 5, May 1950.

HUBERT, L. F., KRUEGER, A. F. and WINSTON, J. S. 1969: The double intertropical convergence zone - Fact or fiction? **Journal of the Atmospheric Sciences**, 26, 771-773.

INMET. Manual de observação meteorológica. 3ed. Brasília, 1999, 29/62p.

Janicke, R. **Aerosol-Cloud-Climate Interactions, Chapt. Tropospheric Aerosols**, pp. 1-31. Academic Press, San Diego. 1999.

Janicke, R. **Aerosol-Cloud-Climate Interactions, Chapt. Tropospheric Aerosols**, pp. 1-31. Academic Press, San Diego. 1993.

Jiusto, J., **Fog structure**. 1ed. San Diego: Academic Press, 1981. 156-299p.

Leipper, D. F. **Fog on the U.S. West Coast: A Review**. Reno, Nevada: Bulletin of the American Meteorological Society. v. 75, n. 2, 229-240, 1994.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. L. **Upper tropospheric cyclonic vortices in the subtropical South Atlantic**. Tellus, v. 33, p. 538-551, Nov. 1981.

Lima, J.S. **Previsão de ocorrência e duração de Nevoeiro em Porto Alegre**. método objetivo. São José dos Campos: Instituto de Proteção ao Vôo do Ministério da Aeronáutica, p. 1-18, 1982.

Lima, L. C. E.; Satyamurty, P., Um estudo observacional da formação e trajetórias de anticiclones extratropicais na América do Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1992. v.2, p.706-10.

LOURENÇO, M. C. M. **Vórtices ciclônicos em altos níveis que atuam no sul da América do Sul**. 1996. 77pp. (INPE-10462-TDI/929). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1996.

MADDOX, R. A. Mesoscale convective complexes. **Bulletin American Meteorology Society**. v. 61, p. 1374–1387. 1980.

Malm, W. C. **Introduction to Visibility**. CIRA – Colorado State University. 1999. 78 f.

Mellor, G. L.; Yamada, T. **A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers**. *Journal of Atmospheric Science*. v. 31, n. 7, 1791-1806, 1974

MEYER, M. B.; LALA, G. G. Climatological aspects of radiation fog occurrence at Albany, New York. **Journal of Climate**, v.3, p. 577-586, May 1990.

MISHRA S. K.; RAO, V. B. **The energetics of an upper tropospheric cyclonic vortex over north-east Brazil**. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Part A*, v. 127(577), p. 2329-2351, 2001.

MISHRA, S. K.; RAO, V. B.; FRANCHITO, S. H. Genesis of North-East Brazil upper tropospheric cyclonic vortex: a primitive equation barotropic instability study. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 64, p. 1379-1392, 2007.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. In: XI congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro. **Anais do XI CBMET**. Rio de Janeiro, RJ : SBMET, 2000.

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

Muller, M. D.; Masbou, M.; Bott, A.; Janjic, Z. **Fog prediction in a 3D model with parameterized microphysics**. World Weather Research Programme's Symposium on Nowcasting and Very Short Range Forecasting. Toulouse, France, September 5-9. 6.26. 2005.

Nickerson, E. C.; Richard, E.; Rosset, T.; Smith, D. R. **The numerical simulation of clouds, rain, and airflow over the Vosges and black forest mountains: a meso- $\beta$  model with parameterized microphysics**. *Monthly Weather Review*. v. 114, 398-414, 1986.

Nunes, E. Um modelo metodológico de classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 4, p. 50-89, out/dez. 1979.

Oliveira, G. A. **Método Estatístico no auxílio à previsão de nevoeiro para o aeródromo de Guarulhos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. 105 p.

Pagowski, M.; Gultepe, I.; King, P. **Analysis and modeling of an extremely dense fog event in southern Ontario**. *Journal of Applied Meteorology*. v. 43, 3-16, 2004.

Peterssen, S., **Weather analysis and forecasting**. 1ed. New York: MC Graw Hill Book, 1940. 110-137p.

Pielke, R. A. **Mesoscale meteorological modeling**. Academic Press. Orlando 612 pp, 1984.

Piva, E.; Fedorova, N., Um estudo sobre a formação de nevoeiro de radiação em Porto Alegre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro. V.14, n.2, p.47-62, 1999.

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.

RAMÍREZ, M. C. V. et al. Padrões climáticos dos vórtices ciclônicos em altosníveis no nordeste do Brasil, parte II: aspectos sinóticos. In: **Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia**. Brasília-DF, 1998.

RODRIGUES, L. R. L.; FEDOROVA, N. ; LEVIT, V. CAVADOS BÁRICOS ATUANTES NO ESTADO DE ALAGOAS E FENÔMENOS ADVERSOS ASSOCIADOS. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. Florianópolis : SBMET, 2006a. v. CD1.

RODRIGUES, L. R. L.; FEDOROVA, N. ; LEVIT, V. TROVOADAS NA COSTA LESTE DO NORDESTE DO BRASIL ASSOCIADAS A INTERAÇÃO ENTRE ONDAS NOS VENTOS DE LESTE E VCAN. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. Florianópolis : SBMET, 2006b. v. CD1.

Sakakibara, H. **A scheme for stable numerical computation of the condensation process with large time steps**. *J. Meteorol. Soc. Jpn.* v. 57, 349-353, 1979.

Satyamurti P, Nobre CA., Silva Dias PL. 1998. South America, In *Meteorology of Southern Hemisphere*. Karoly DJ, Vincent DG (ed.). **American Meteorological Society: Boston**; 119-139.

SECHRIST, F.S.; WHITTAKER, T.M. Evidence of jet stream vertical circulations. **Monthly Weather Review**, v. 107, p. 1014-1021, Ago.1979.

Siebert, J.; Bott, A.; Zdunkowski, W. **Influence of a vegetation-soil model in the simulation of radiation fog**. *Beitr. Phys. Atmos.* v. 65, 93-106, 1992a.

Siebert, J.; Sievers, U.; Zdunkowski, W. **A one-dimensional simulation of the interaction between land surface processes and the atmosphere**. *Boundary – Layer Meteorol.* v. 59, 1-34, 1992b.

SILVA DIAS, M. A. F. **Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo**. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v. 2. p. 133-150. 1987.



Silva, A. O., **Análise e Previsão de visibilidade baixa no aeroporto de Maceió**. 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Departamento de Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2012.

Silveria, V. P., **Análise dos casos de nevoeiros e nuvens stratus no aeroporto de Maceió (Alagoas)**. 2003. 91 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Departamento de Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2003.

TAYLOR, G. F. **Aeronautical Meteorology**. Pitman, 1941. 455 p.

Thoma, C.; Schneider, W.; Masbou, M.; Bott, A. **Integration of local observations into the one dimensional fog model PAFOG**. Pure and Applied Geophysics. 2011.

The COMET Program, 1999. **Radiation Fog**. UCAR/COMET. Distance Learning Aviation Coarse 1. Publicado em: 10 dez. 1999. Disponível em: <<http://meted.ucar.edu/>>. Acesso em: 17 ago. 2011.

Tubelis, A., Nascimento, F. J. L., **Meteorologia Descritiva-Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. 1ed. São Paulo: Nobel, 1983. 183-187p.

Twomey, S. **The nuclei of natural cloud formation Part II: The supersaturation in natural clouds and the variation of cloud droplet concentration**. Geofisica pura e applicata. v. 43, 243-249, 1959.

Varejão-Silva, M. A., **Meteorologia e Climatologia**. 1ed. Brasília: Stilo, 2000, 367-391p.

VAREJAO, M. A. S. Perturbações atmosféricas, In: **Meteorologia e Climatologia**. ed. comemorativa. Brasília (DF): Gráfica e editora Stilo, 2005. p. 417-442.

Vianello, R. L.; Alves, A. R., **Meteorologia Básica e Aplicações**, UFV, 2012. 2ed, 456p.

VIRJI, H. **A preliminary study of the summer time tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds**. Monthly Weather Review, v. 109, p. 99-610; Mar. 1981.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. **Atmospheric Science – An introductory Survey. 2.. ed . Amsterdam: Elsevier, 2006. 483 p.**

Willet, H. C. **Fog and haze, their causes, distribution, and forecasting**. Washington: Monthly Weather Review. v. 56, 435-468, 1928.

WMO-2008, World Meteorological Organization No 8. **Guide to meteorological instruments and methods of observation**. 7th. ed. Switzerland, 2008.

XAVIER, T. M. B. S., XAVIER, A. F. S., SILVA DIAS, P. L., SILVA DIAS, M. A. F. A Zona de Convergência Intertropical - ZCIT e suas relações com a chuva no Ceará (1964-98). Revista Brasileira de Meteorologia, v. 15, n. 1, p. 27-43, 2000.

Zdundowski, W. G.; Panhans, W. G.; Welch, R. M.; Korb, G. J. **A radiation scheme for circulation and climate models**. Beitr. Phys. Atmos. v. 55, 215-238, 1982.

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

Website de ZH Notícias, 2014: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2014/07/em-um-mes-de-operacao-do-novo-sistema-salgado-filho-fecha-por-somente-sete-horas-4560199.html>

Website da REDEMET: <http://www.redemet.aer.mil.br>

Website University of Wyoming: <http://www.weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

Website da NCEP: <http://www.cdc.noaa.gov>

Website da GIBBS/NOAA: <http://www.ncdc.noaa.gov/gibbs>

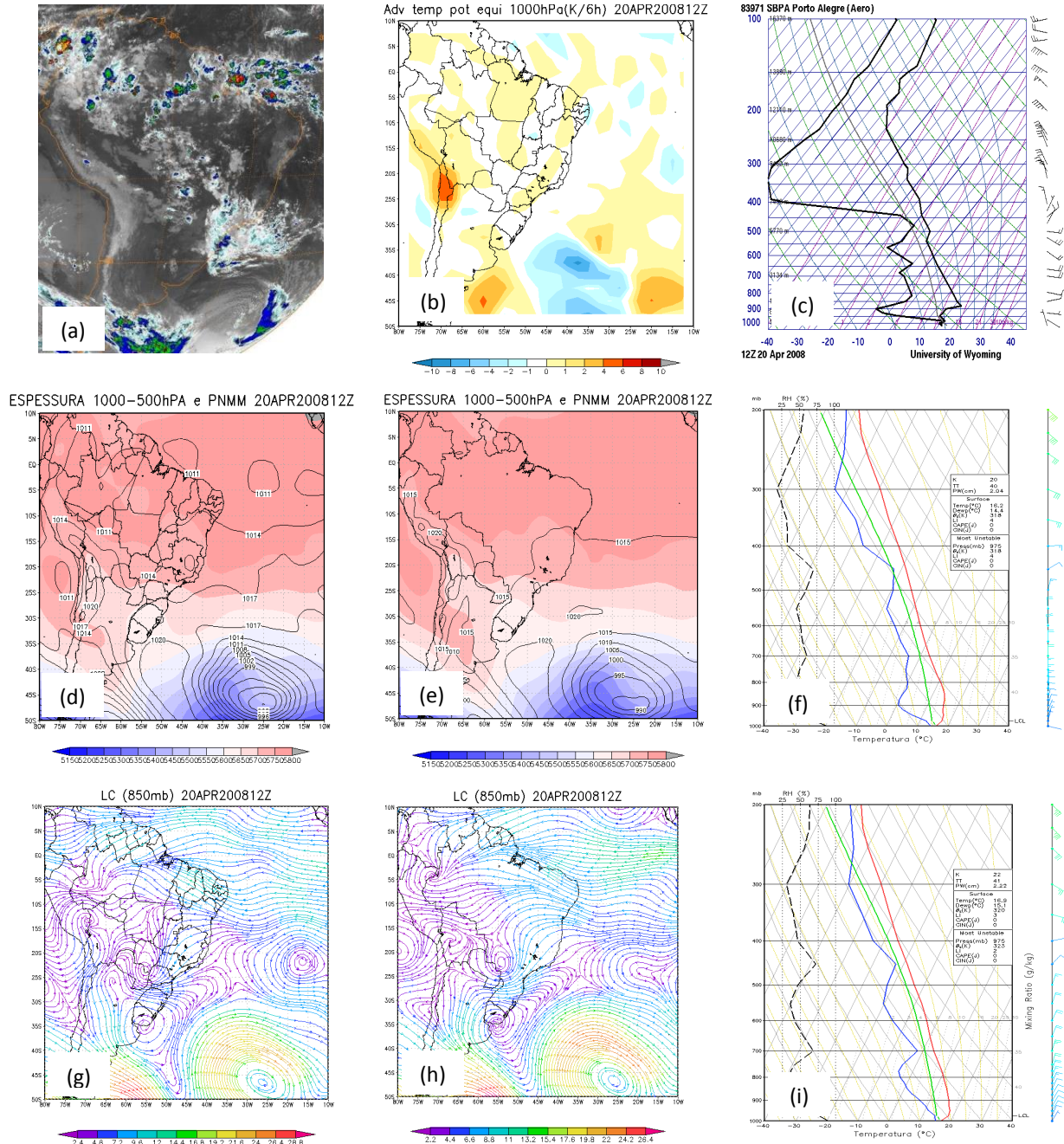
Website do CFSR: <http://rda.ucar.edu/pub/cfsr.html>

Website do AUF: <http://www.auf.asn.au/meteorology/section3.html>



Caso ocorrido no dia 20 de Abril de 2008: Nevoeiro de Radiação

Figura 76- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (c), skew-t observado (b), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (c) e CFSR (d), skew-t de reanálise (e) e previsão (h) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (f) e CFSR (g) no dia 20 de Abril de 2008 as 1200UTC.

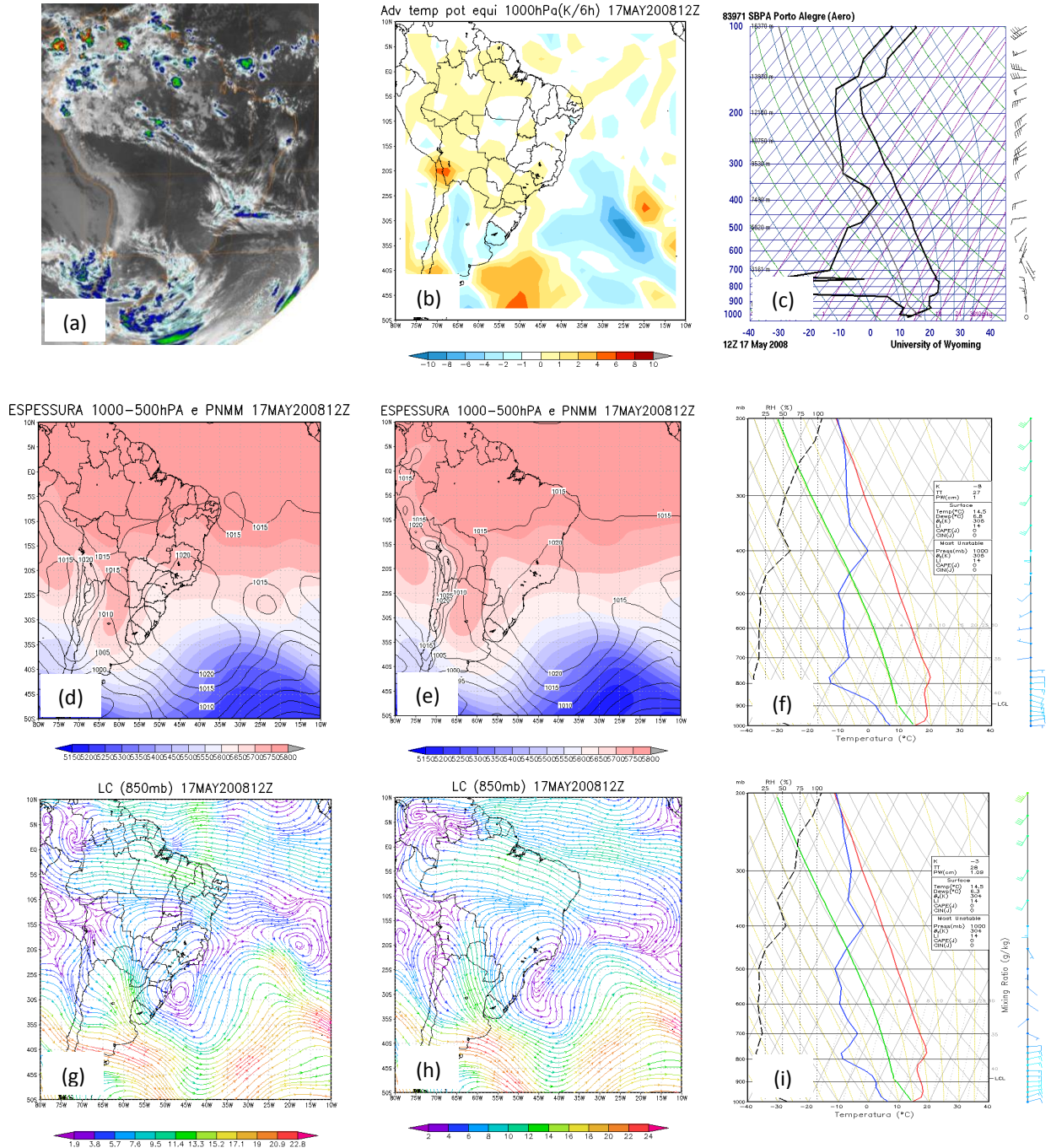


Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.



**Caso ocorrido no dia 17 de Maio de 2008: Nevoeiro de Radiação**

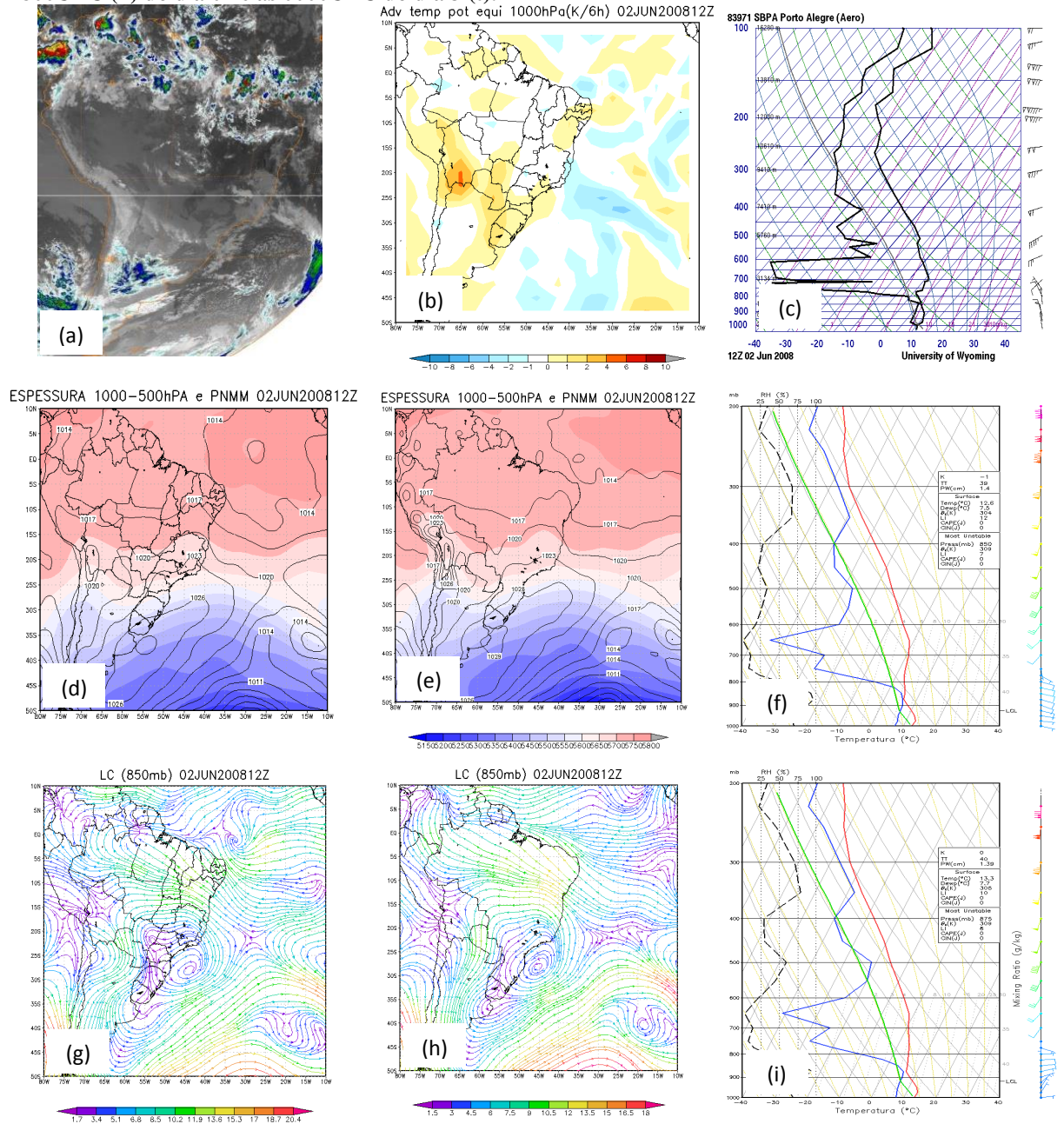
**Figura 77- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 17 de Maio de 2008 as 1200UTC.**



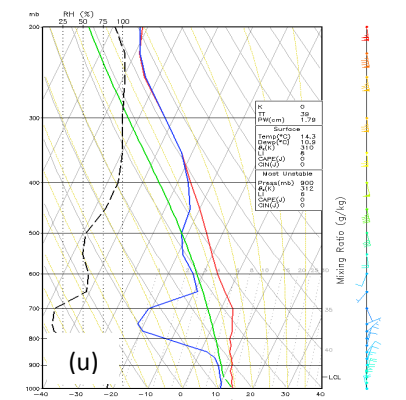
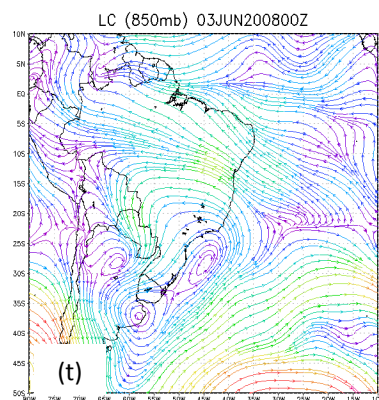
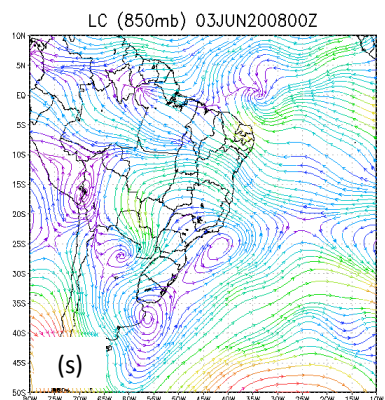
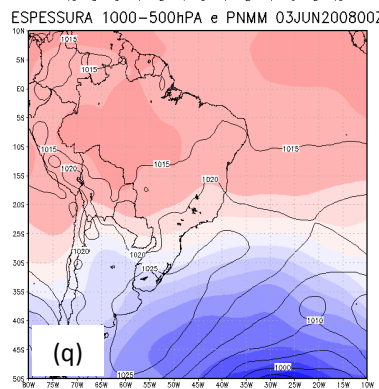
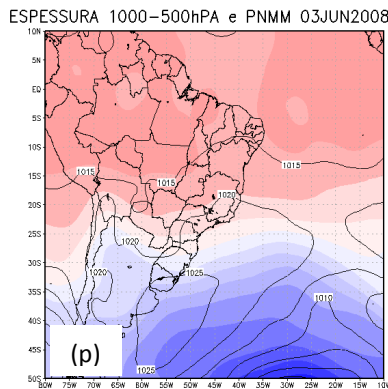
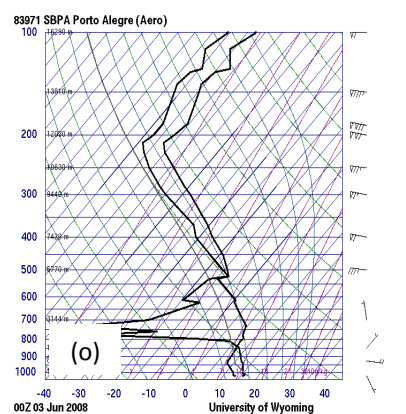
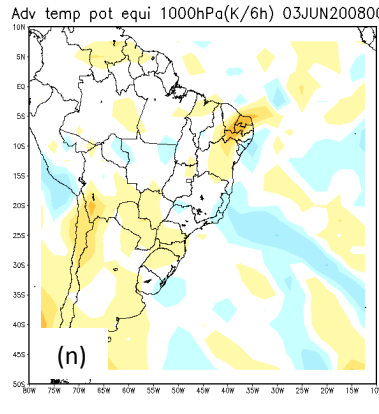
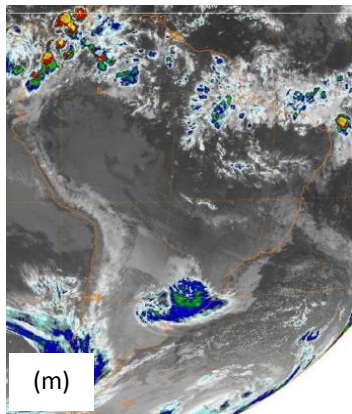
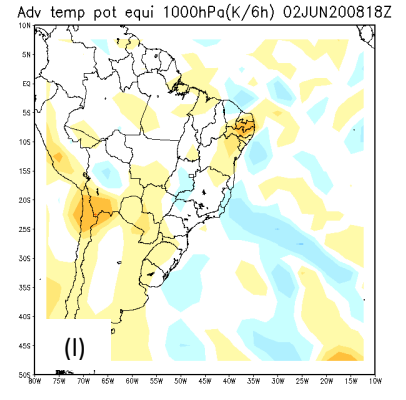
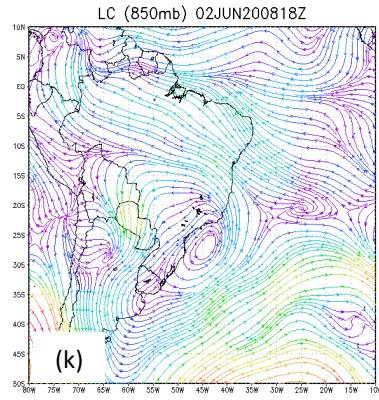
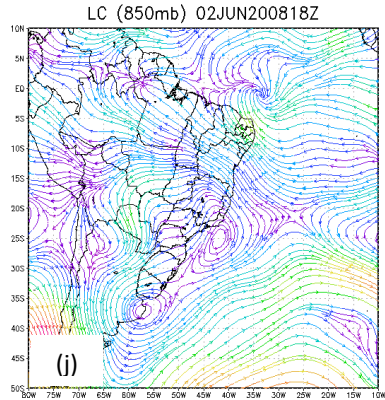
Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP e CFSR.

**Caso ocorrido no dia 02 de Junho de 2008: Nevoeiro Ciclogênico**

**Figura 78- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho as 1200UTC do dia 02 (a) e as 0000UTC do dia 03 (m), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC (b) e as 1800UTC (l) do dia 02 e as 0000UTC do dia 03 (n), skew-t observado as 1200UTC do dia 02 (c) e as 0000UTC do dia 03 (o), espessura e pnm do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC do dia 02 (d) e as 0000UTC do dia 03 (p) e do modelo de reanálise do CFSR as 1200UTC do dia 02 (e) e as 0000UTC do dia 03 (q), skew-t de reanálise as 1200UTC do dia 02 (f) e as 0000UTC do dia 03 (r) e previsão as 1200UTC do dia 02 (i) e as 0000UTC do dia 03 (u) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC (g), as 1800UTC (j) do dia 02 e as 0000UTC do dia 3 (s) e do modelo de reanálise do CFSR as 1200UTC (h), as 1800UTC (k) do dia 02 e as 0000UTC do dia 3 (t).**



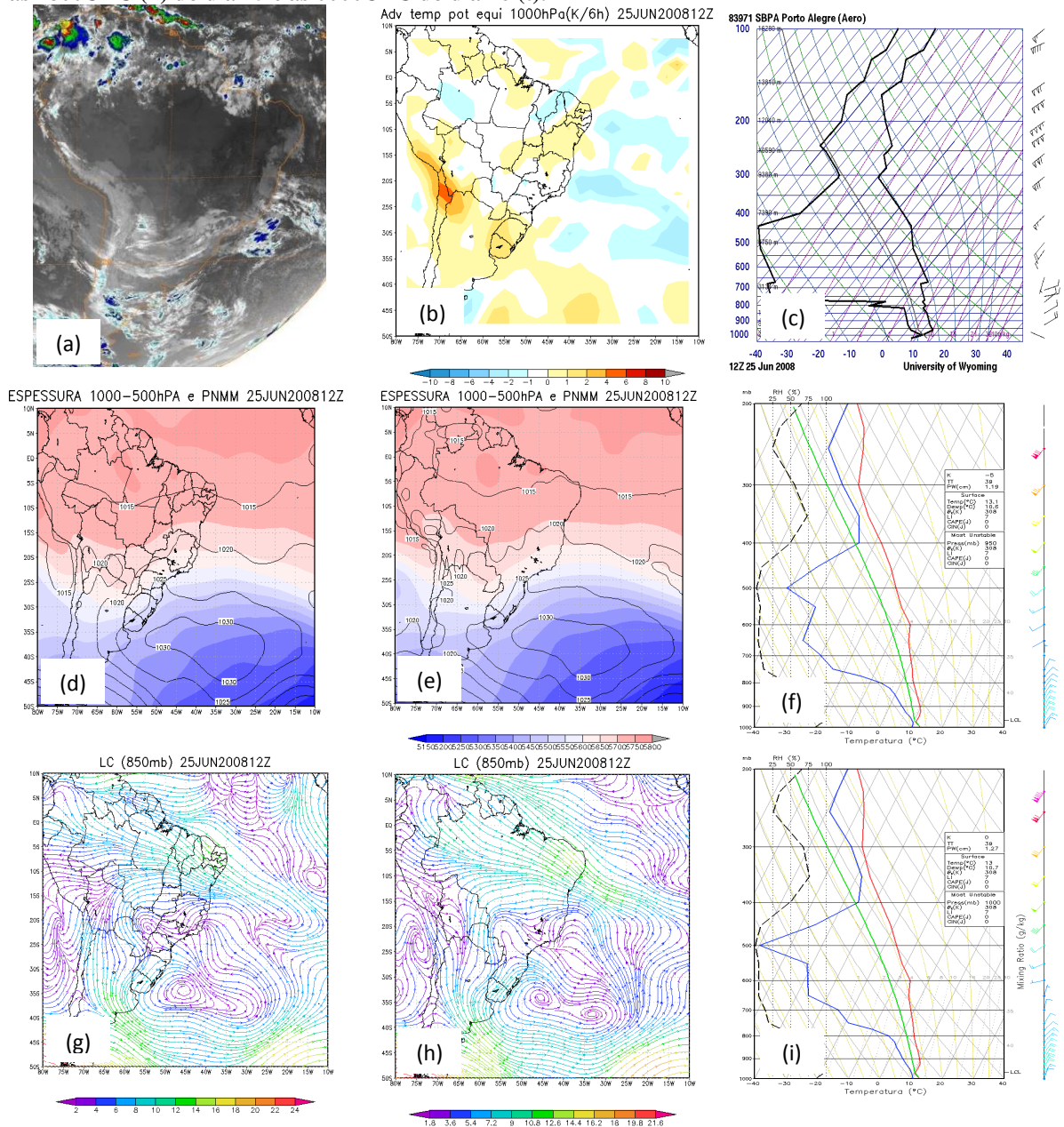




Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

Caso ocorrido no dia 25 de Junho de 2008: Nevoeiro Ciclogênico

Figura 79- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho as 1200UTC do dia 25 (a) e as 0000UTC do dia 26 (m), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC (b) e as 1800UTC (l) do dia 25 e as 0000UTC do dia 26 (n), skew-t observado as 1200UTC do dia 25 (c) e as 0000UTC do dia 26 (o), espessura e pnm do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC do dia 25 (d) e as 0000UTC do dia 26 (p) e do modelo de reanálise do CFSR as 1200UTC do dia 25 (e) e as 0000UTC do dia 26 (q), skew-t de reanálise as 1200UTC do dia 25 (f) e as 0000UTC do dia 26 (r) e previsão as 1200UTC do dia 25 (i) e as 0000UTC do dia 26 (u) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa do modelo de reanálise do NCEP as 1200UTC (g), as 1800UTC (j) do dia 25 e as 0000UTC do dia 26 (s) e do modelo de reanálise do CFSR as 1200UTC (h), as 1800UTC (k) do dia 25 e as 0000UTC do dia 26 (t).

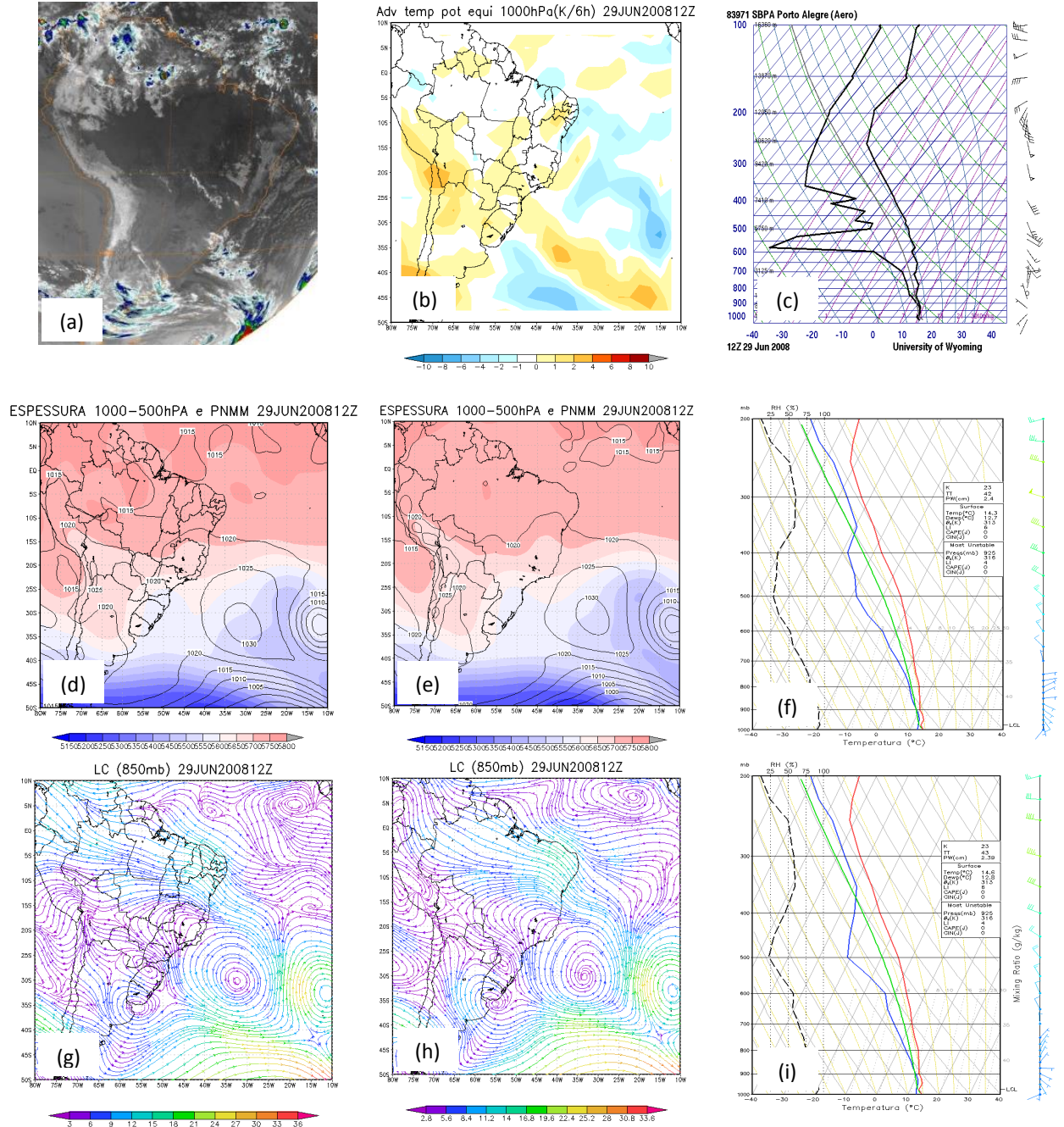






**Caso ocorrido no dia 29 de Junho de 2008: Nevoeiro de Ex\_Frontal e Ciclone Bratrópico**

**Figura 80- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 29 de Junho de 2008 as 1200UTC.**

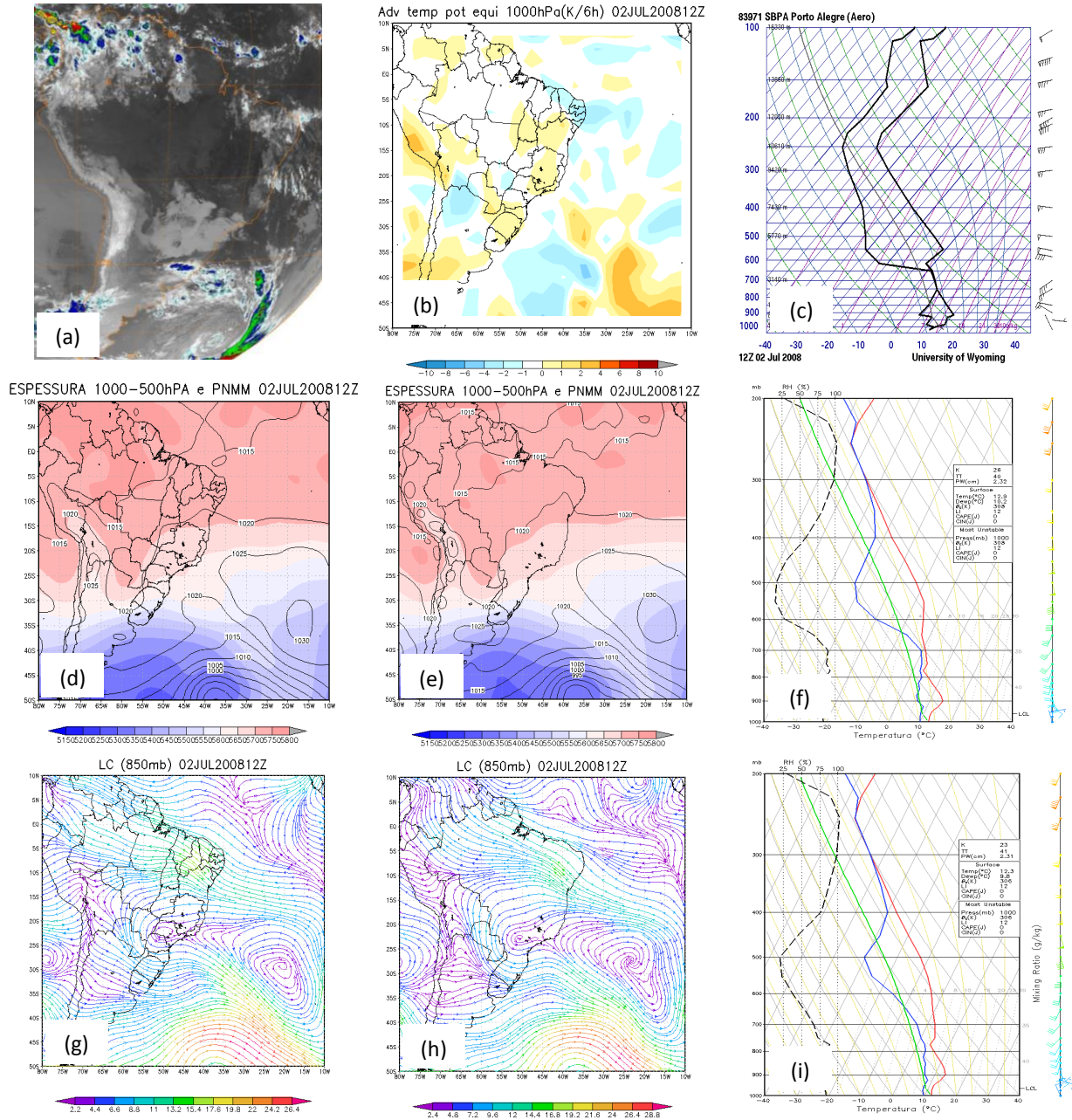


Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.



Caso ocorrido no dia 02 de Julho de 2008: Nevoeiro de Extremidade Frontal

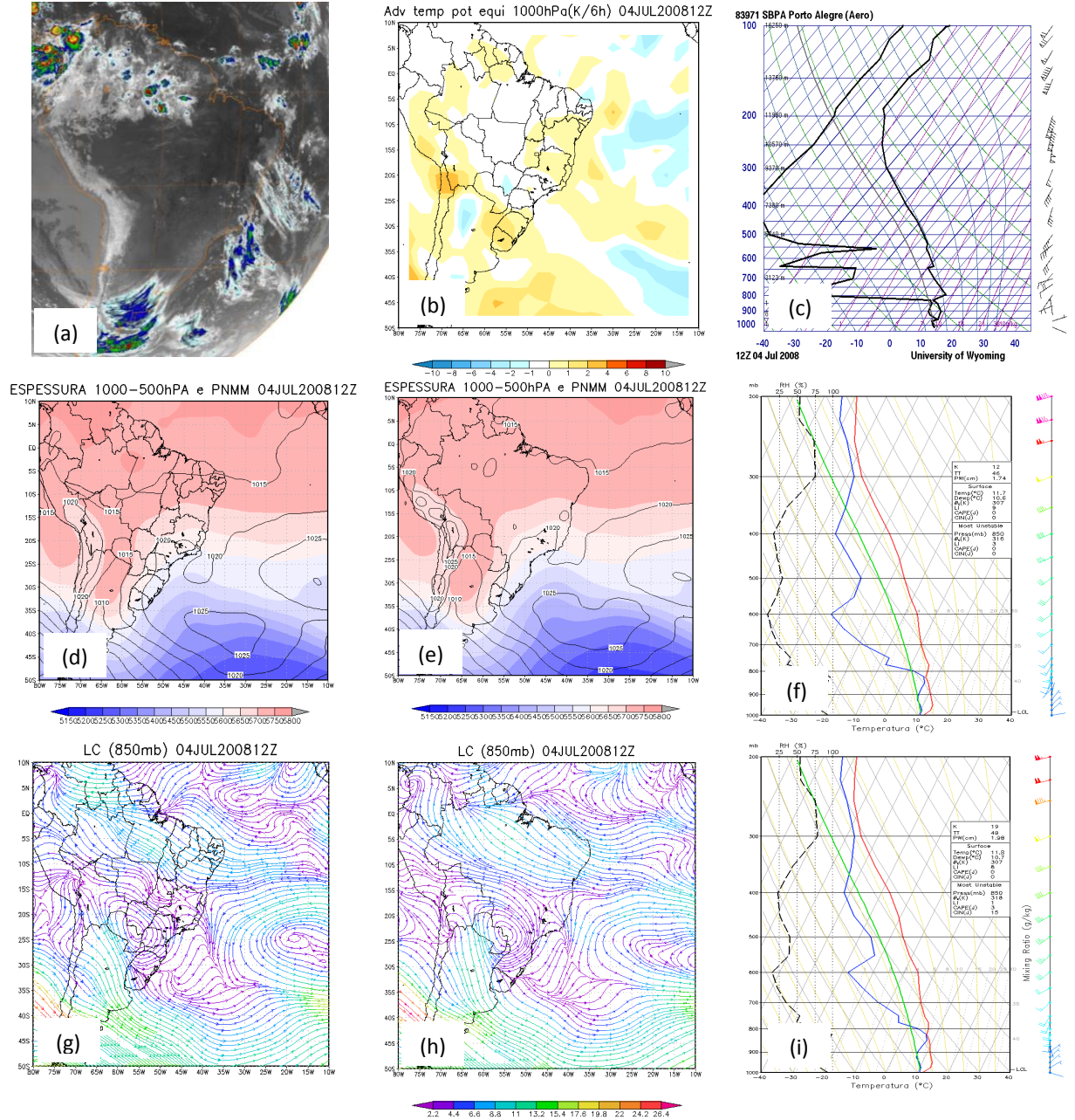
Figura 81- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 02 de Julho de 2008 as 1200UTC.



Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

**Caso ocorrido no dia 04 de Julho de 2008: Nevoeiro de Extremidade Frontal**

**Figura 82- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 04 de Julho de 2008 as 1200UTC.**

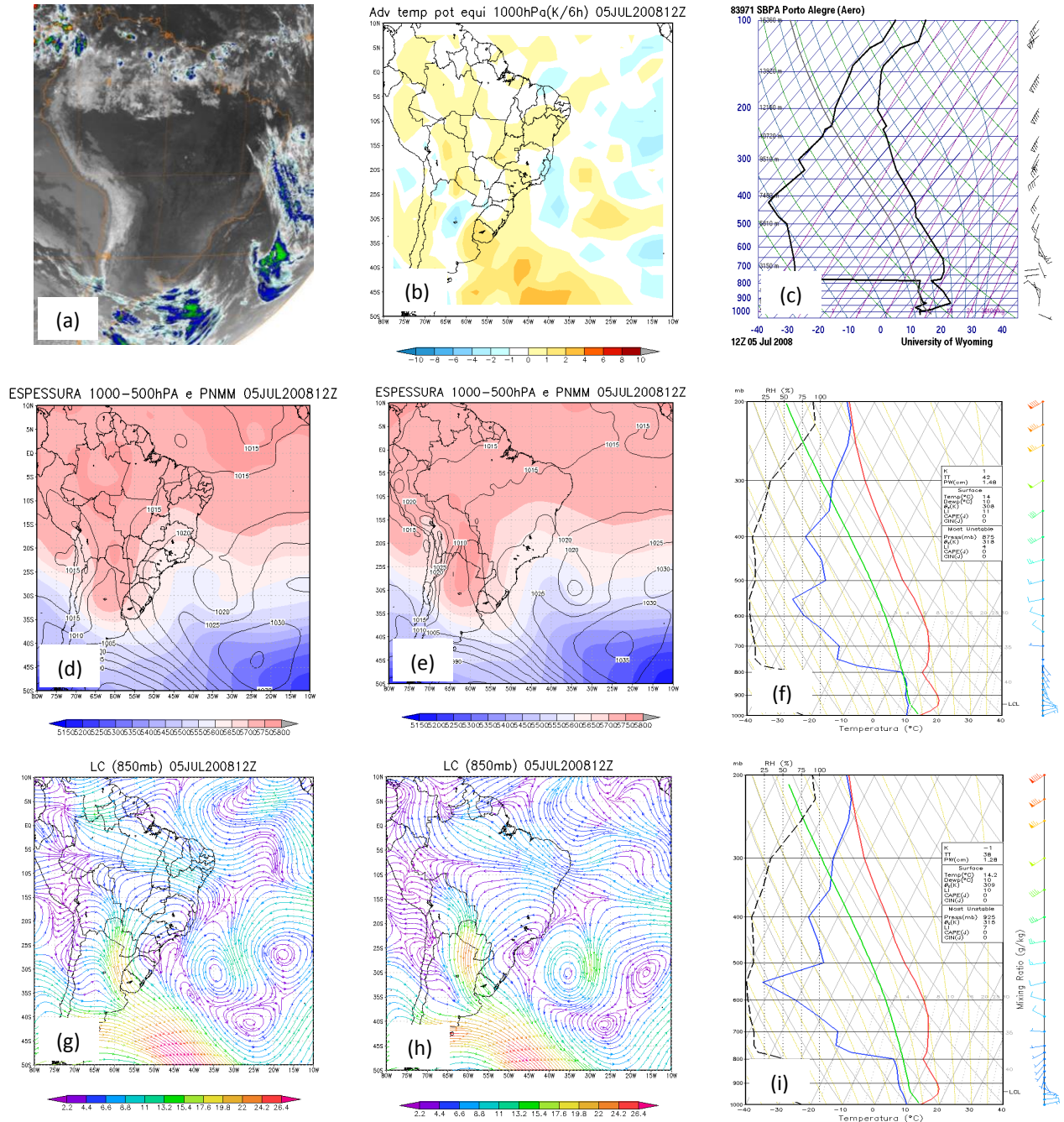


Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.



**Caso ocorrido no dia 05 de Julho de 2008: Nevoeiro de Radiação**

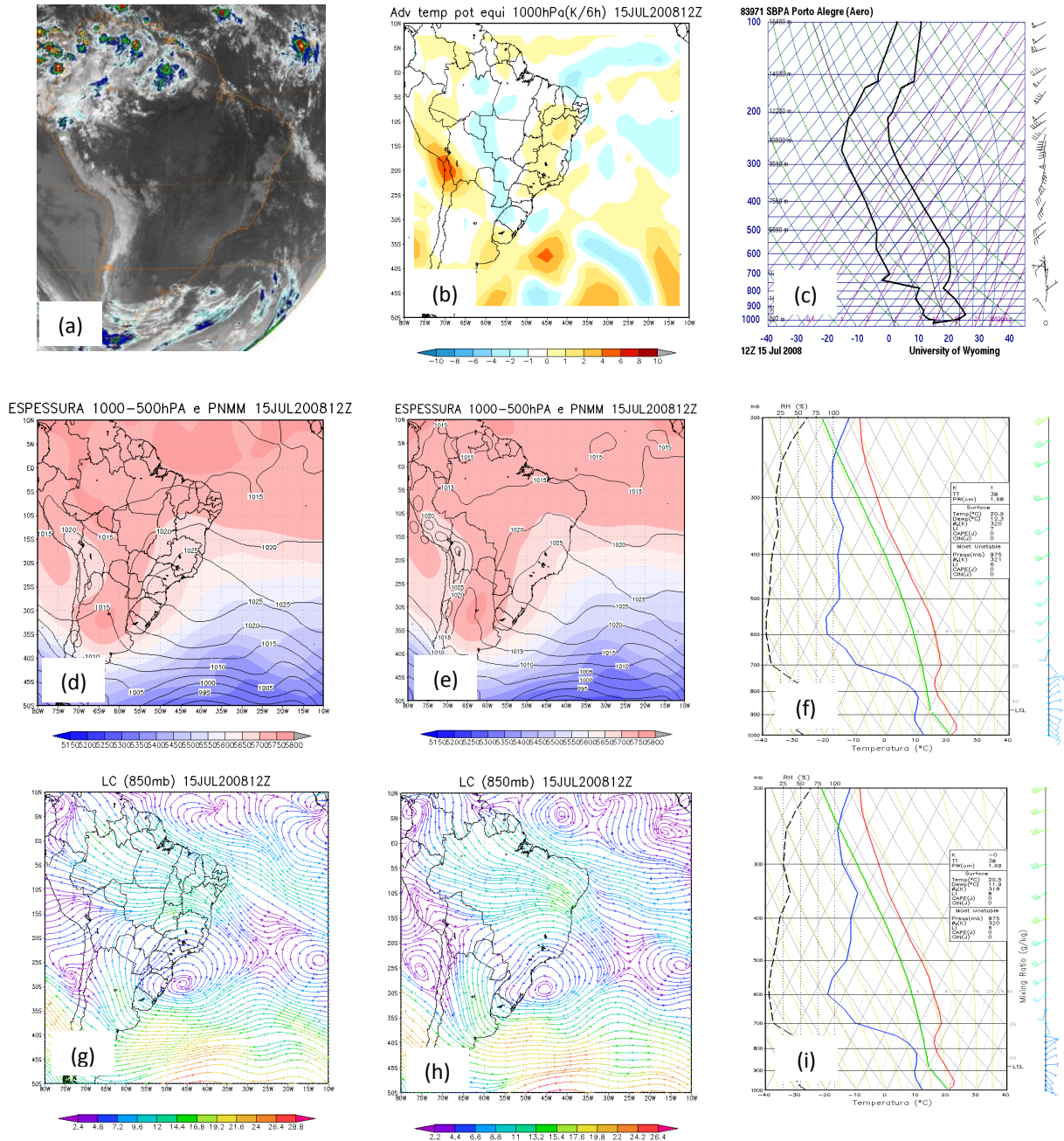
**Figura 83-** Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 05 de Julho de 2008 as 1200UTC.



Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

Caso ocorrido no dia 15 de Julho de 2008: Nevoeiro de Radiação

Figura 84- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 15 de Julho de 2008 as 1200UTC.

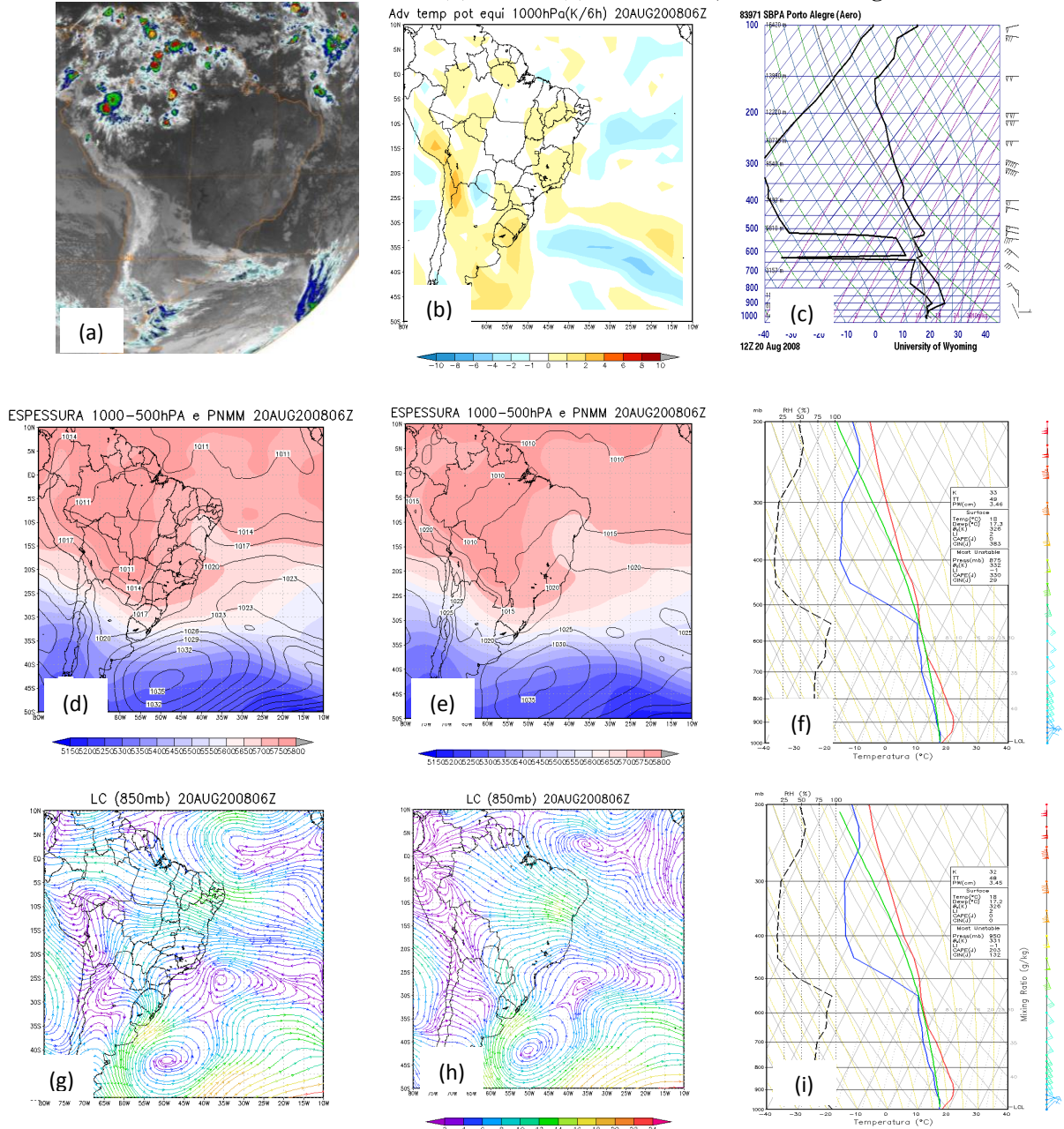


Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.



Caso ocorrido no dia 20 de Agosto de 2008: Nevoeiro de Ex\_Frontal e Ciclone Bratrópico

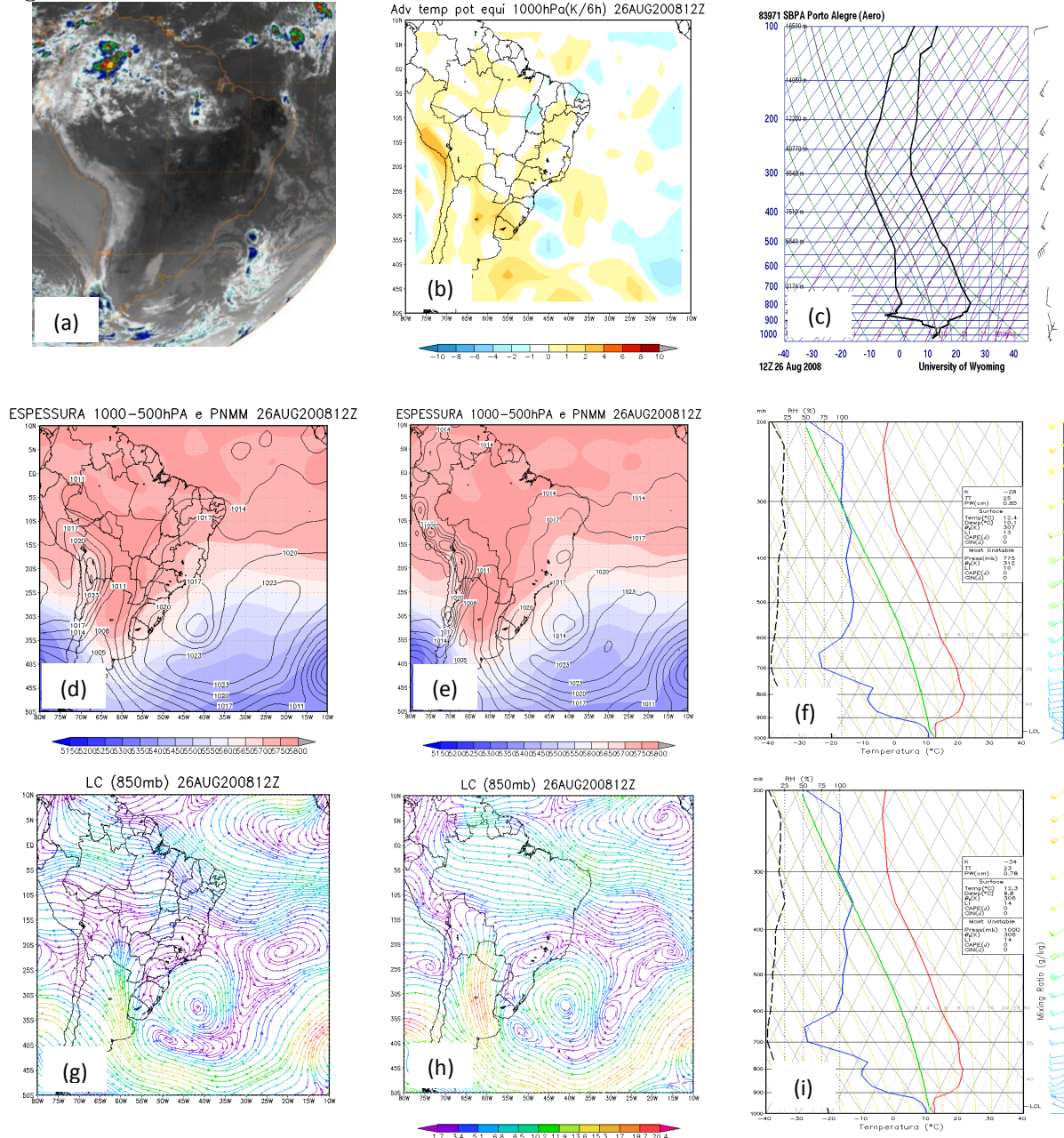
Figura 85- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho as 0300UTC (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP as 0600UTC (b), skew-t observado as 1200UTC (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e) as 0600UTC, skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR as 0600UTC , linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) as 0600UTC, no dia 20 de Agosto de 2008.



Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

**Caso ocorrido no dia 26 de Agosto de 2008: Nevoeiro de Radiação**

**Figura 86- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 26 de Agosto de 2008 as 1200UTC.**

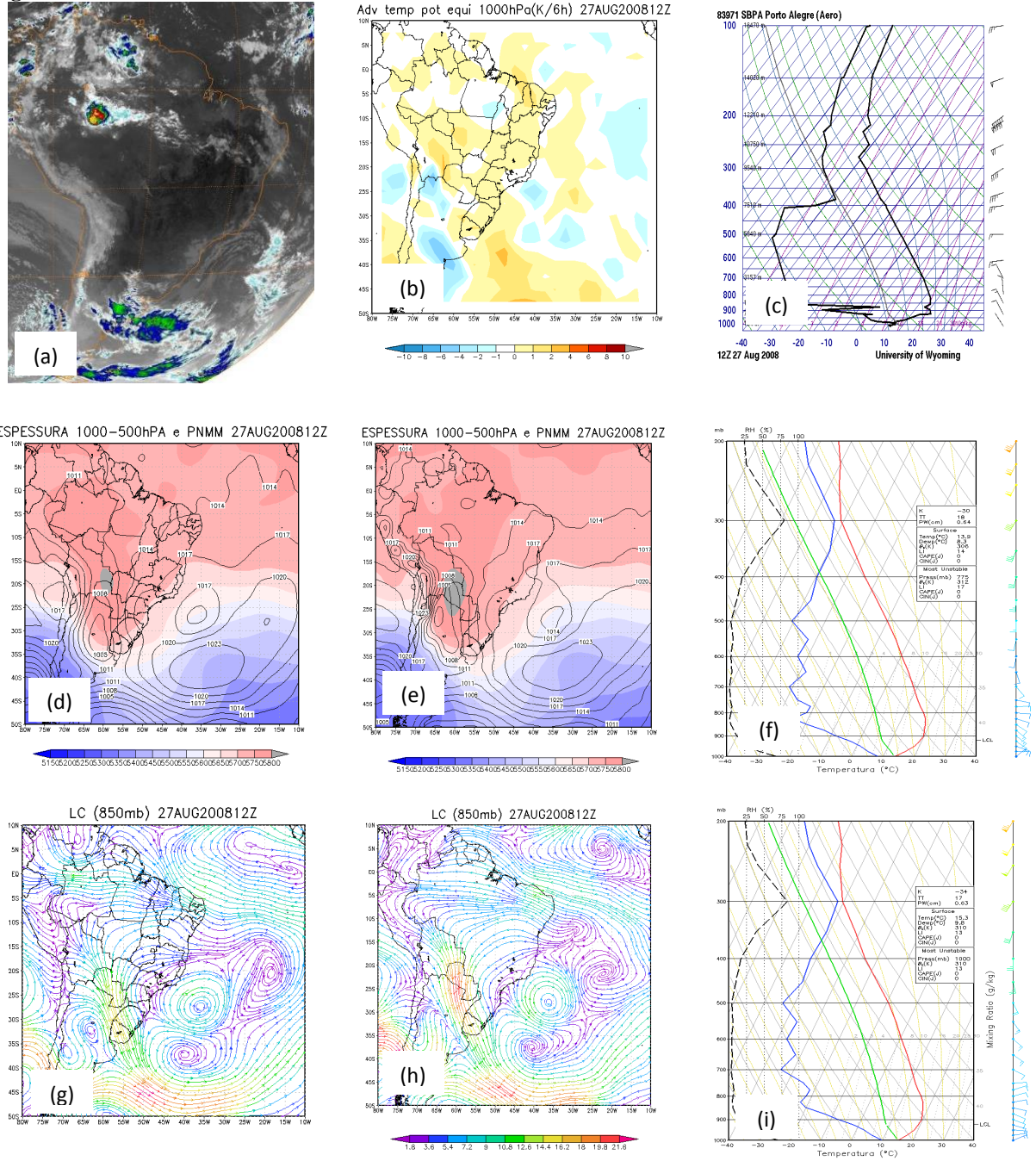


Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.



Caso ocorrido no dia 27 de Agosto de 2008: Nevoeiro de Radiação

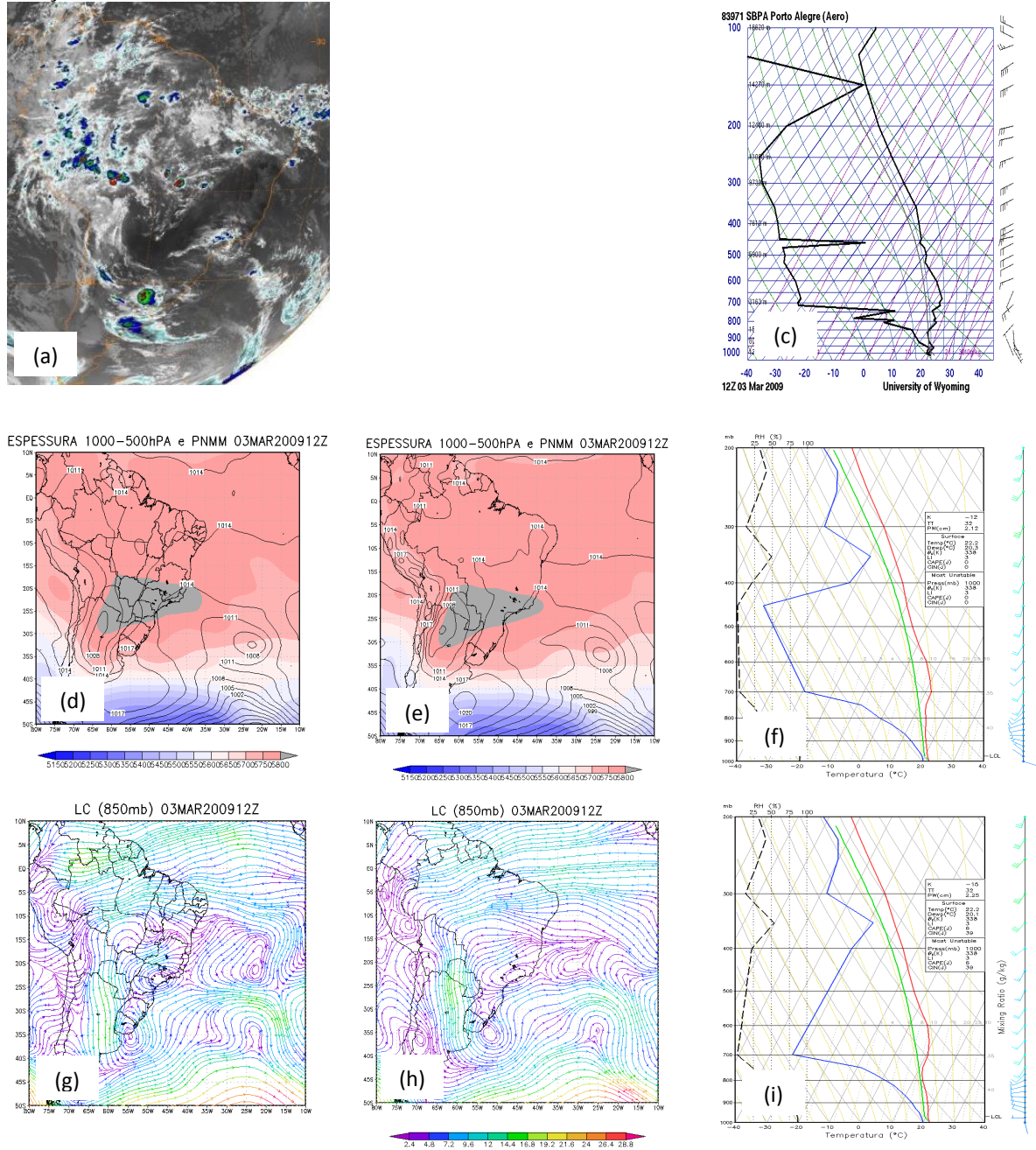
Figura 87- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 27 de Agosto de 2008 as 1200UTC.



Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

**Caso ocorrido no dia 03 de Março de 2009: Nevoeiro de Radiação**

**Figura 88- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 03 de Março de 2009 as 1200UTC.**

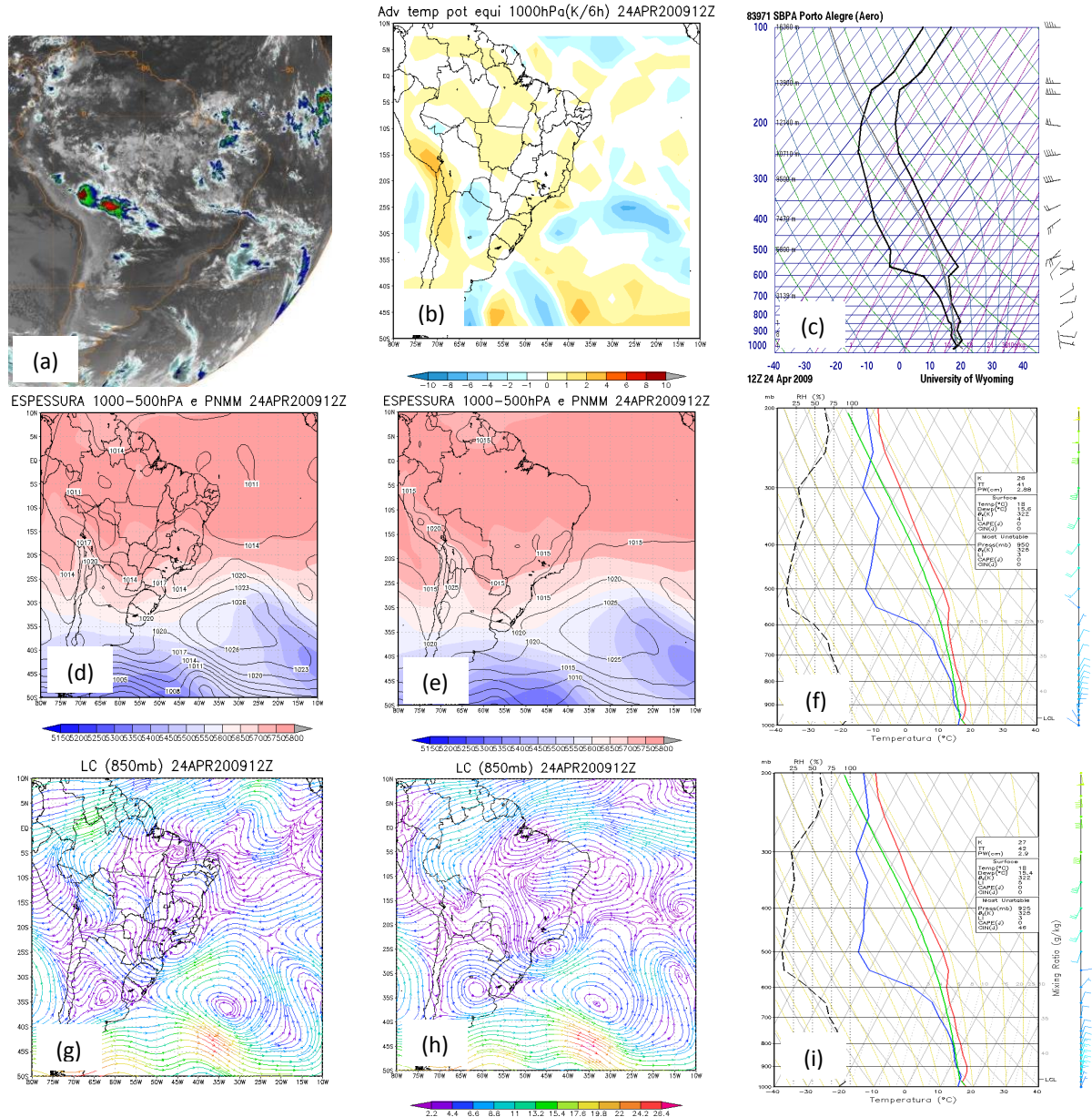


Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.



**Caso ocorrido no dia 24 de Abril de 2009: Nevoeiro de Extremidade Frontal**

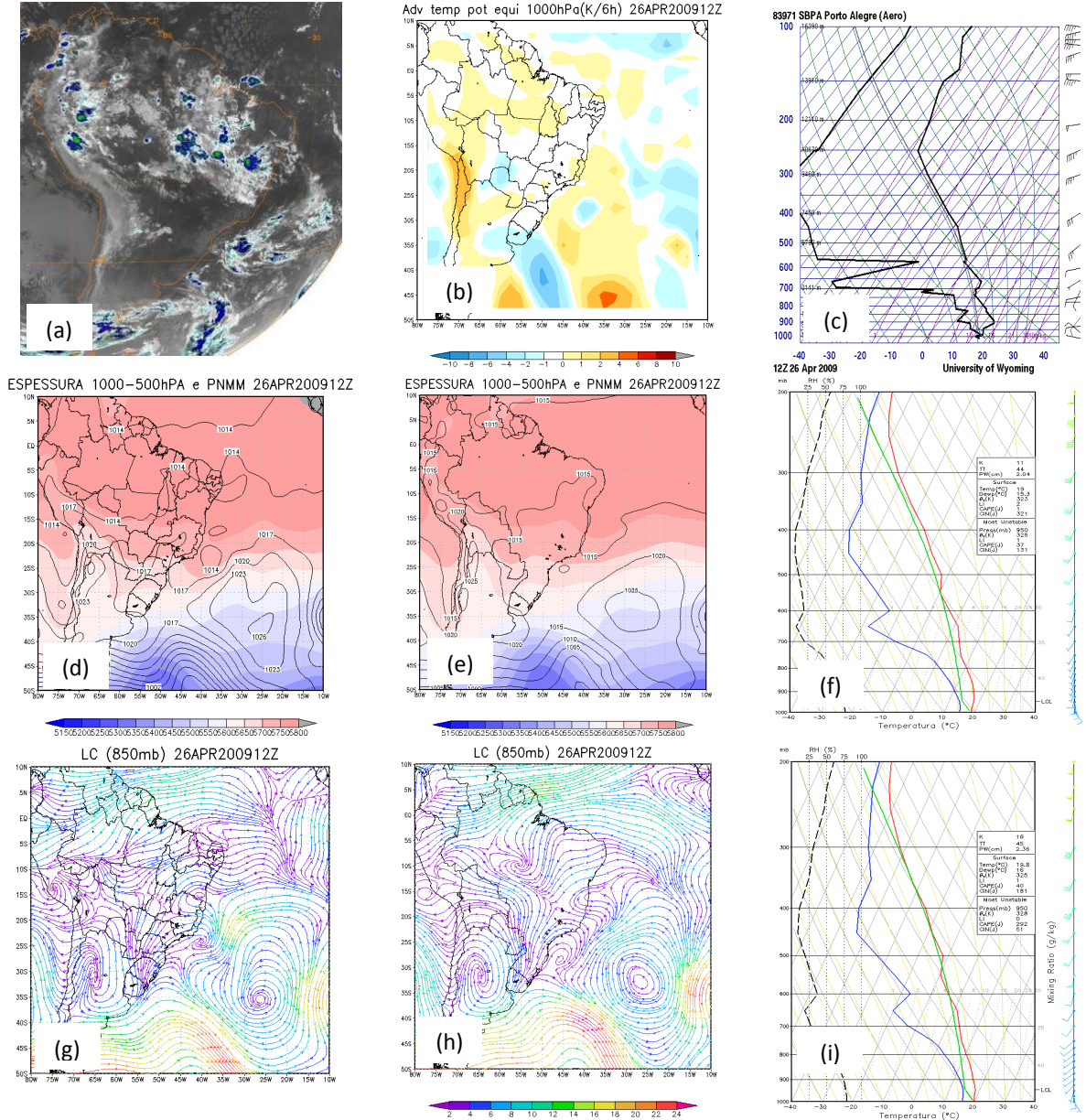
**Figura 89- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 24 de Abril de 2009 as 1200UTC.**



Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

Caso ocorrido no dia 26 de Abril de 2009: Nevoeiro de Extremidade Frontal

Figura 90- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 26 de Abril de 2009 as 1200UTC.

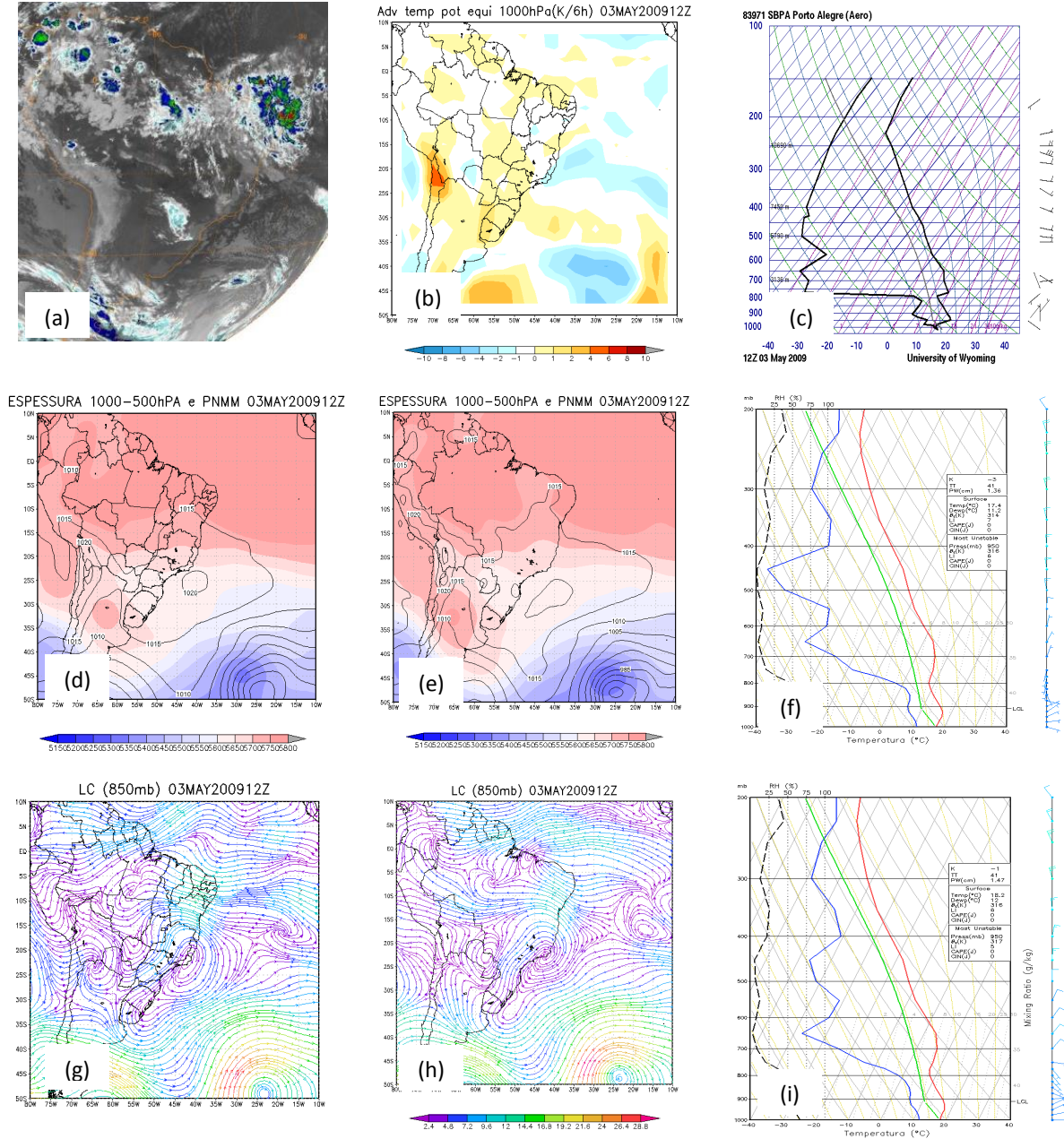


Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.



**Caso ocorrido no dia 03 de Maio de 2009: Nevoeiro de Radiação**

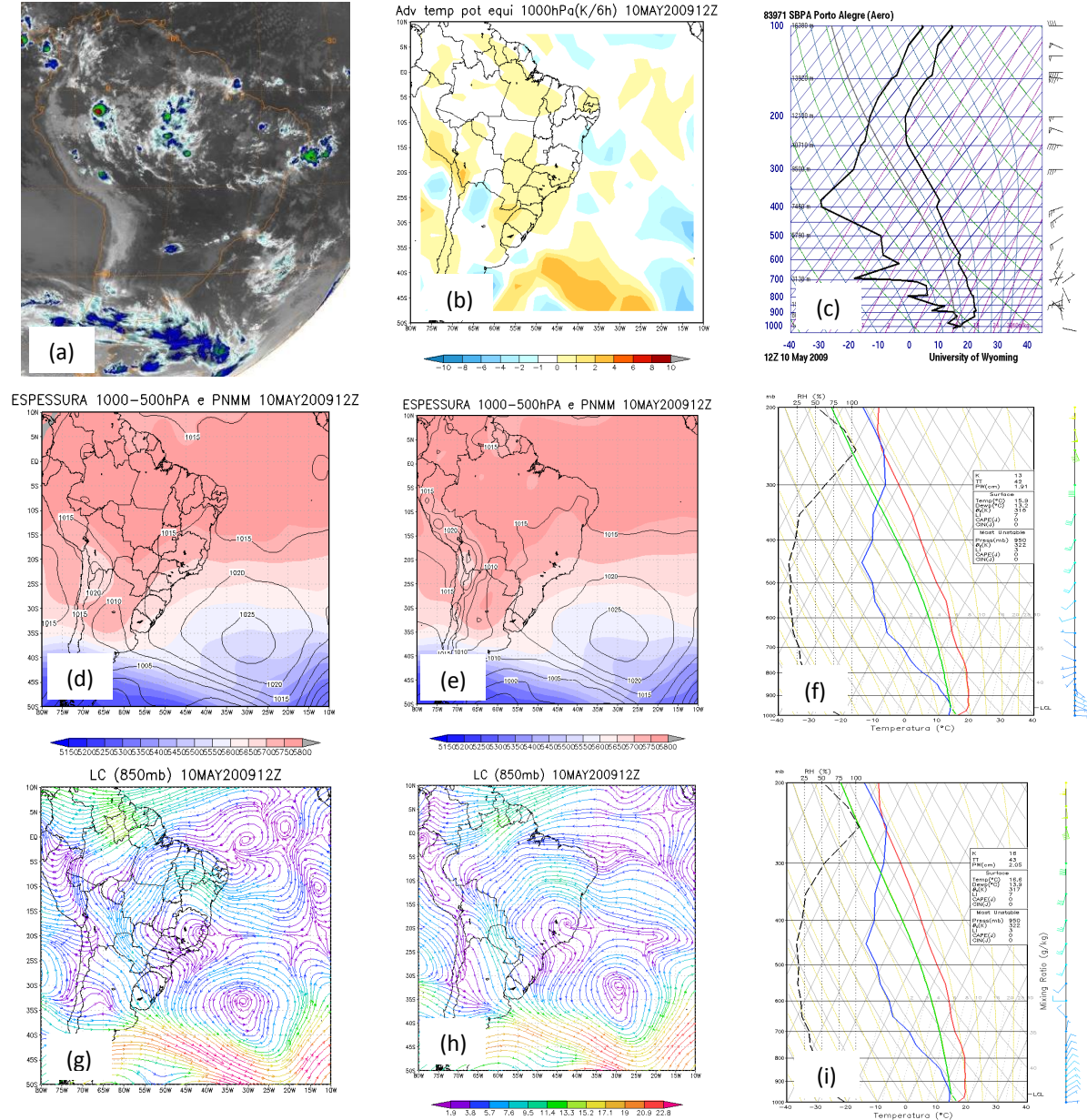
**Figura 91- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 03 de Maio de 2009 as 1200UTC.**



Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

Caso ocorrido no dia 10 de Maio de 2009: Nevoeiro de Radiação

Figura 92- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 10 de Maio de 2009 as 1200UTC.

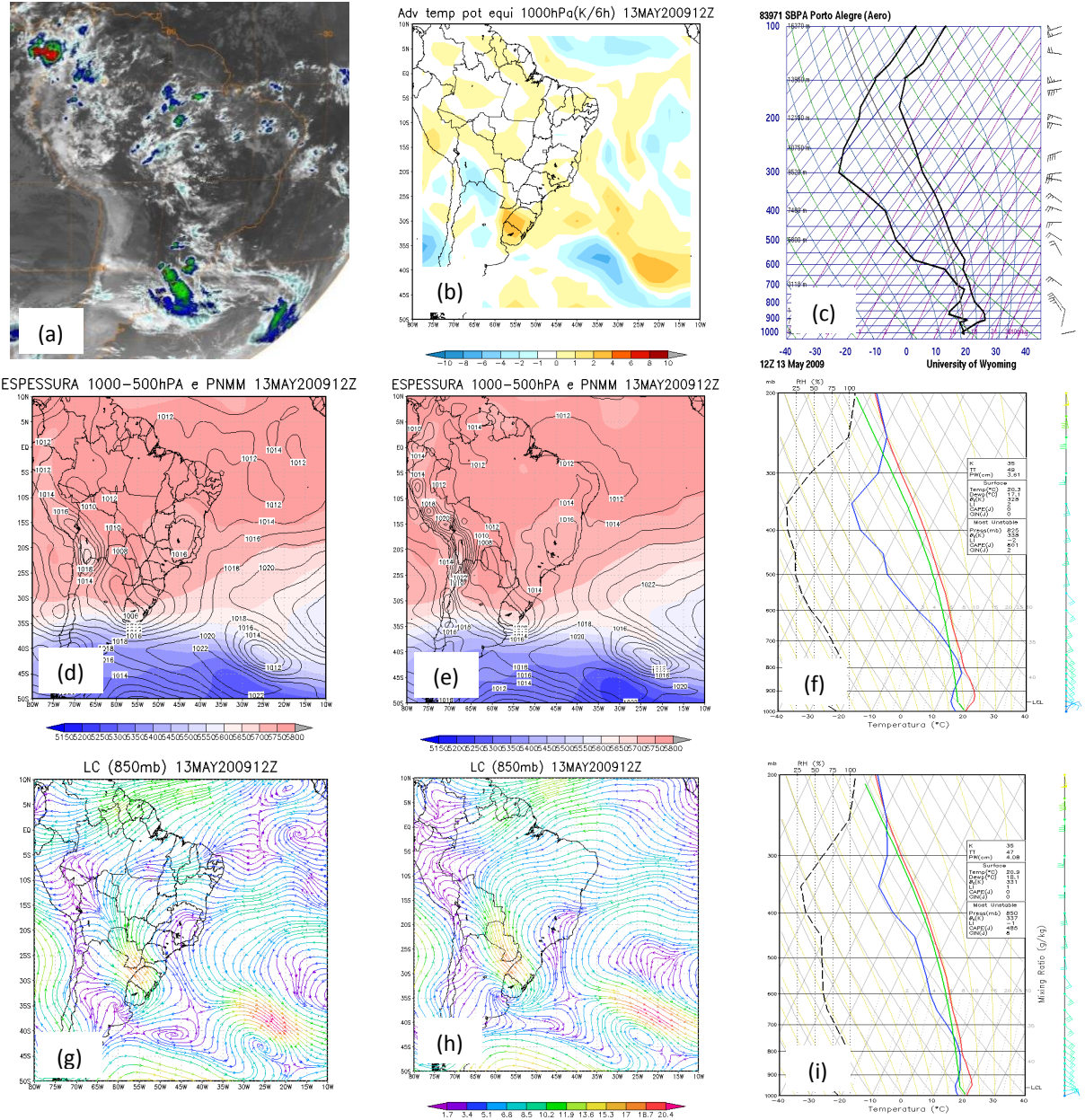


Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.



**Caso ocorrido no dia 13 de Maio de 2009: Nevoeiro de Ex\_Frontal e Ciclone Barotrópico**

**Figura 93- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 13 de Maio de 2009 as 1200UTC.**

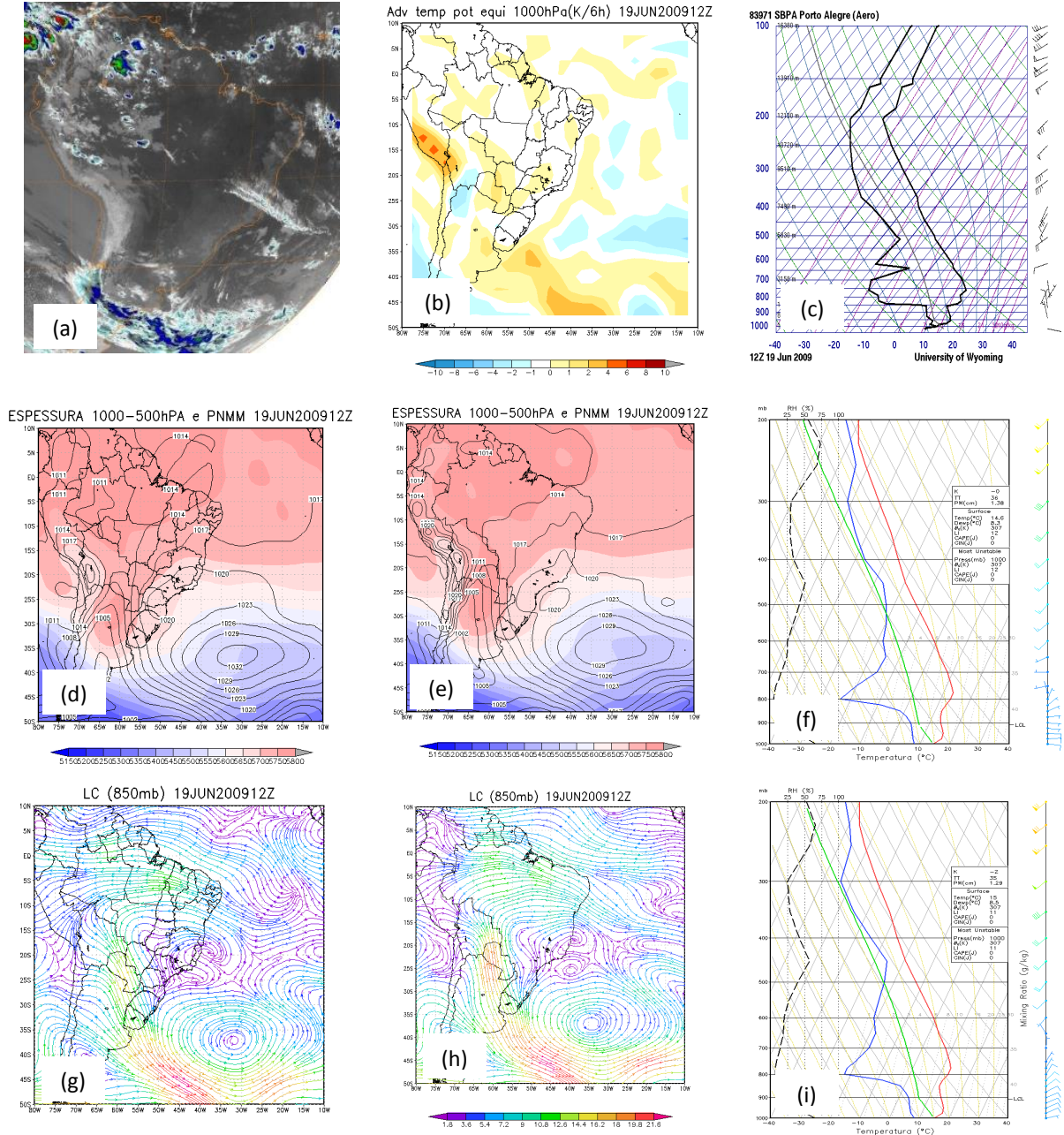


Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.



Caso ocorrido no dia 19 de Junho de 2009: Nevoeiro de Radiação

Figura 94- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 19 de Junho de 2009 as 1200UTC.



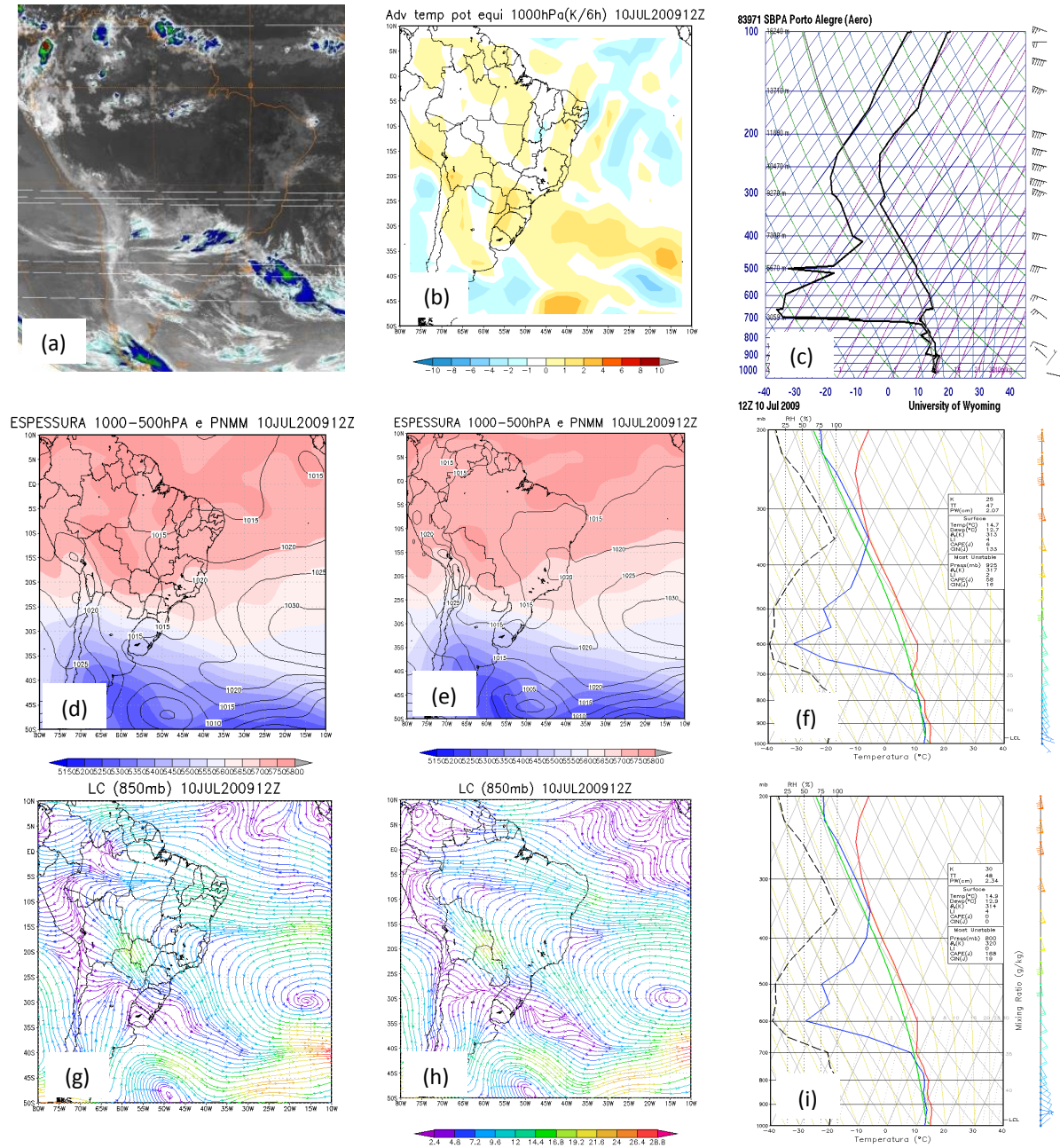
Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.





**Caso ocorrido no dia 10 de Julho de 2009: Nevoeiro de Extremidade Frontal**

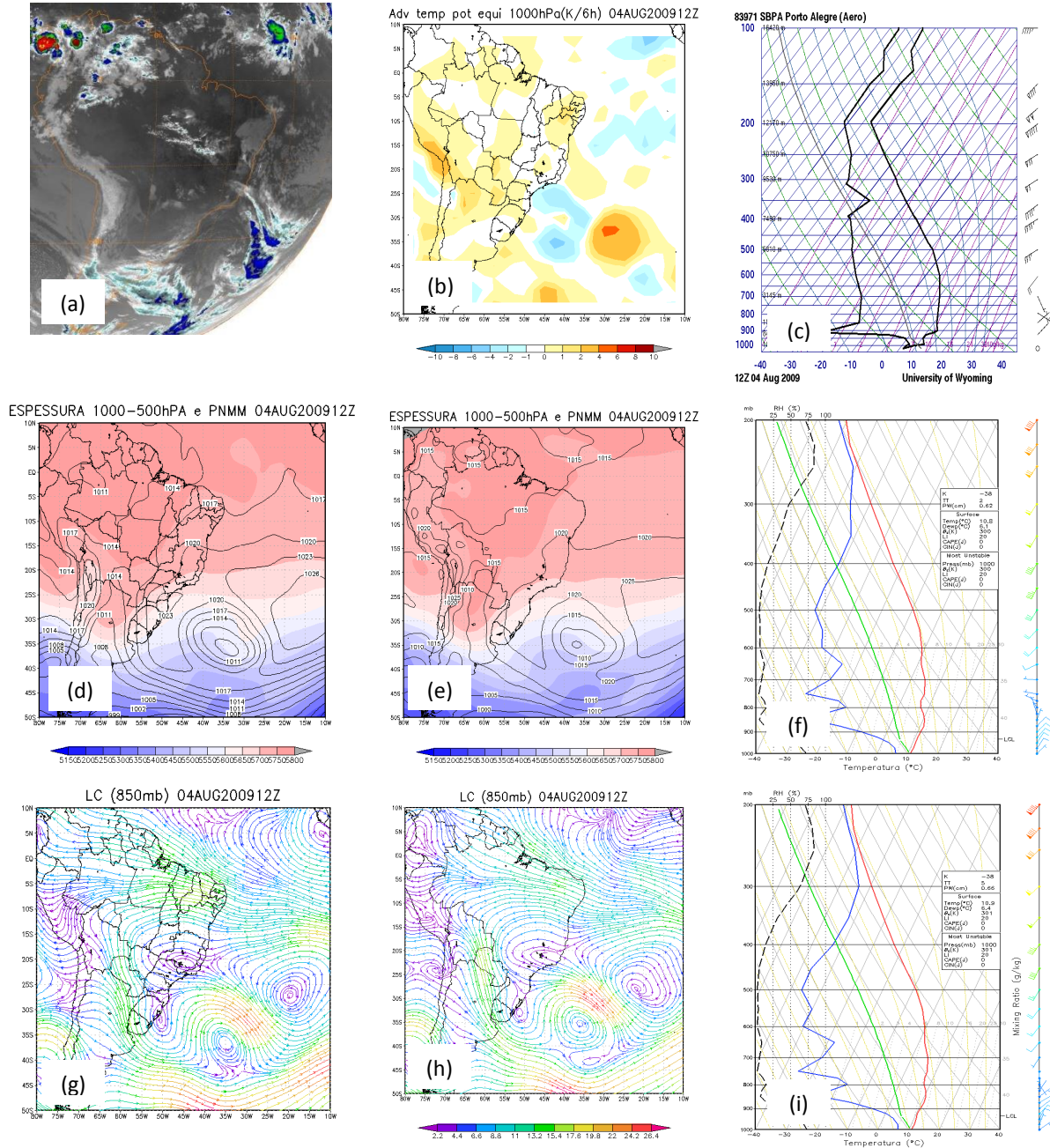
**Figura 96- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 10 de Julho de 2009 as 1200UTC.**



Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

Caso ocorrido no dia 04 de Agosto de 2009: Nevoeiro de Radiação

Figura 97- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 04 de Agosto de 2009 as 1200UTC.



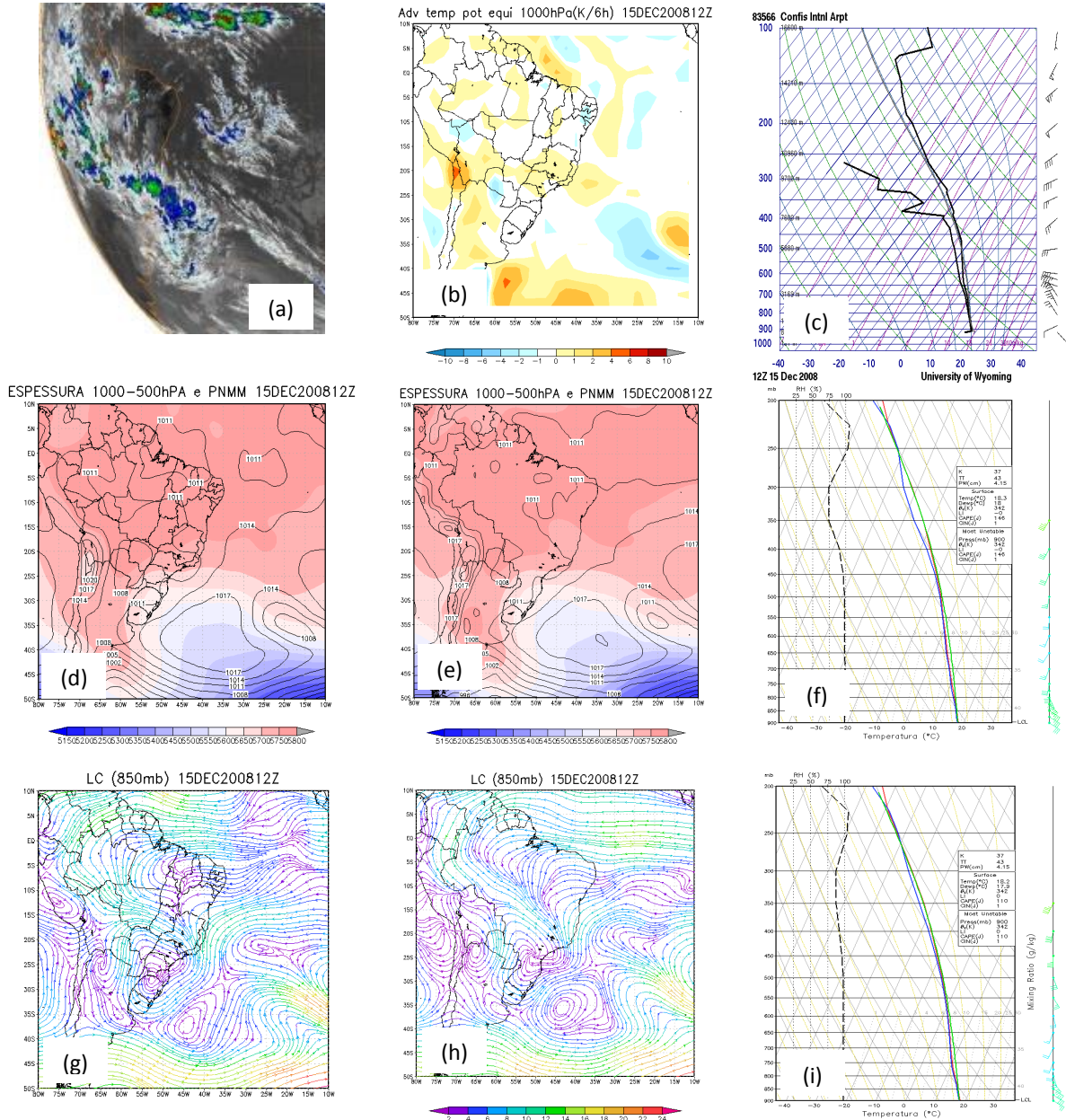
Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.



ANEXO A.2: Condições Sinóticas e Termodinâmica dos casos ocorridos em Confinos

Caso ocorrido no dia 15 de Dezembro de 2008: Nevoeiro causado por POA (Chuva)

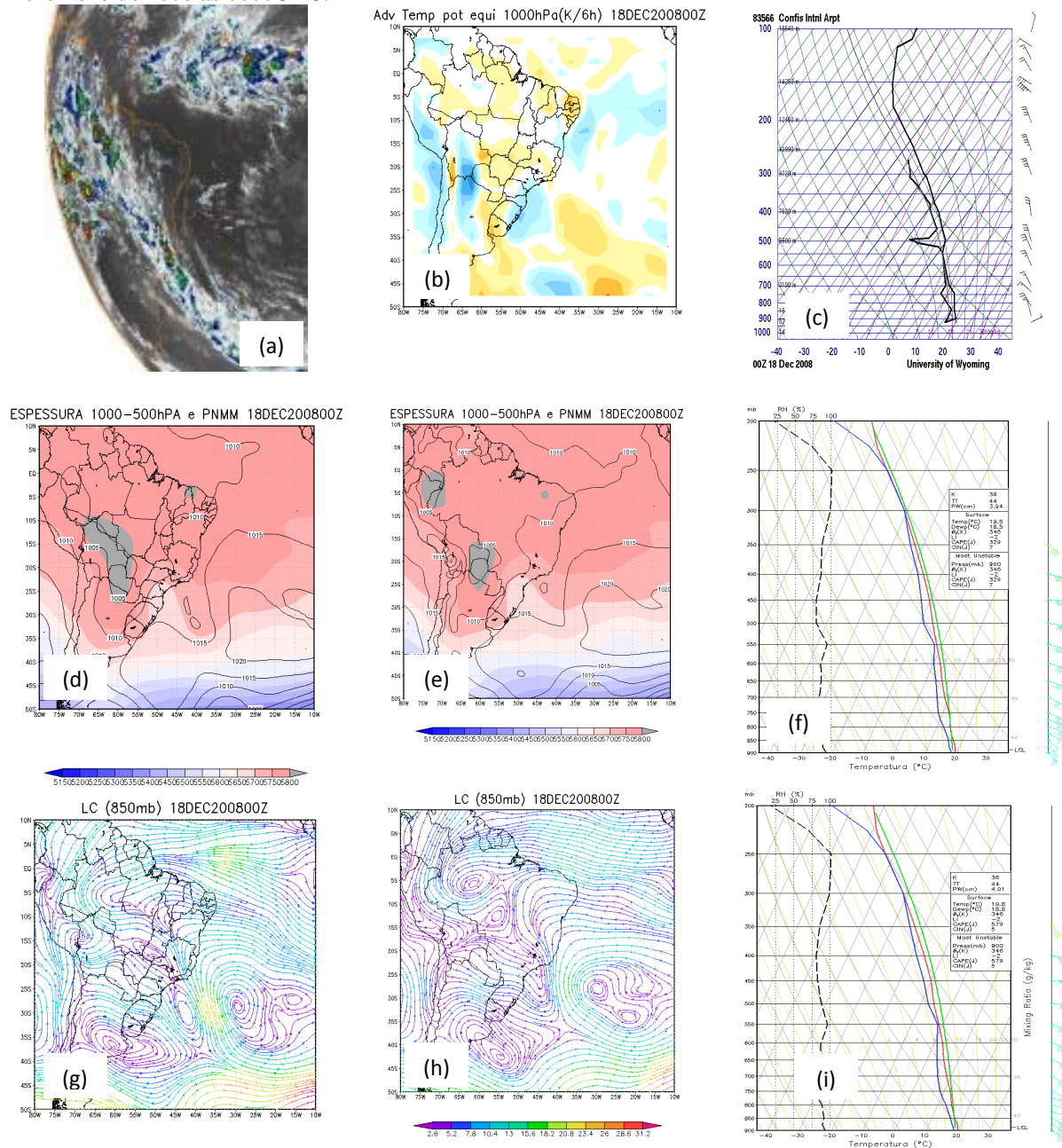
Figura 98- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 15 de Dezembro de 2008 as 1200UTC.



Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

Caso ocorrido no dia 18 de Dezembro de 2008: Nevoeiro de Extremidade Frontal

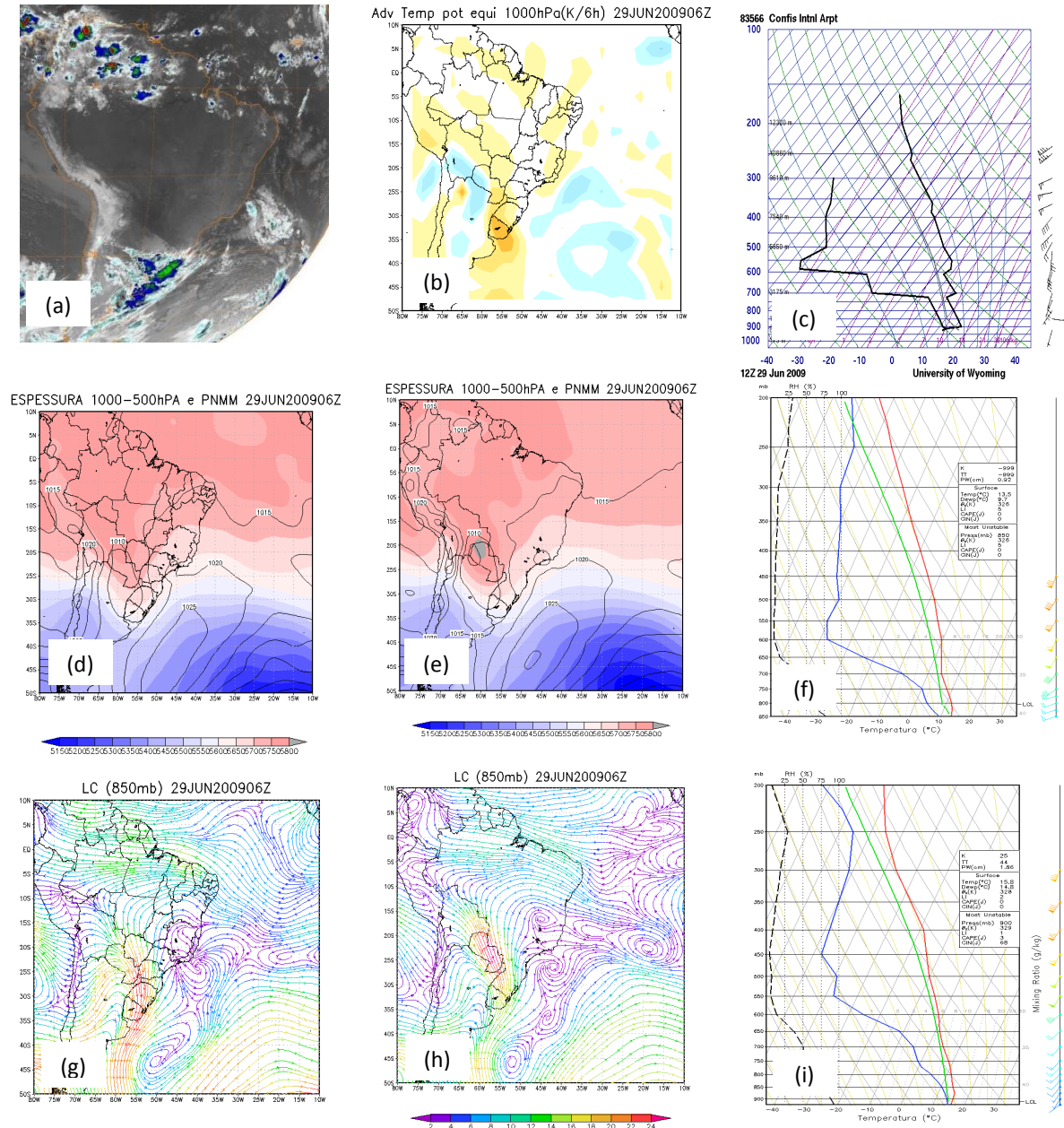
Figura 99- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 18 de Dezembro de 2008 as 0000UTC.



Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

Caso ocorrido no dia 29 de Junho de 2009: Nevoeiro de Extremidade Frontal

Figura 100- Imagem do satélite GOES-12 no canal infravermelho (a), advecção de temperatura potencial equivalente do modelo de reanálise do NCEP (b), skew-t observado (c), espessura e pnm dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e), skew-t de reanálise (f) e previsão (g) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa dos modelos de reanálise do NCEP (h) e CFSR (i) no dia 18 de Dezembro de 2008 as 0000UTC.



Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

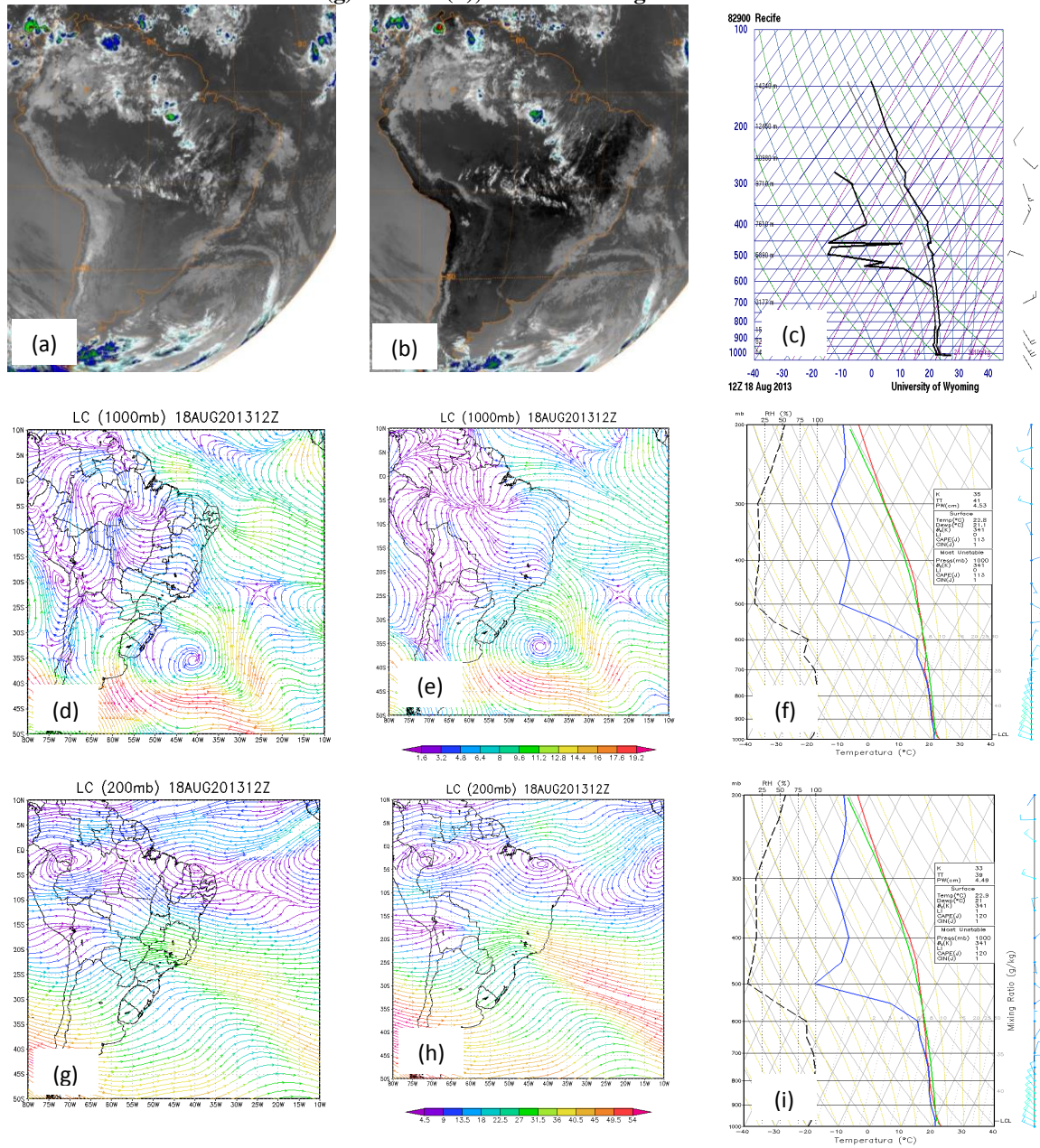


ANEXO A.3: Condições Sinóticas e Termodinâmica dos casos ocorridos no NEB

Cidade de Recife

Caso ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013: Nevoeiro causado por POA (Chuva)

Figura 101- Imagem do satélite GOES-13 no canal infravermelho as 1200UTC (a) e 1500UTC (b), skew-t observado (c), skew-t de reanálise (f) e previsão (i) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 1000hPa dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e) e em 200hPa dos modelos de reanálise do NCEP (g) e CFSR (h), no dia 13 de Agosto de 2013 as 1200UTC.

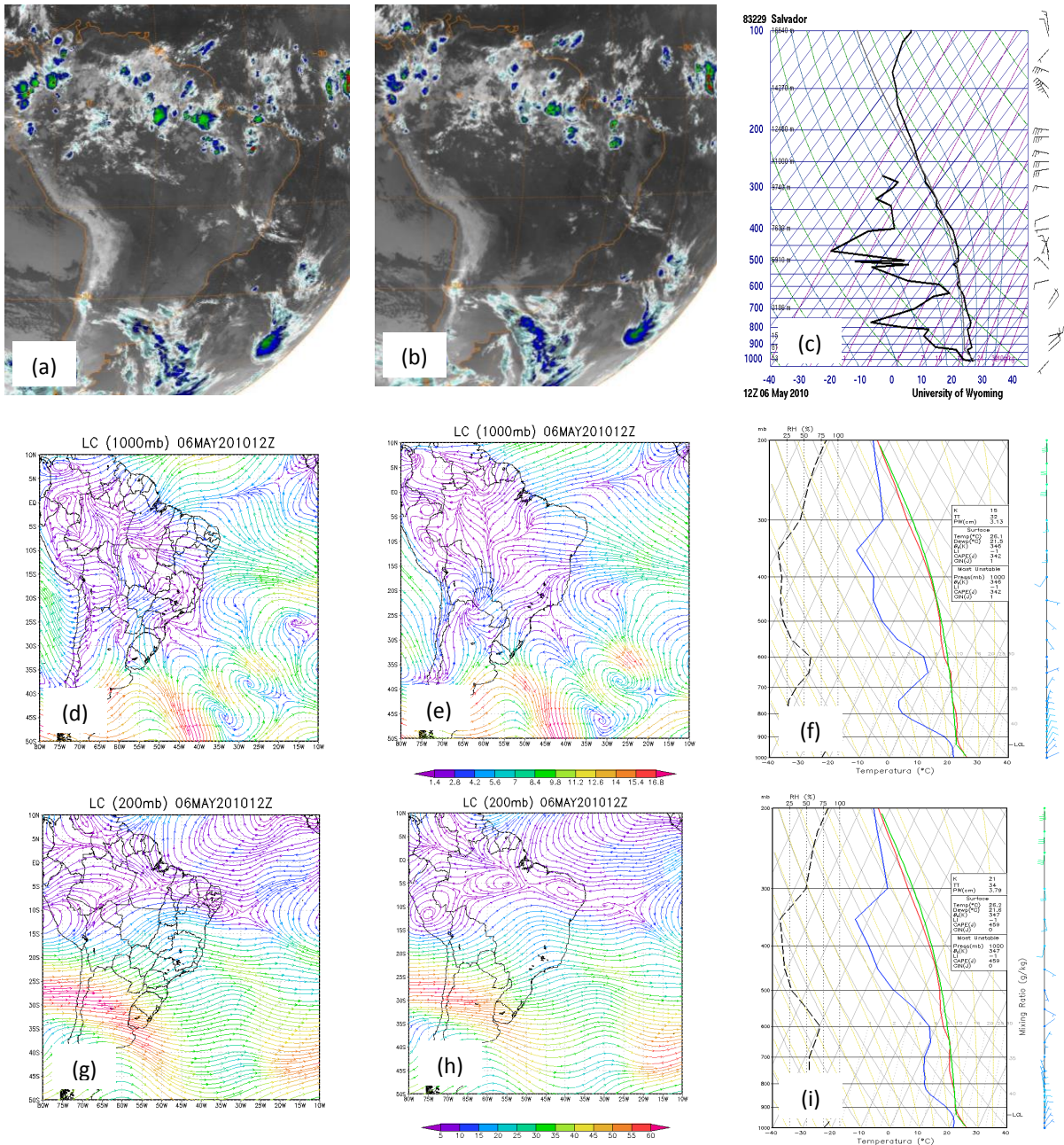


Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

Cidade de Salvador

Caso ocorrido no dia 06 de Maio de 2010: Nevoeiro causado por POA

Figura 102- Imagem do satélite GOES-13 no canal infravermelho as 0900UTC (a) e 1200UTC (b), skew-t observado (c), skew-t de reanálise (f) e previsão (i) do modelo CFSR, linha de corrente e magnitude do vento em 1000hPa dos modelos de reanálise do NCEP (d) e CFSR (e) e em 200hPa dos modelos de reanálise do NCEP (g) e CFSR (h), no dia 06 de Maio de 2010 as 1200UTC.



Fonte: GIBBS/NOAA, NCEP, CFSR e Wyoming.

## ANEXO B: Altura da camada limite na hora dos eventos de nevoeiros

**Tabela 33- Altura da camada limite na hora dos eventos de nevoeiro nas 3 regiões de estudo.**

<i>Data</i>	<i>Cidade</i>	<i>Altura da camada limite</i>
18/04/2008	PA	277
20/04/2008	PA	248
17/05/2008	PA	186
02/06/2008	PA	133
25/06/2008	PA	568
29/06/2008	PA	208
02/07/2008	PA	266
04/07/2008	PA	89
05/07/2008	PA	153
15/07/2008	PA	102
20/08/2008	PA	212
26/08/2008	PA	379
27/08/2008	PA	201
03/03/2009	PA	485
24/04/2009	PA	515
26/04/2009	PA	320
03/05/2009	PA	271
10/05/2009	PA	226
13/05/2009	PA	285
19/06/2009	PA	134
20/06/2009	PA	141
10/07/2009	PA	77
04/08/2009	PA	149
15/12/2008	CF	291
18/12/2008	CF	102
29/06/2009	CF	188
18/08/2013	RF	578
06/05/2010	RF	770

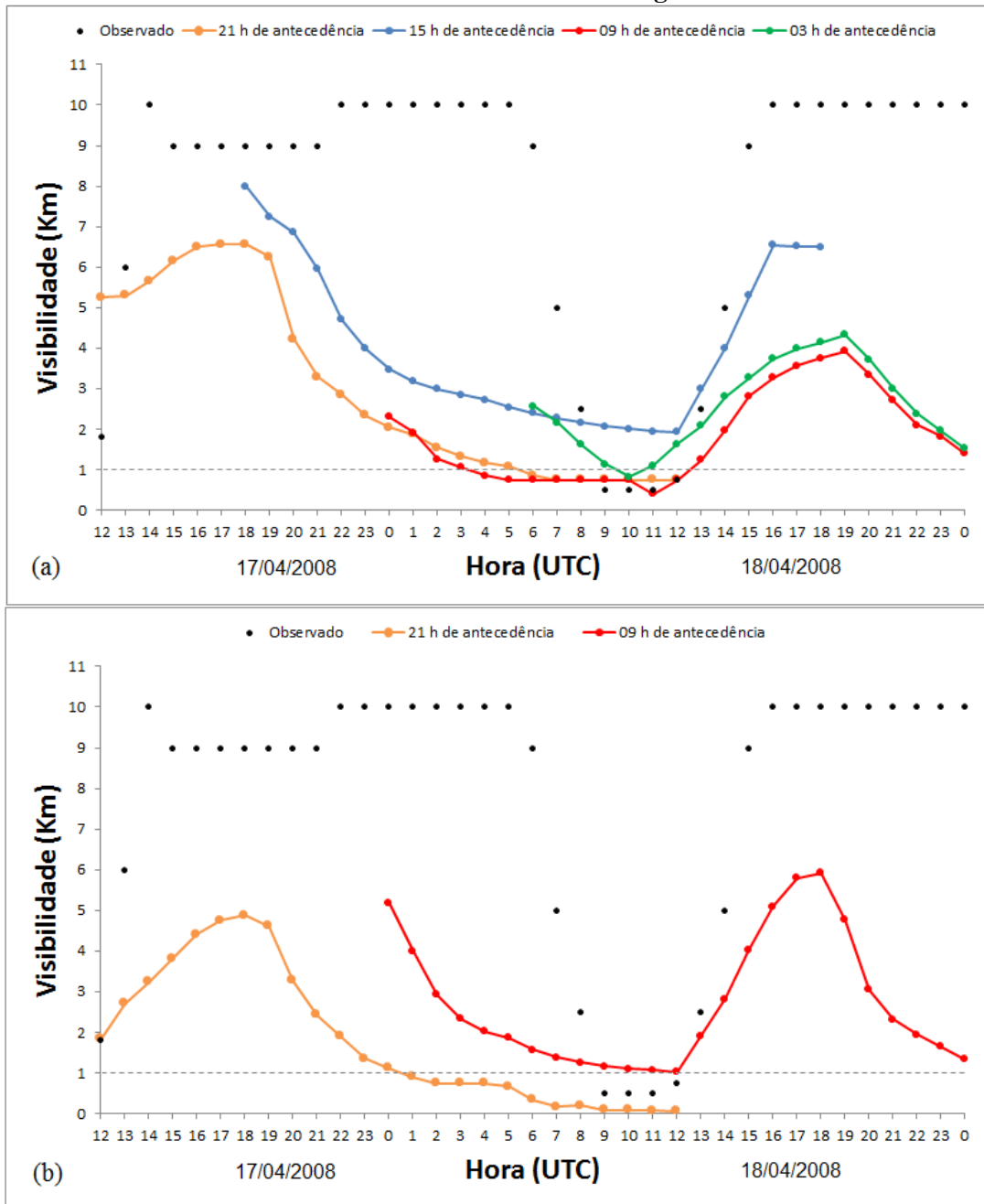
Fonte: CFSR.

ANEXO C: Previsão com o modelo PAFOG

ANEXO C.1: Previsão com o modelo PAFOG dos casos ocorridos em Porto Alegre

Caso ocorrido no dia 18 de Abril de 2008: Nevoeiro de Radiação

Figura 103- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 21 e 09 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 18 de Abril de 2008 na cidade de Porto Alegre.

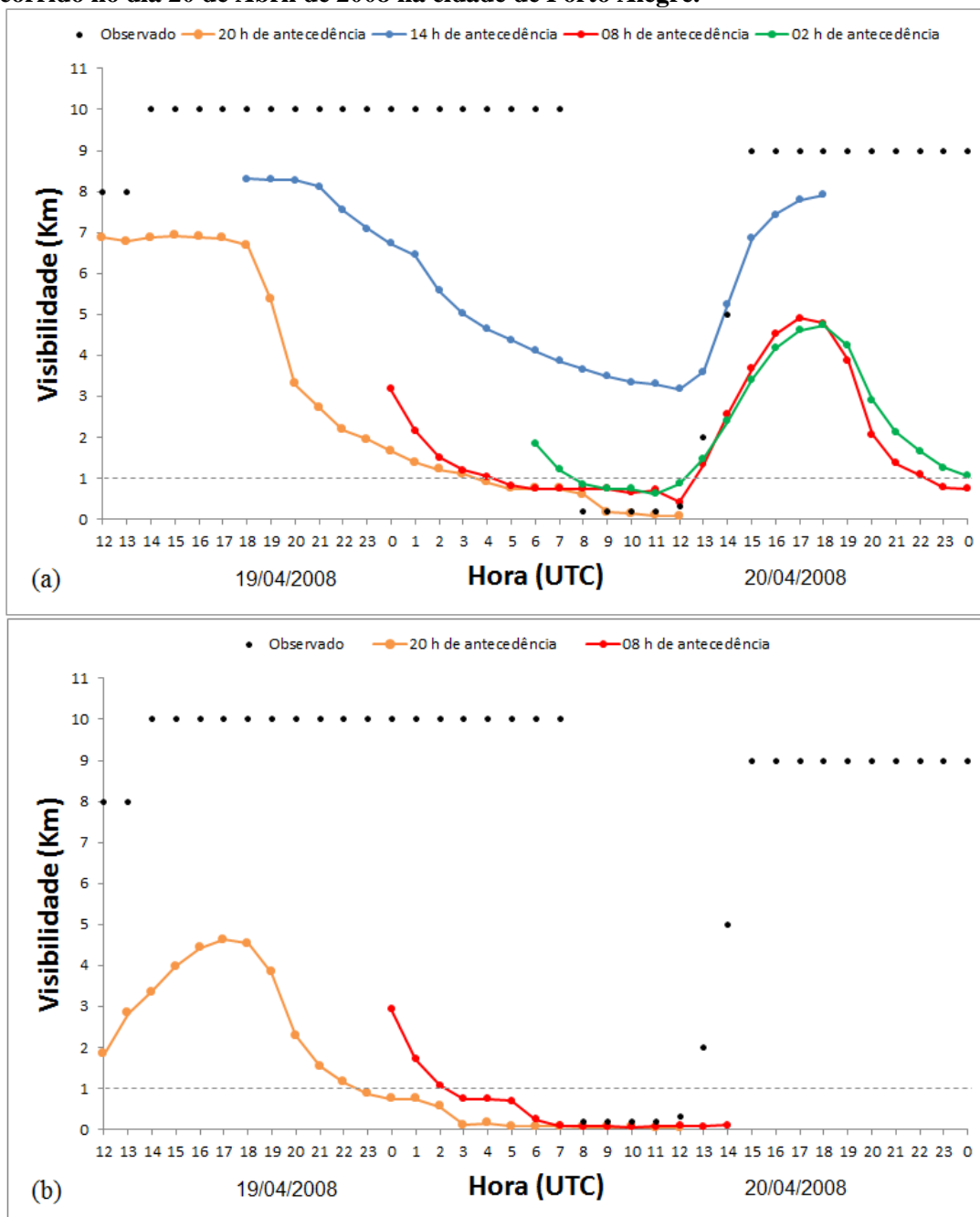


Fonte: PAFOG.



### Caso ocorrido no dia 20 de Abril de 2008: Nevoeiro de Radiação

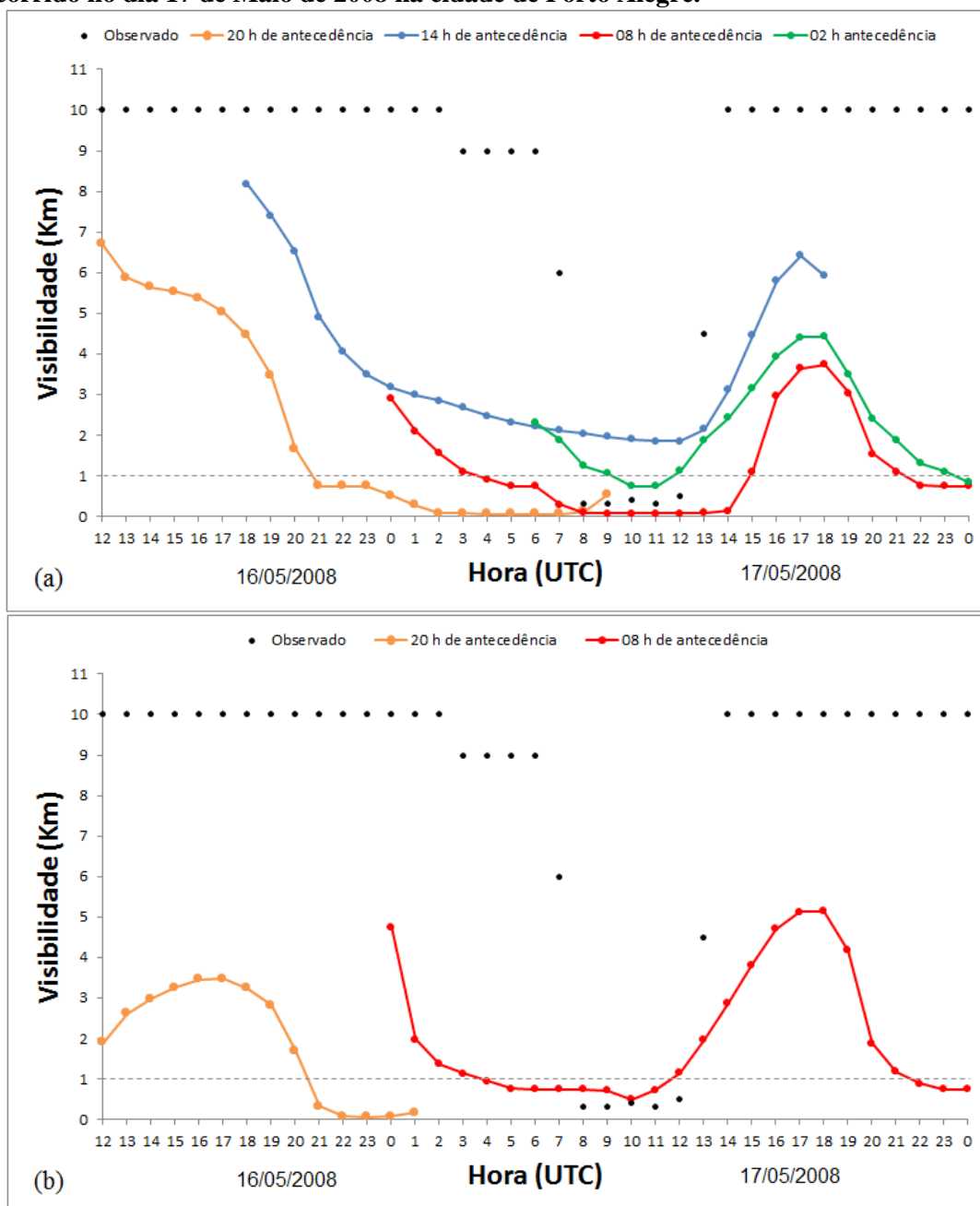
**Figura 104- Previsões de visibilidade horizontal com 20, 14, 08 e 02hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 20 e 08 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 20 de Abril de 2008 na cidade de Porto Alegre.**



Fonte: PAFOG.

### Caso ocorrido no dia 17 de Maio de 2008: Nevoeiro de Radiação

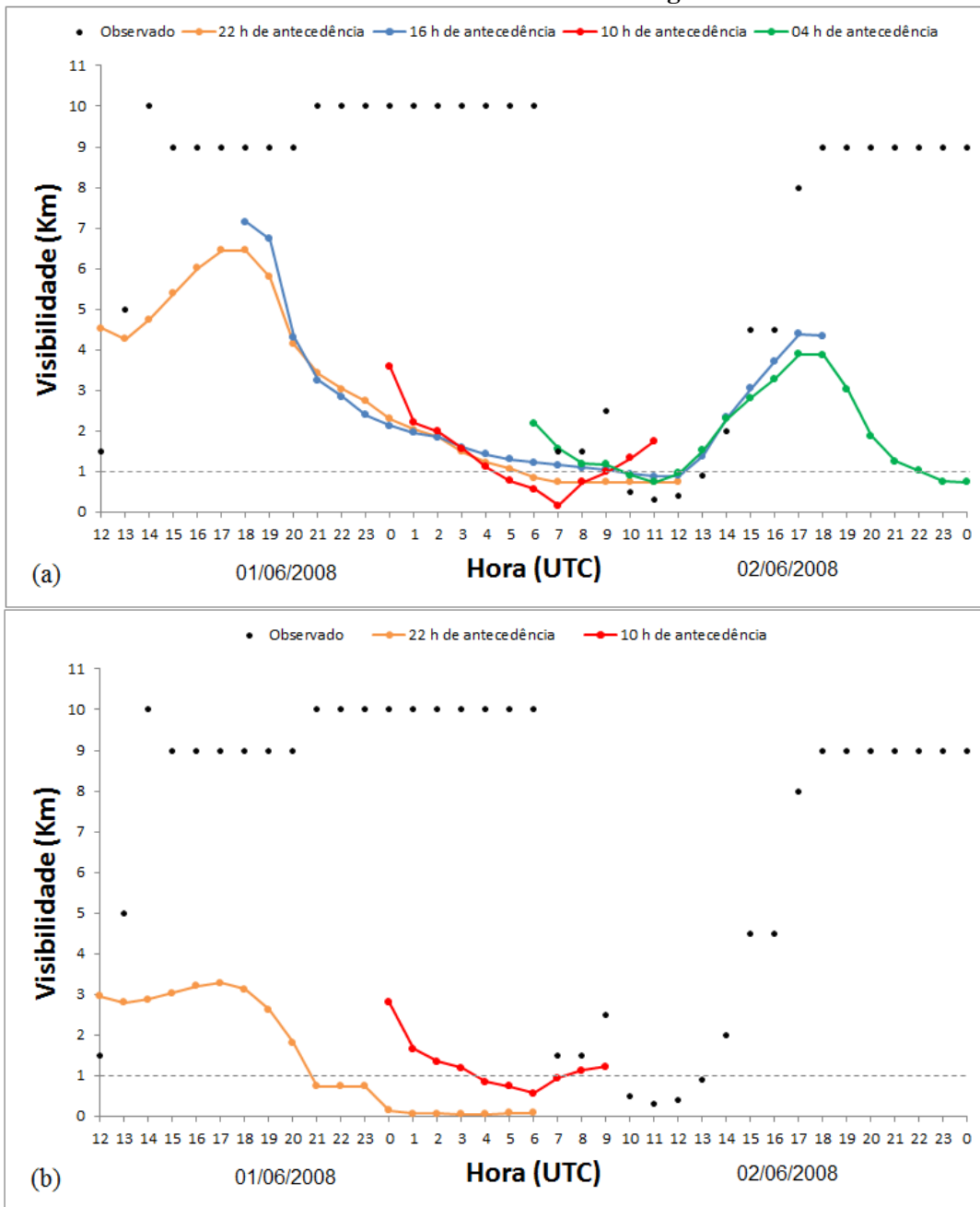
**Figura 105-** Previsões de visibilidade horizontal com 20, 14, 08 e 02hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 20 e 08 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 17 de Maio de 2008 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 02 de Junho de 2008: Nevoeiro Ciclogênico

Figura 106- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22 e 10 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 02 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre.

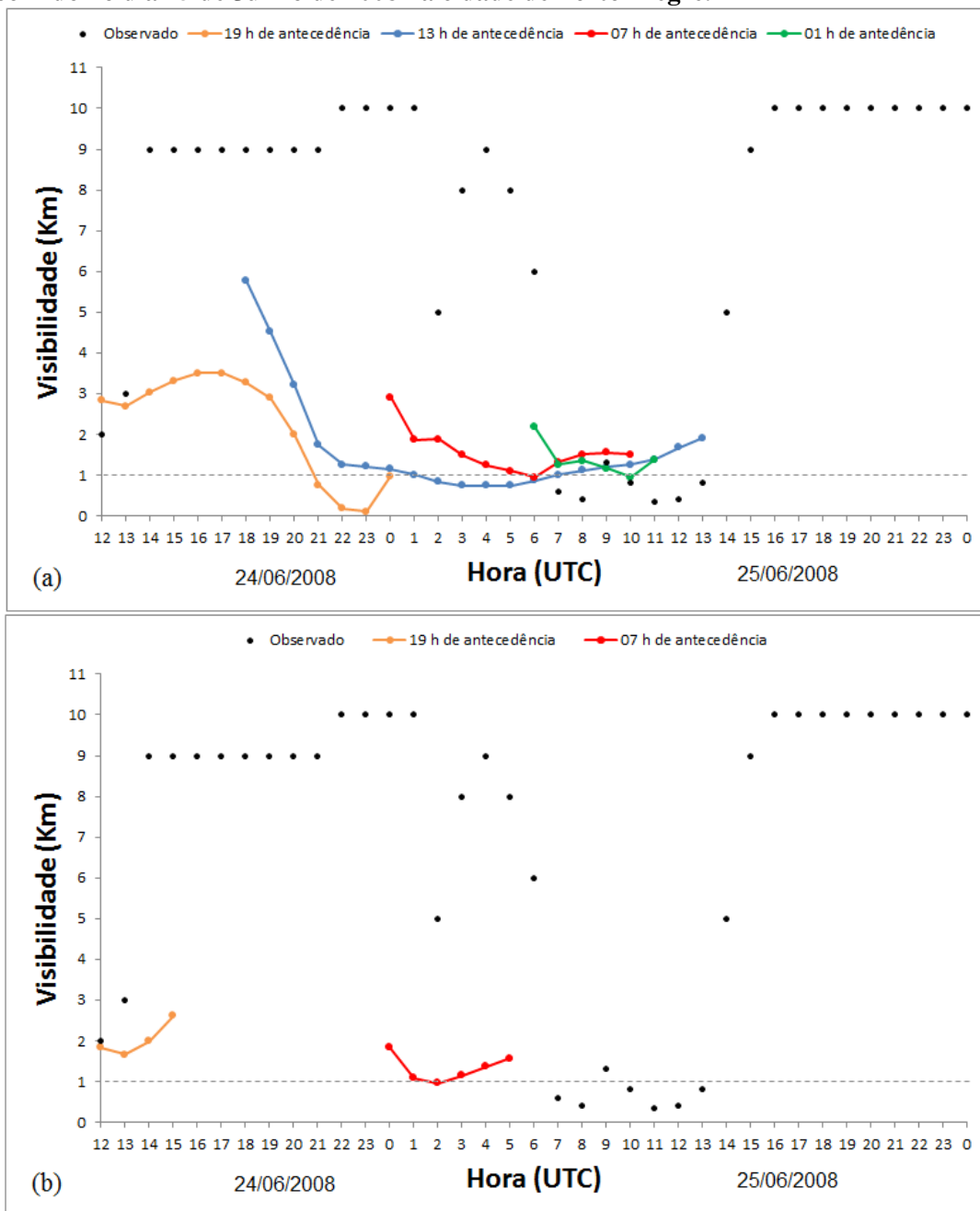


Fonte: PAFOG.



Caso ocorrido no dia 25 de Junho de 2008: Nevoeiro Ciclogênico

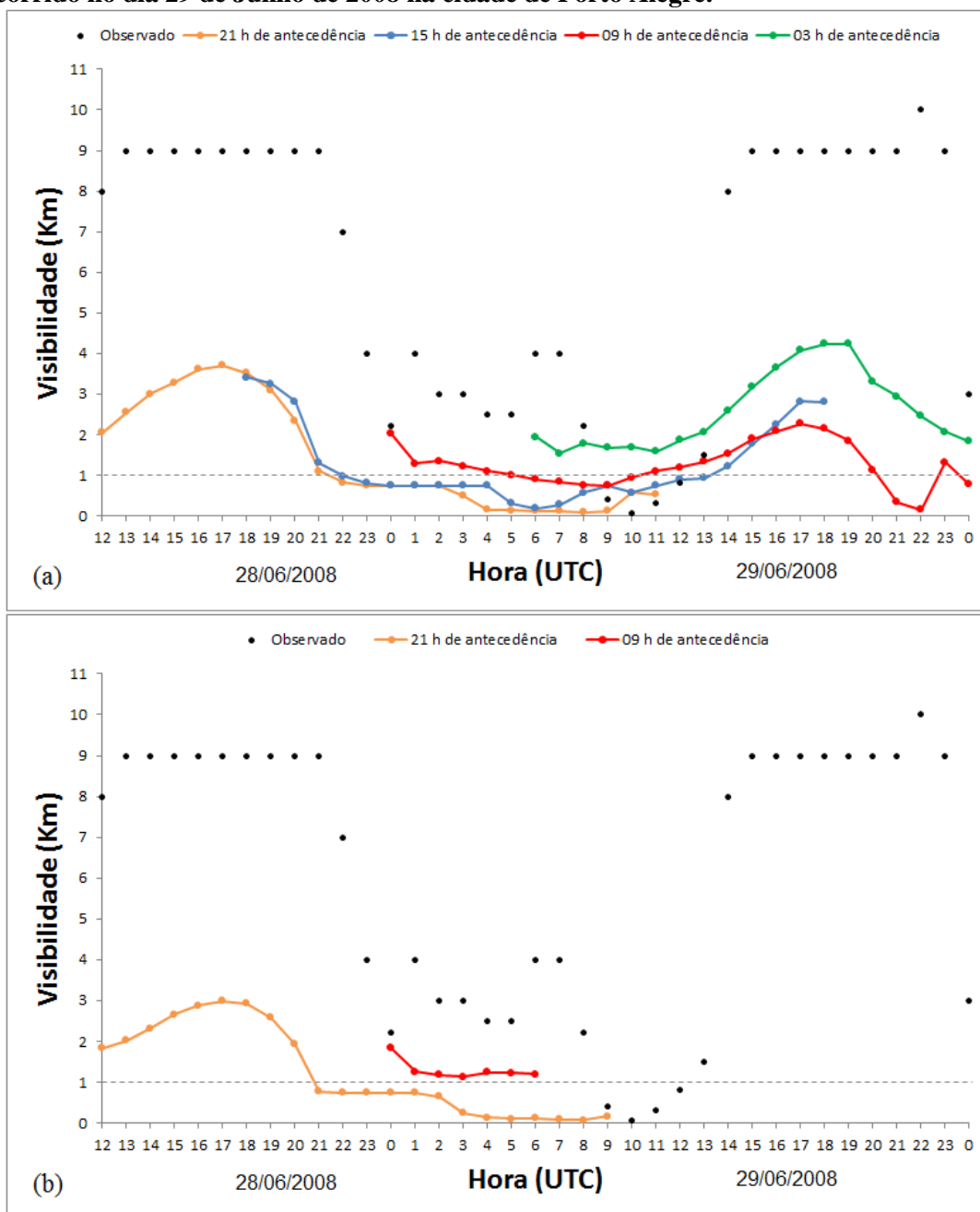
Figura 107- Previsões de visibilidade horizontal com 19, 13, 07 e 01hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 19 e 07 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 25 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

**Caso ocorrido no dia 29 de Junho de 2008: Nevoeiro de Ex\_Frontal e Ciclone Bratrópico**

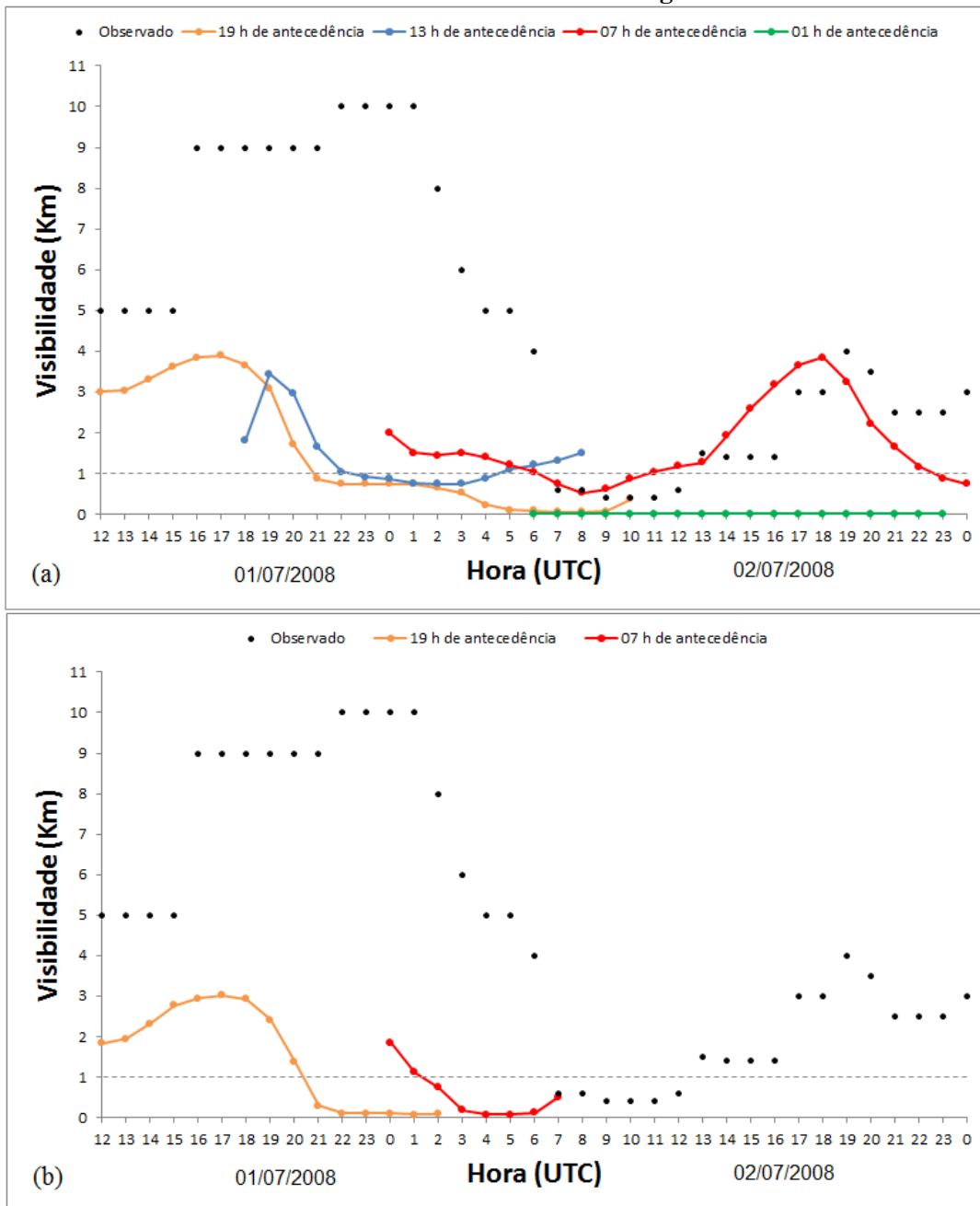
**Figura 108- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 21 e 09 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 29 de Junho de 2008 na cidade de Porto Alegre.**



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 02 de Julho de 2008: Nevoeiro de Extremidade Frontal

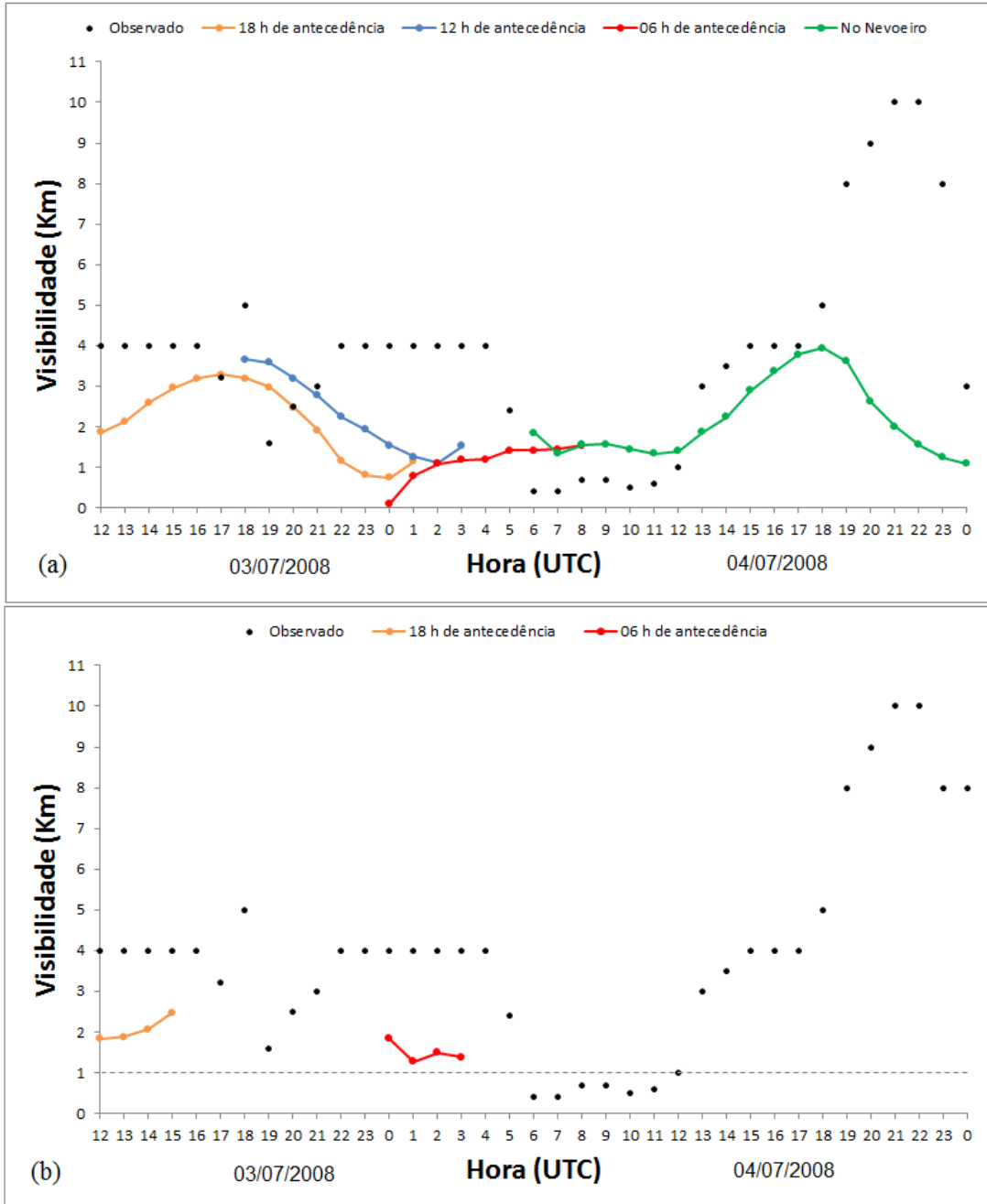
Figura 109- Previsões de visibilidade horizontal com 19, 13, 07 e 01hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 19 e 07 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 02 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 04 de Julho de 2008: Nevoeiro de Extremidade Frontal

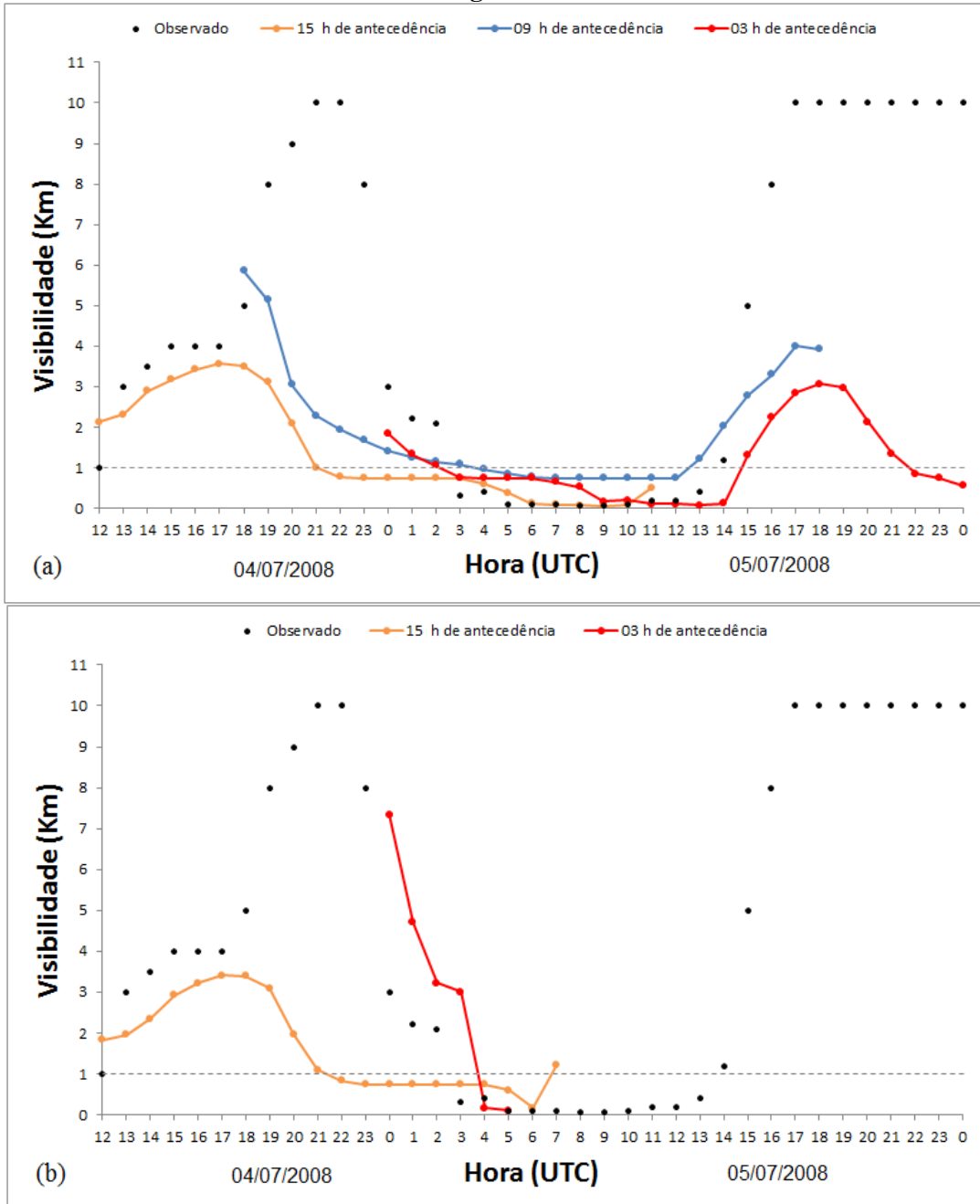
Figura 110- Previsões de visibilidade horizontal com 18, 12 e 06 hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 18 e 06 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 04 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 05 de Julho de 2008: Nevoeiro de Radiação

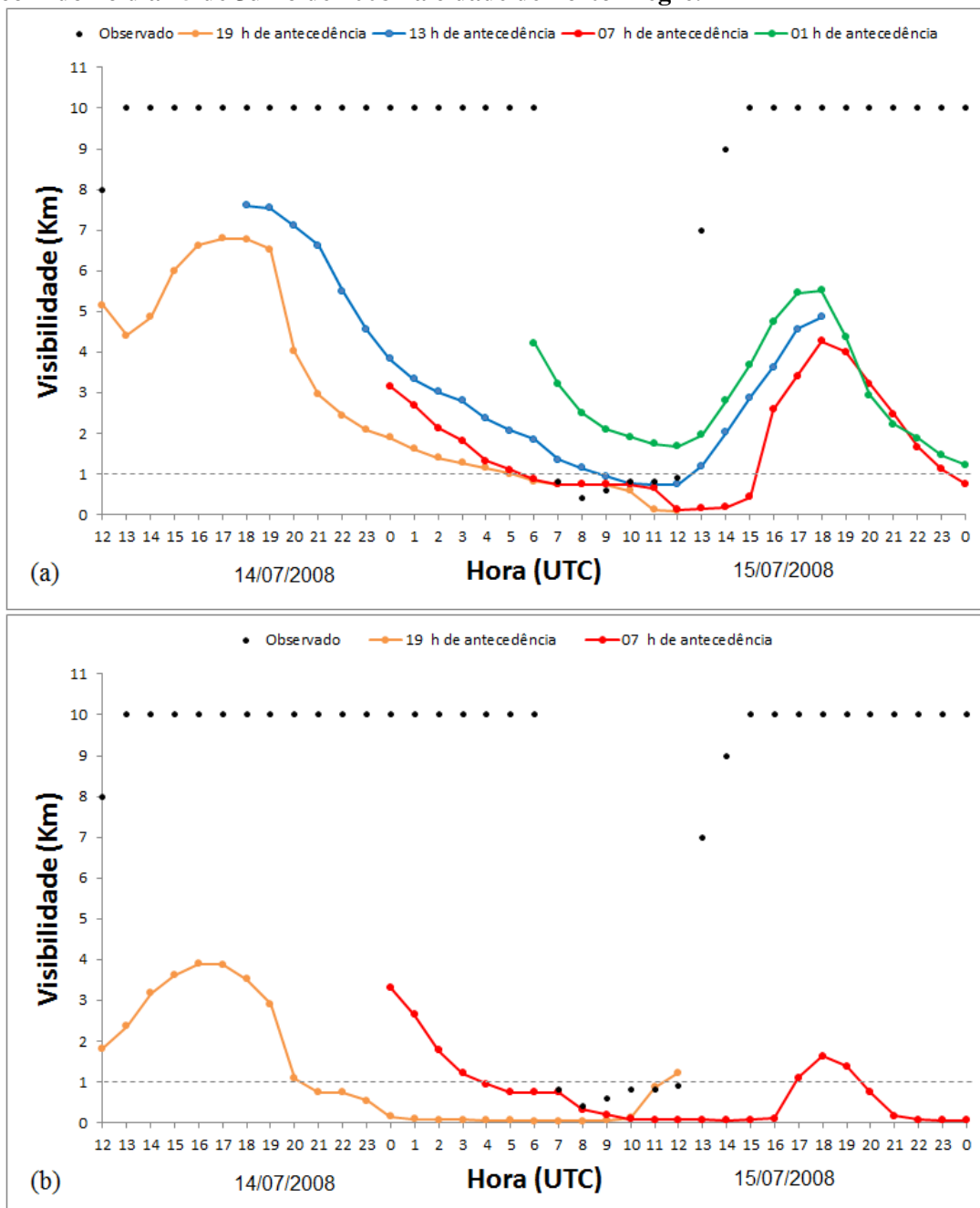
Figura 111- Previsões de visibilidade horizontal com 15, 09 e 03 hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 15 e 03 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 05 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 15 de Julho de 2008: Nevoeiro de Radiação

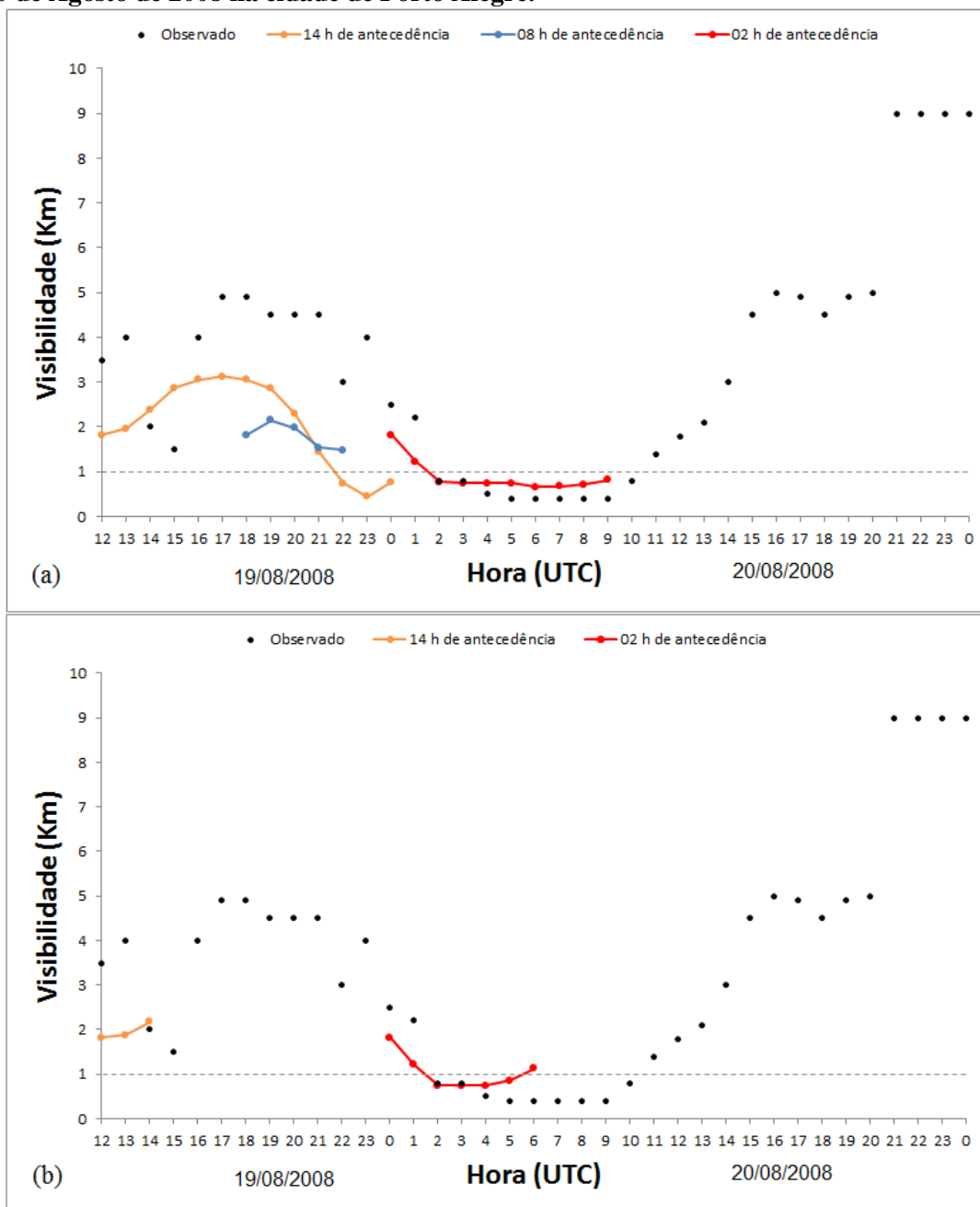
Figura 112- Previsões de visibilidade horizontal com 19, 13, 07 e 01hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 19 e 07 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 15 de Julho de 2008 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

**Caso ocorrido no dia 20 de Agosto de 2008: Nevoeiro de Ex\_Frontal e Ciclone Bratrópico**

**Figura 113- Previsões de visibilidade horizontal com 14, 08 e 02 hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 14 e 02 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 20 de Agosto de 2008 na cidade de Porto Alegre.**

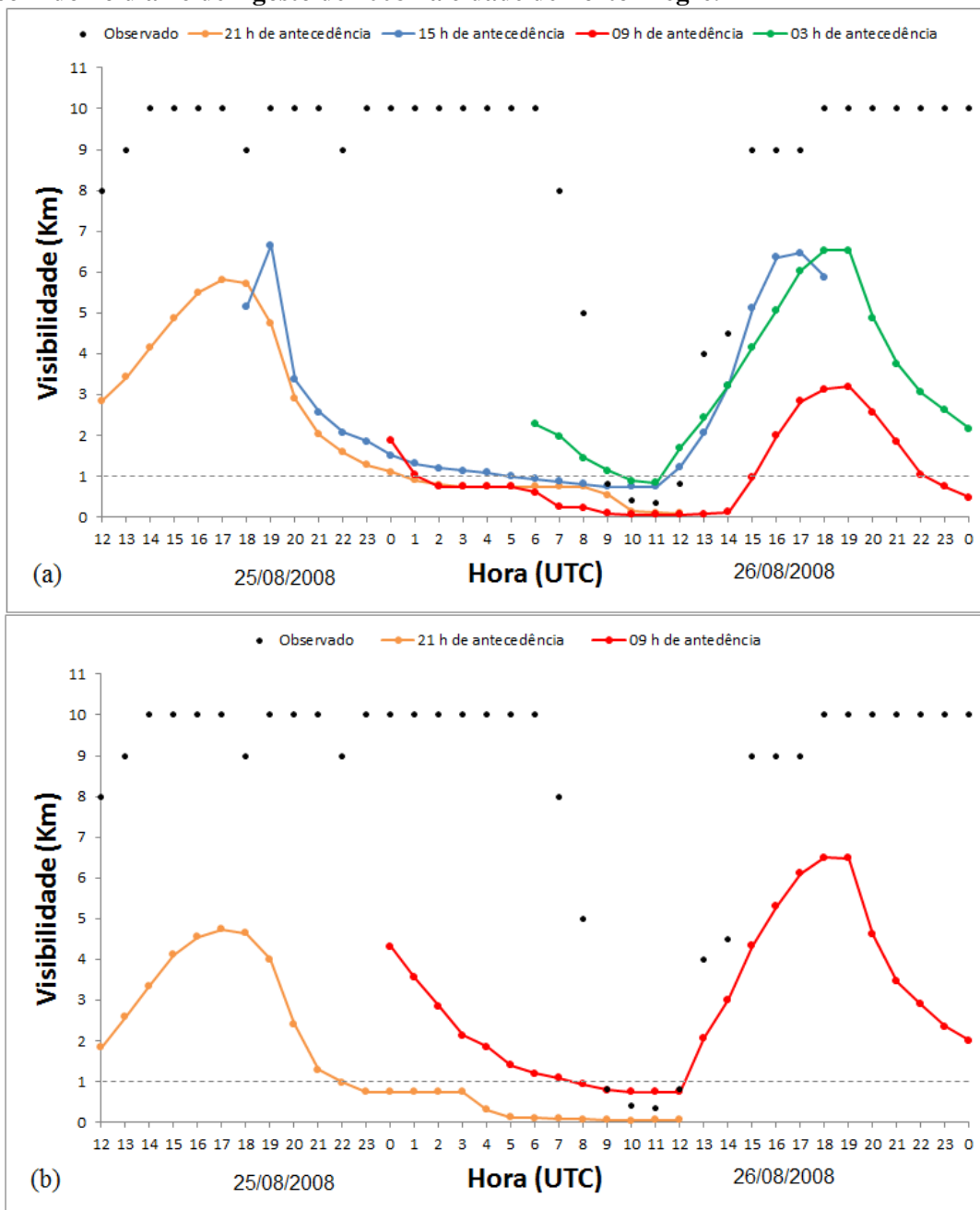


Fonte: PAFOG.



### Caso ocorrido no dia 26 de Agosto de 2008: Nevoeiro de Radiação

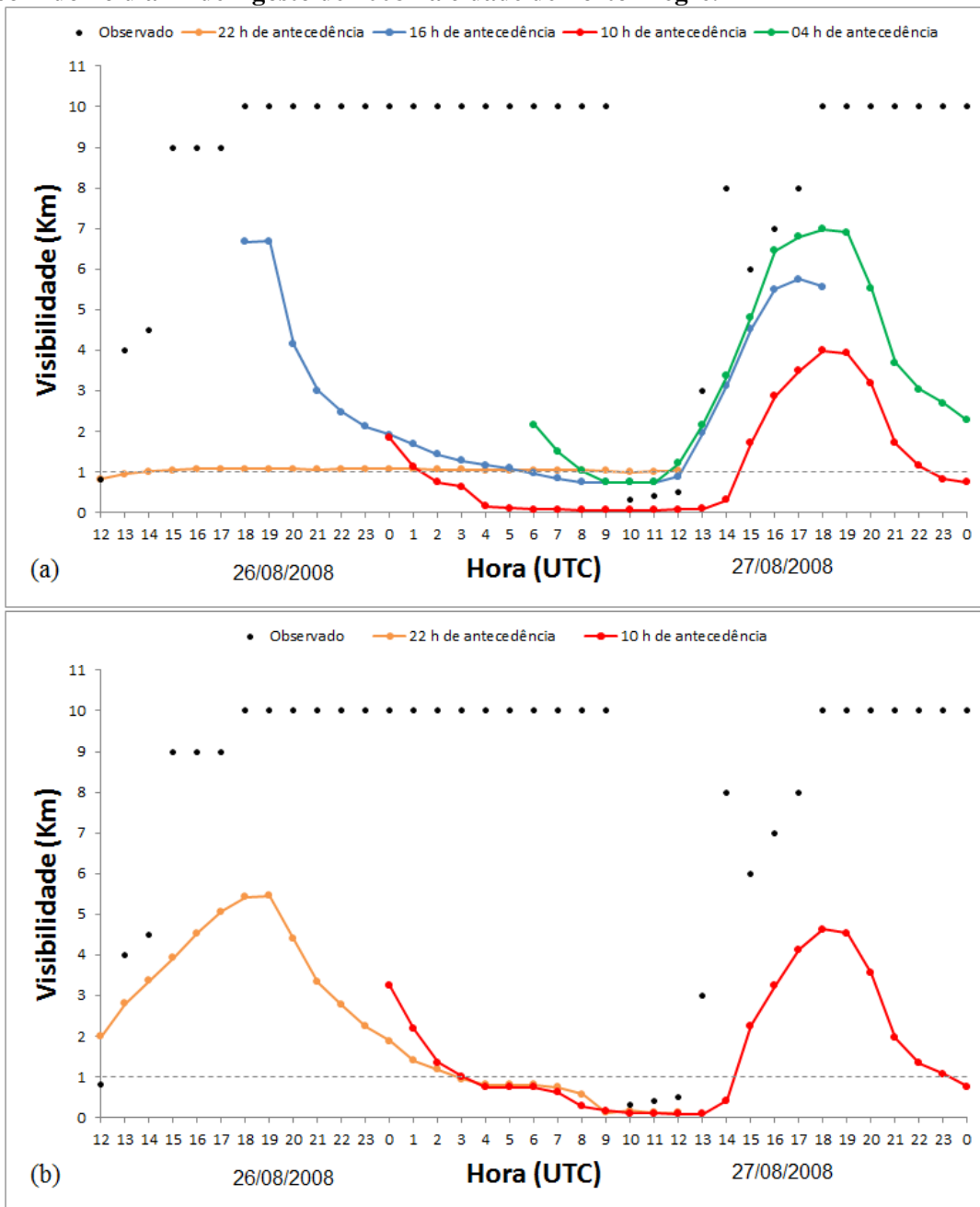
Figura 114- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 21 e 09 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 26 de Agosto de 2008 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 27 de Agosto de 2008: Nevoeiro de Radiação

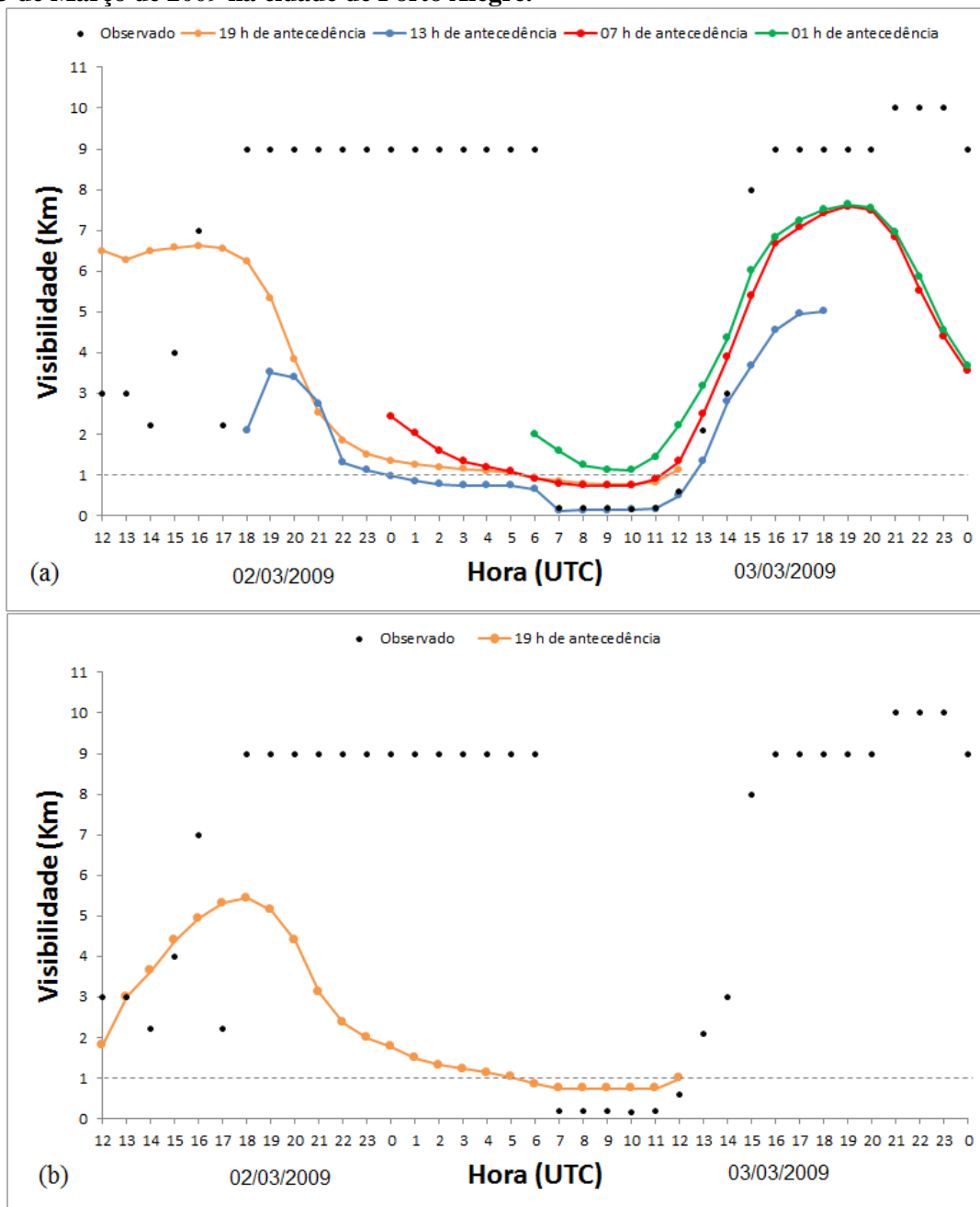
Figura 115- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22 e 10 hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 27 de Agosto de 2008 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 03 de Março de 2009: Nevoeiro de Radiação

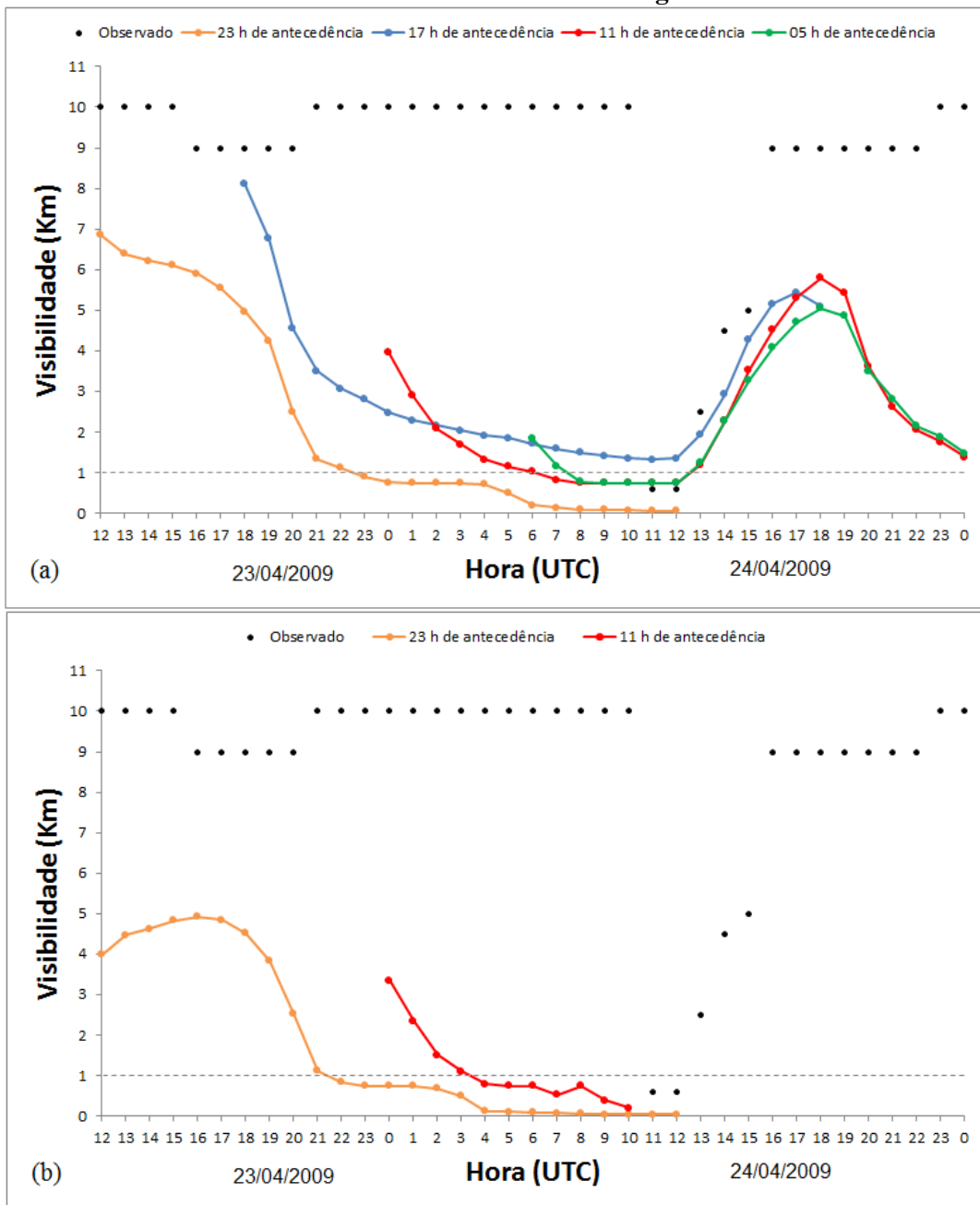
Figura 116- Previsões de visibilidade horizontal com 19, 13, 07 e 01hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 19h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 03 de Março de 2009 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 24 de Abril de 2009: Nevoeiro de Extremidade Frontal

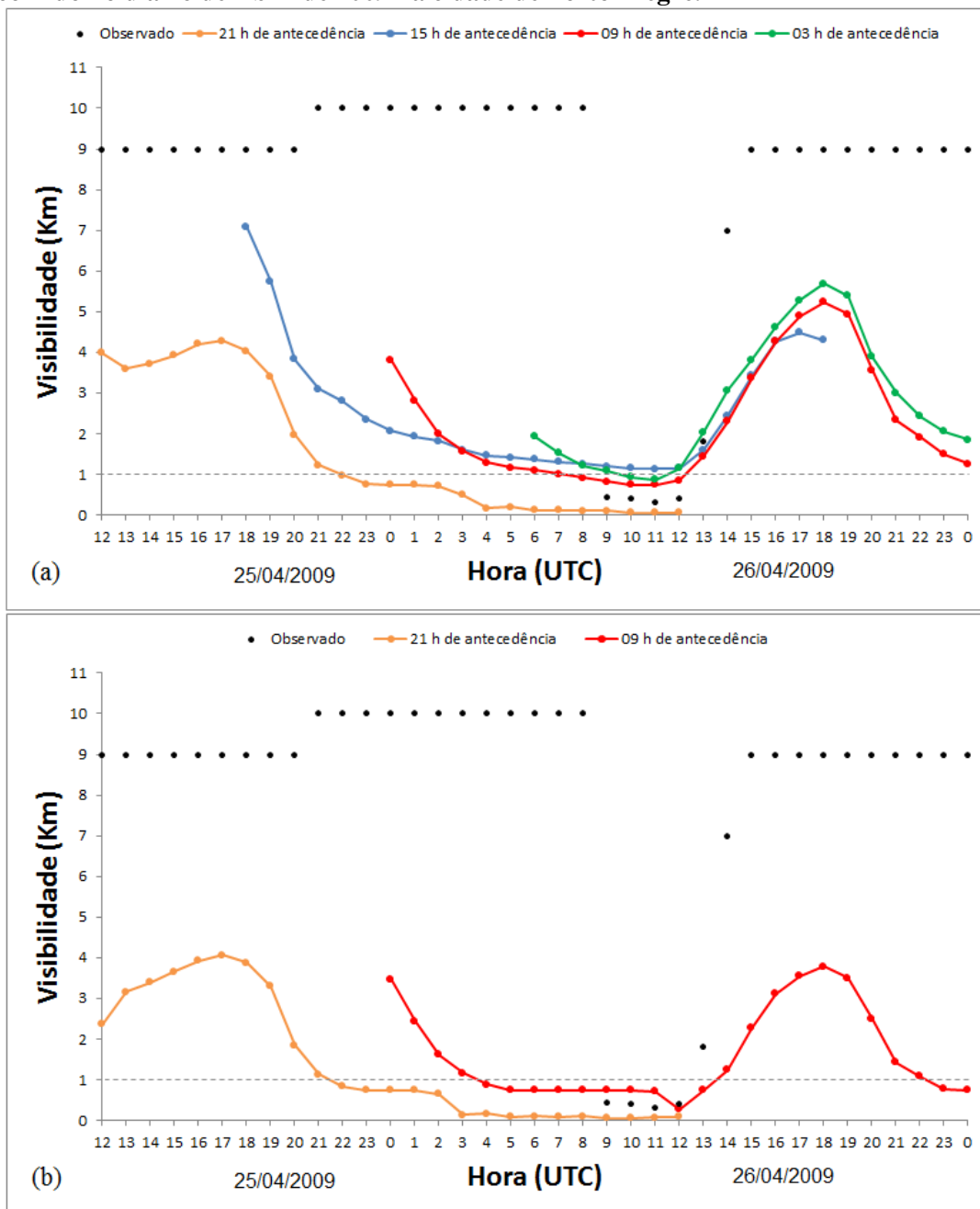
Figura 117- Previsões de visibilidade horizontal com 23, 17, 11 e 05hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 23 e 11hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 24 de Abril de 2009 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

### Caso ocorrido no dia 26 de Abril de 2009: Nevoeiro de Extremidade Frontal

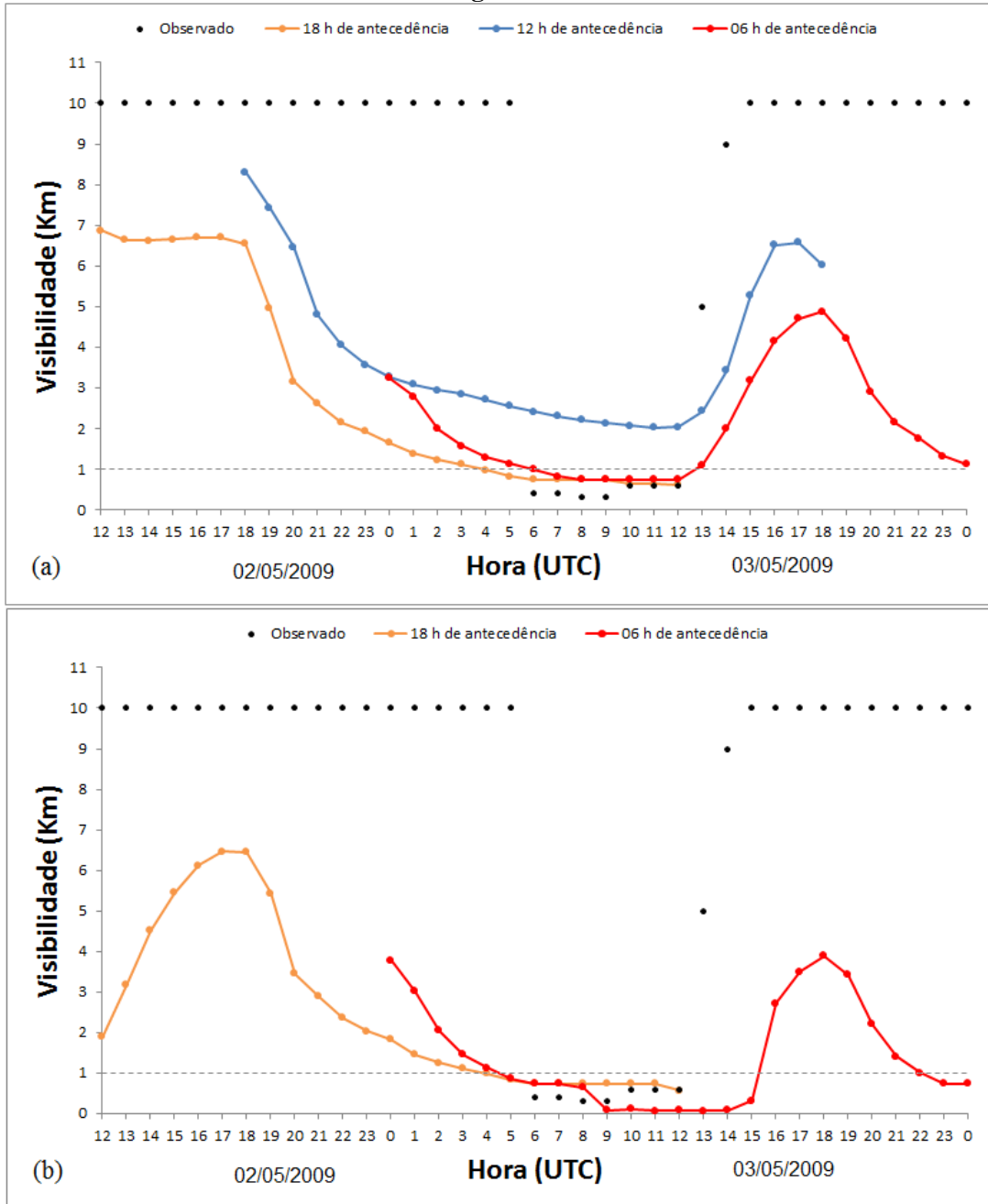
Figura 118- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 21 e 09hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 26 de Abril de 2009 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 03 de Maio de 2009: Nevoeiro de Radiação

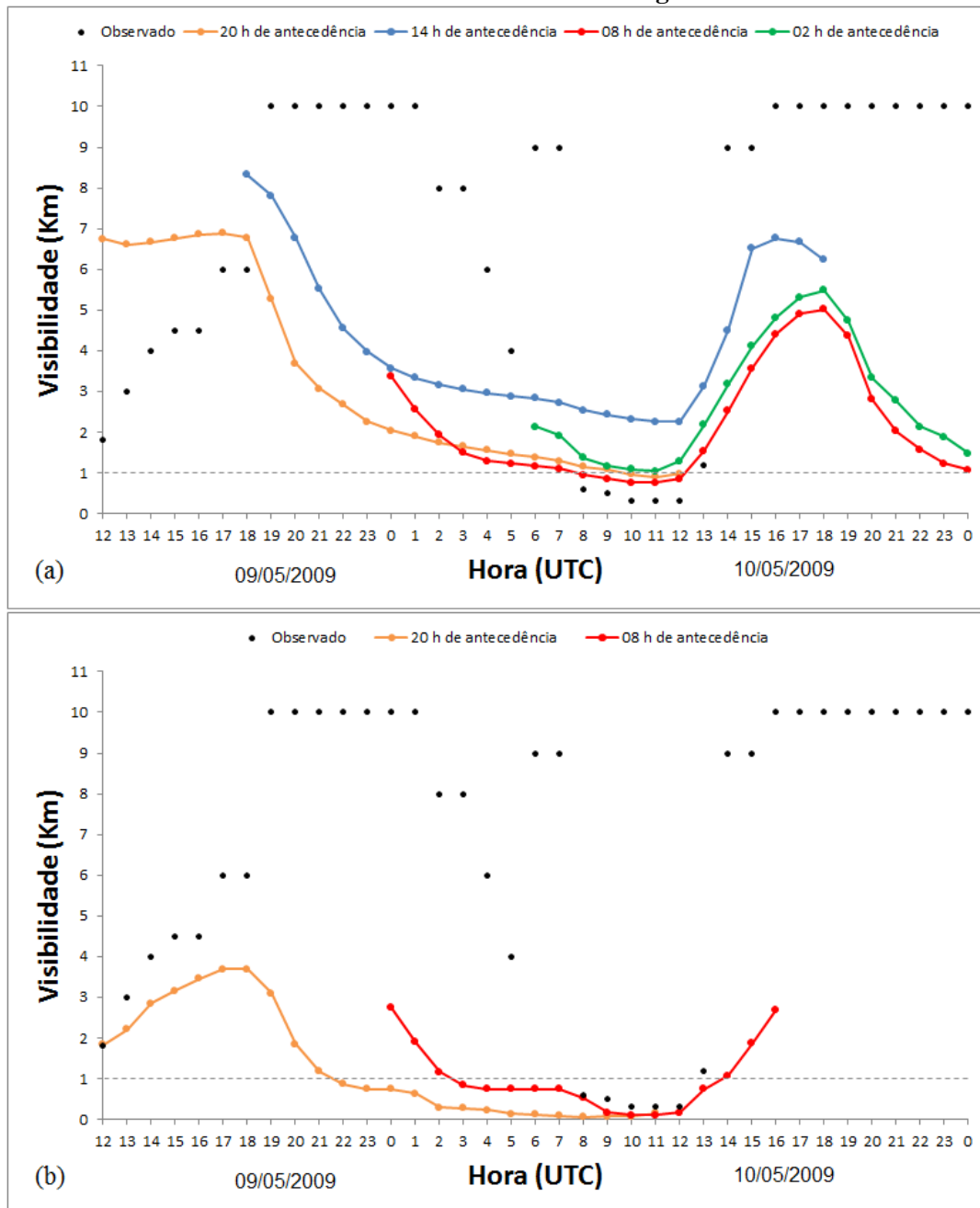
Figura 119- Previsões de visibilidade horizontal com 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 18 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 03 de Maio de 2009 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 10 de Maio de 2009: Nevoeiro de Radiação

Figura 120- Previsões de visibilidade horizontal com 20, 14, 08 e 02hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 20 e 08hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 10 de Maio de 2009 na cidade de Porto Alegre.

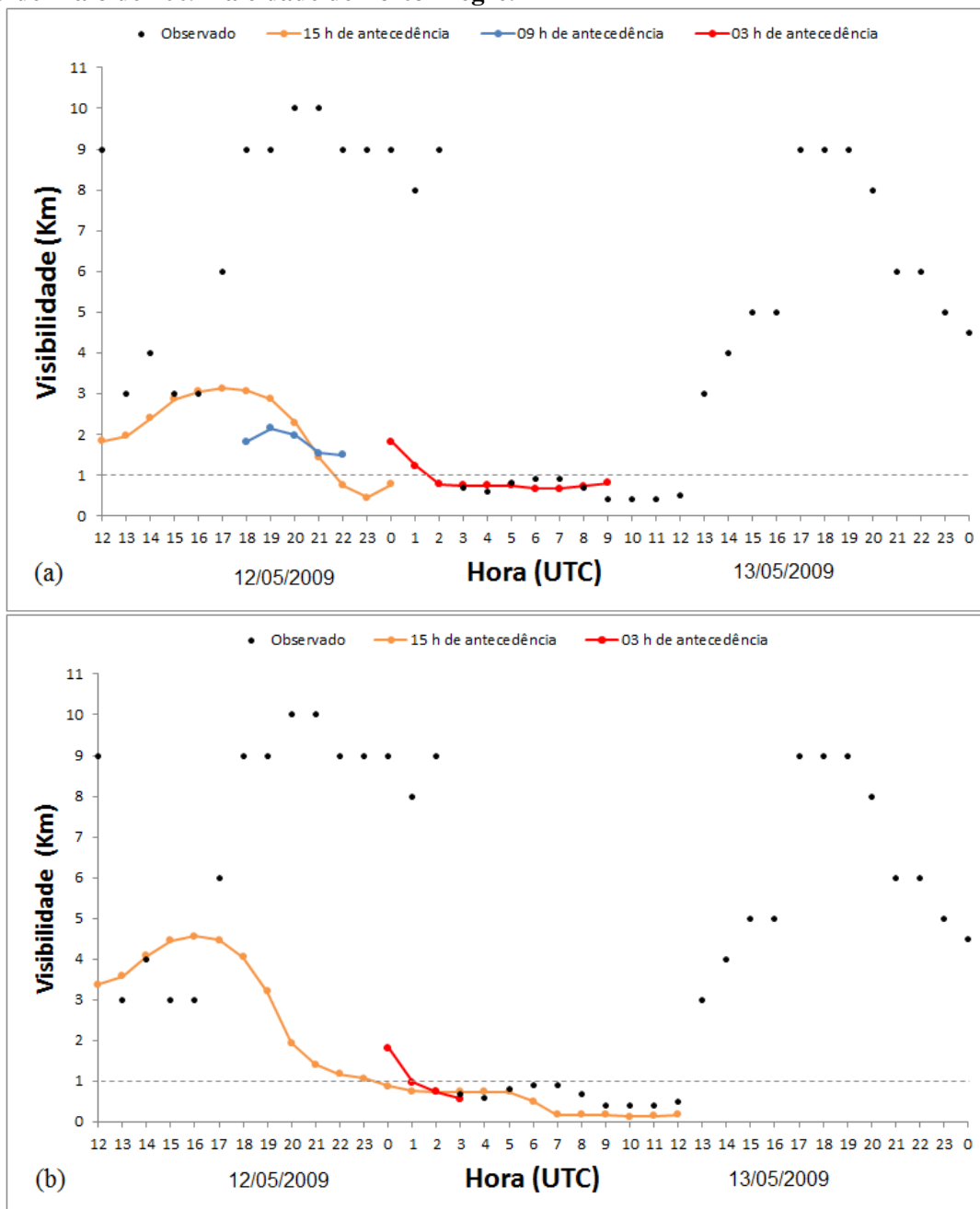


Fonte: PAFOG.



**Caso ocorrido no dia 13 de Maio de 2009:** Nevoeiro de Ex\_Frontal e Ciclone Barotrópico

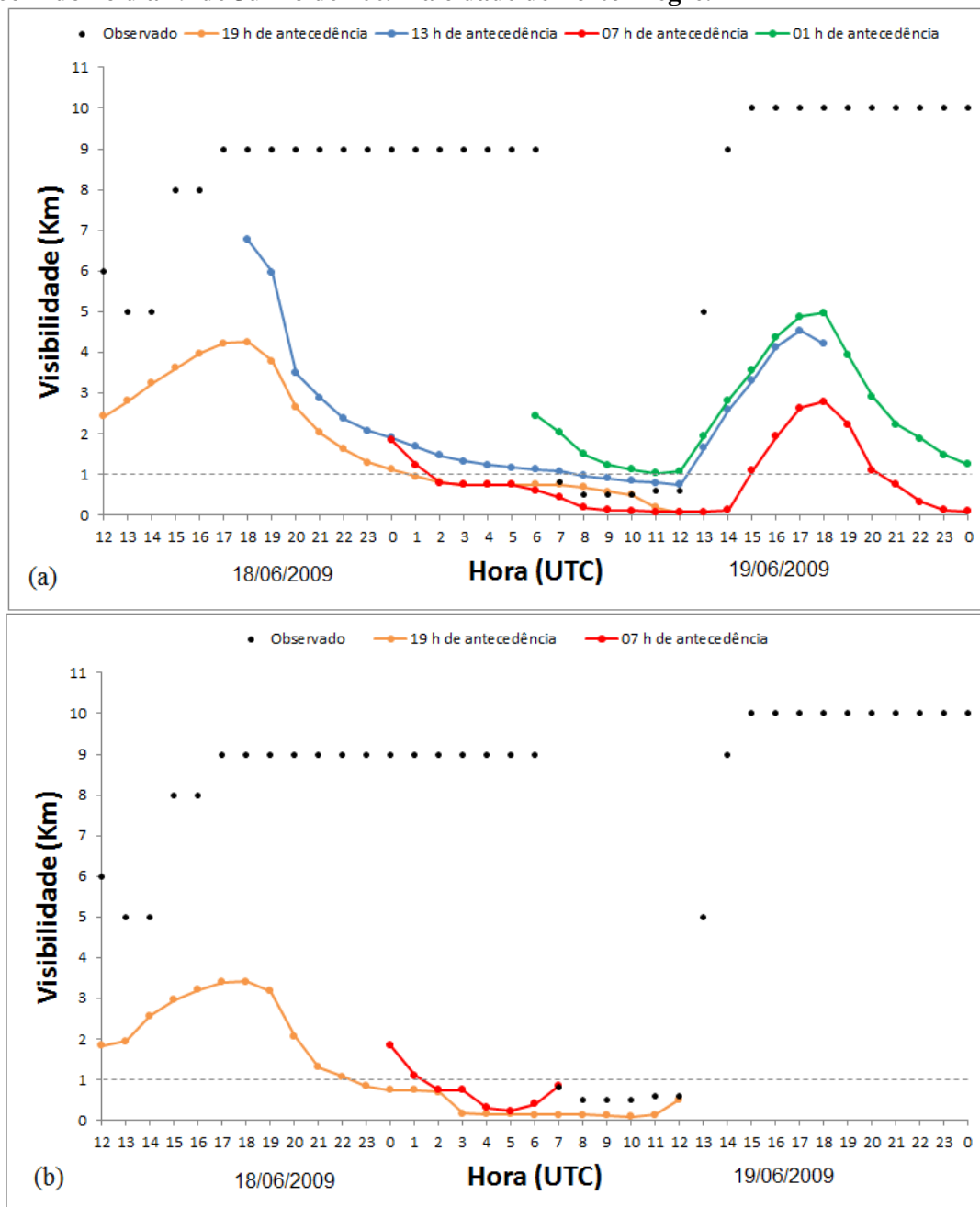
**Figura 121-** Previsões de visibilidade horizontal com 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 15 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 13 de Maio de 2009 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

### Caso ocorrido no dia 19 de Junho de 2009: Nevoeiro de Radiação

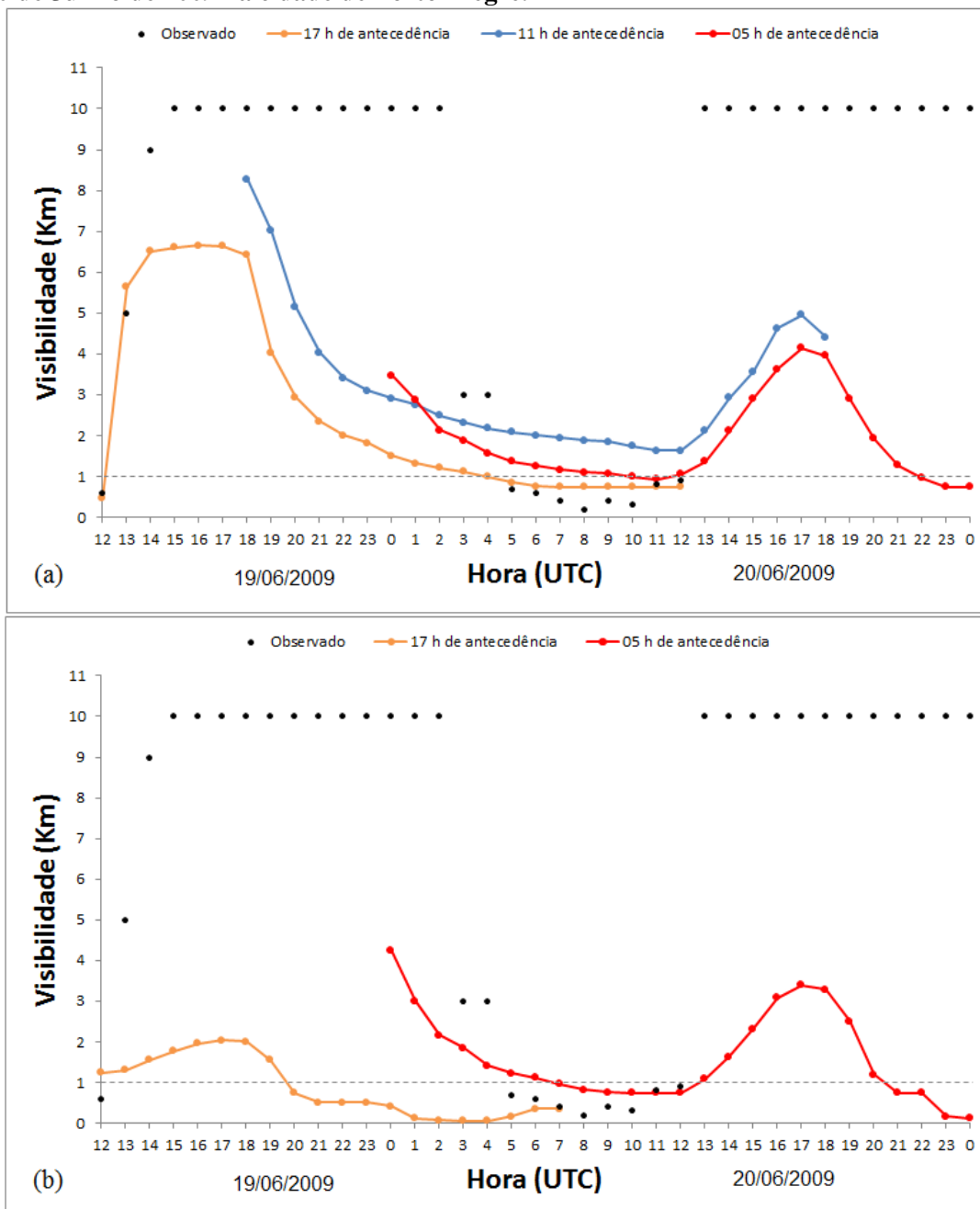
Figura 122- Previsões de visibilidade horizontal com 19, 13, 07 e 01hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 19 e 07hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 19 de Junho de 2009 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

### Caso ocorrido no dia 20 de Junho de 2009: Nevoeiro de Radiação

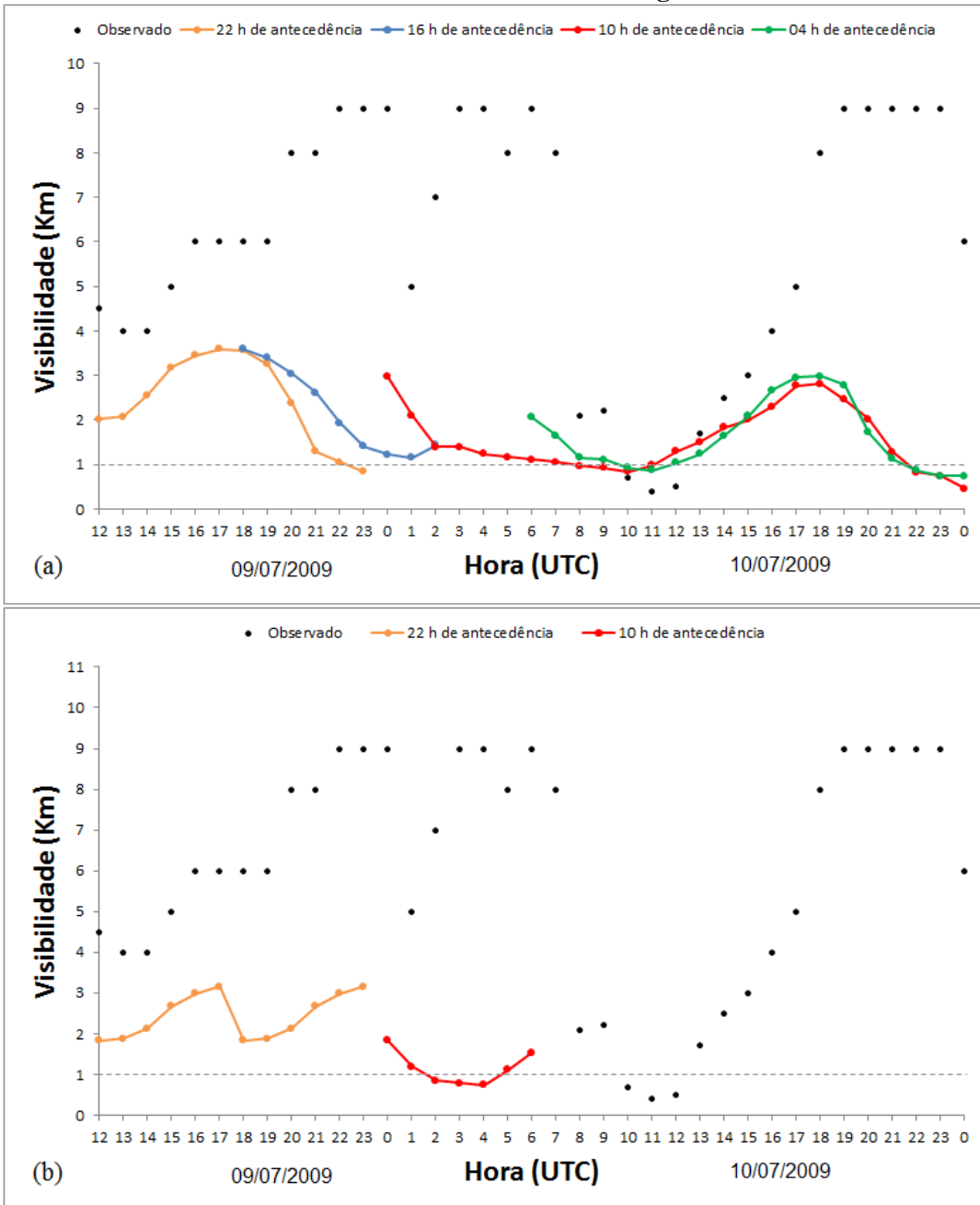
Figura 123- Previsões de visibilidade horizontal com 17, 11 e 05hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 17 e 05hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 20 de Junho de 2009 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 10 de Julho de 2009: Nevoeiro de Extremidade Frontal

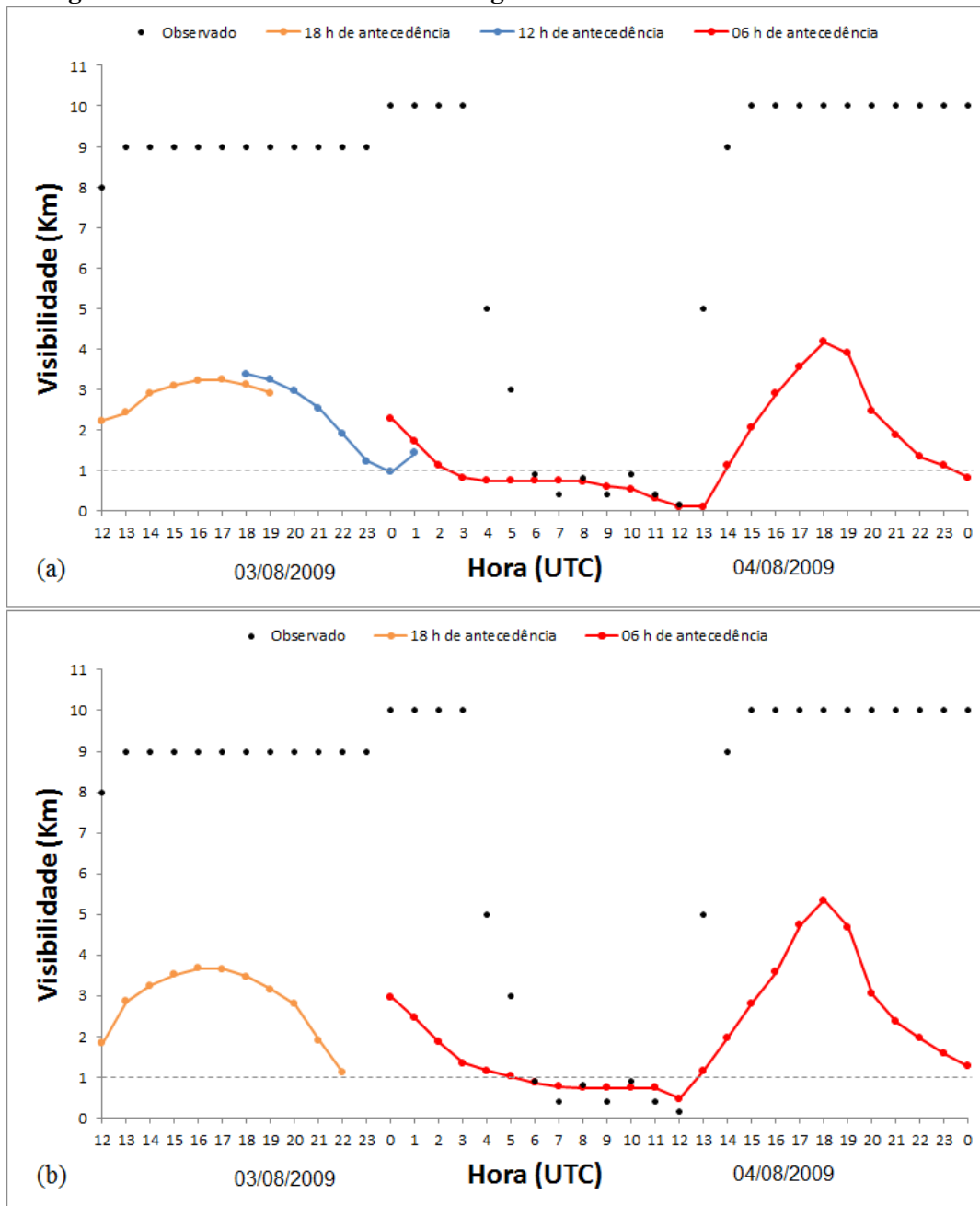
Figura 124- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22 e 10hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 10 de Julho de 2009 na cidade de Porto Alegre.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 04 de Agosto de 2009: Nevoeiro de Radiação

Figura 125- Previsões de visibilidade horizontal com 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 18 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 04 de Agosto de 2009 na cidade de Porto Alegre.

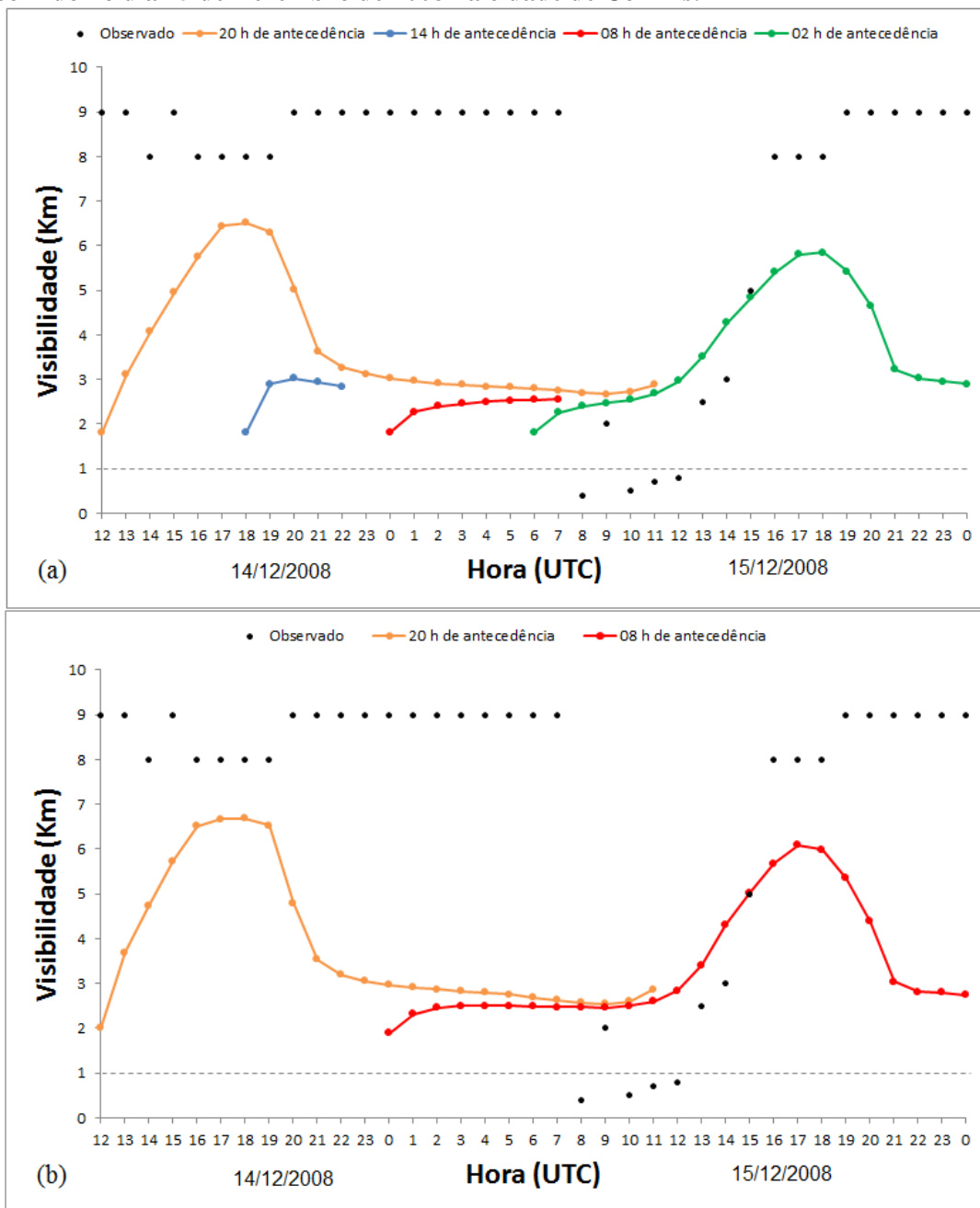


Fonte: PAFOG.

ANEXO C.2: Previsão com o modelo PAFOG dos casos ocorridos em Confins

Caso ocorrido no dia 15 de Dezembro de 2008: Nevoeiro causado por POA (Chuva)

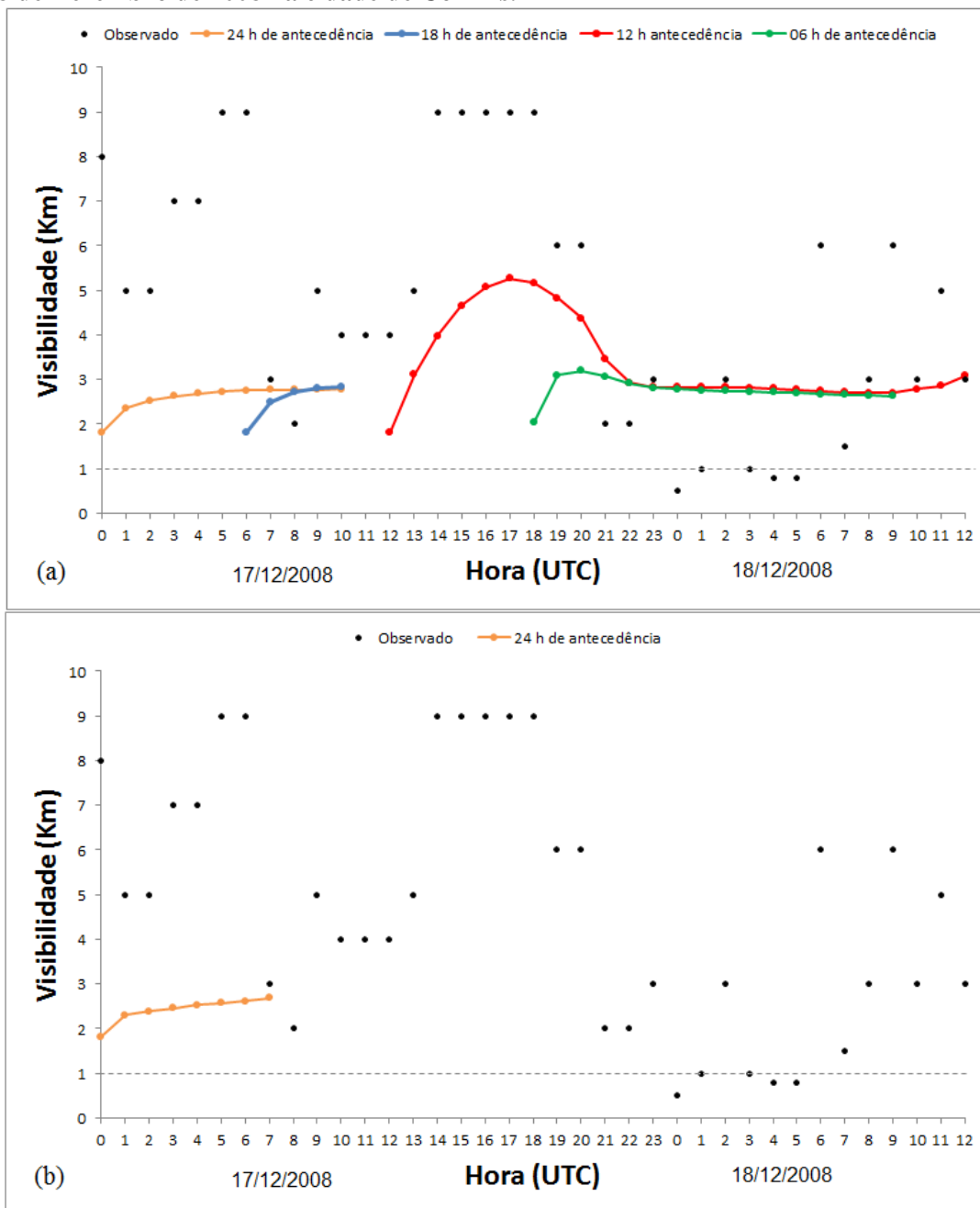
Figura 126- Previsões de visibilidade horizontal com 20, 14, 08 e 02hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 20 e 08hs de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 15 de Dezembro de 2008 na cidade de Confins.



Fonte: PAFOG.

Caso ocorrido no dia 18 de Dezembro de 2008: Nevoeiro de Extremidade Frontal

Figura 127- Previsões de visibilidade horizontal com 24, 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 24h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 18 de Dezembro de 2008 na cidade de Confins.

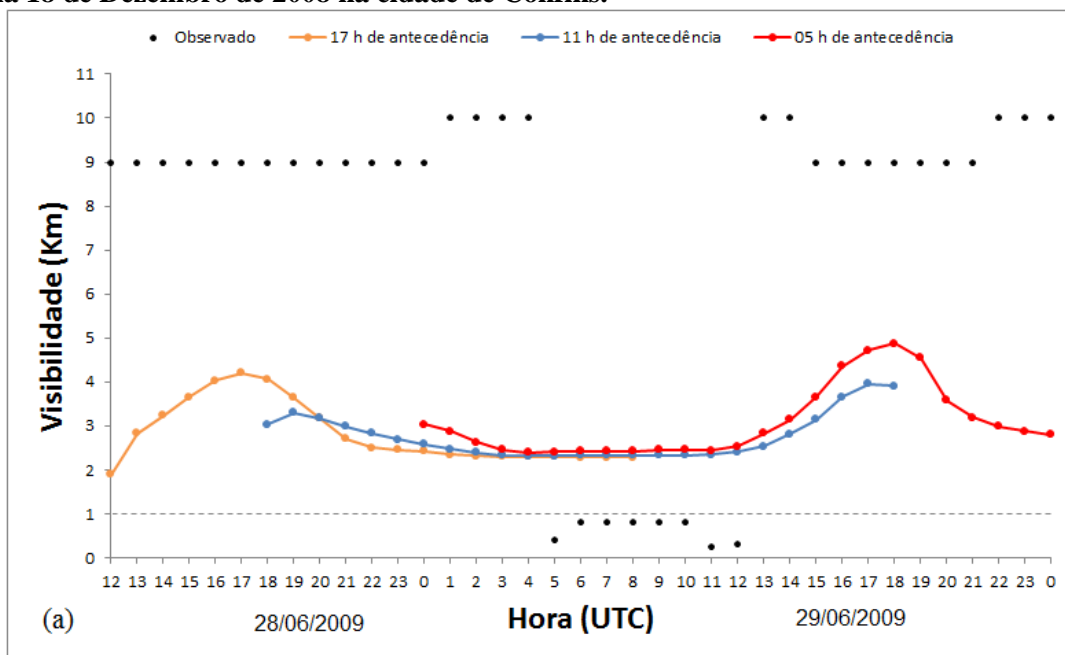


Fonte: PAFOG.



**Caso ocorrido no dia 29 de Junho de 2009: Nevoeiro de Extremidade Frontal**

**Figura 128- Previsões de visibilidade horizontal com 24, 18, 12 e 06hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), para o evento ocorrido no dia 18 de Dezembro de 2008 na cidade de Confins.**



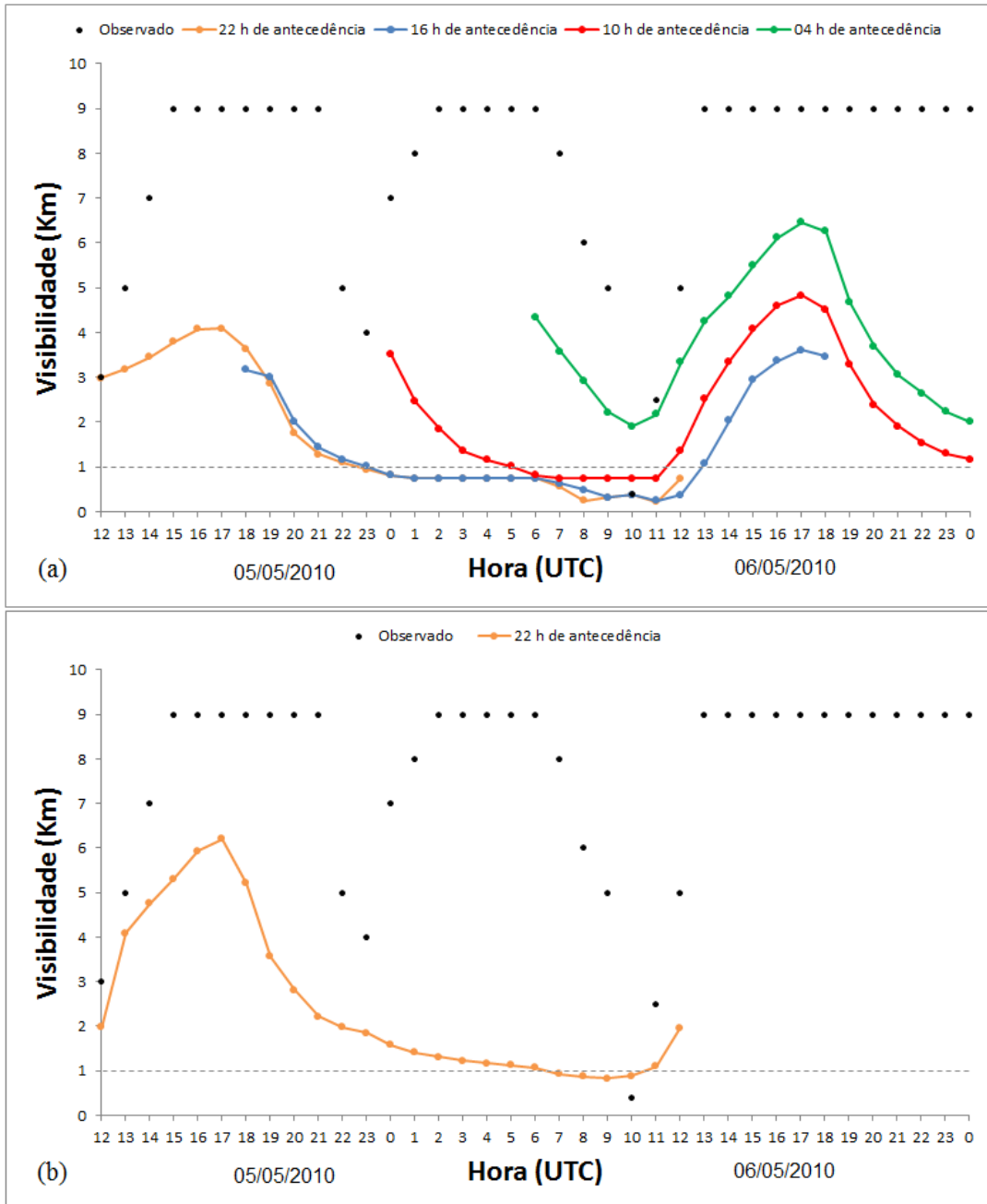
Fonte: PAFOG.

ANEXO C.3: Previsão com o modelo PAFOG dos casos ocorridos no NEB

Cidade de Salvador

Caso ocorrido no dia 06 de Maio de 2010: Nevoeiro causado por POA

Figura 129- Previsões de visibilidade horizontal com 22, 16, 10 e 04hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 22h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 06 de Maio de 2010 na cidade de Salvador.

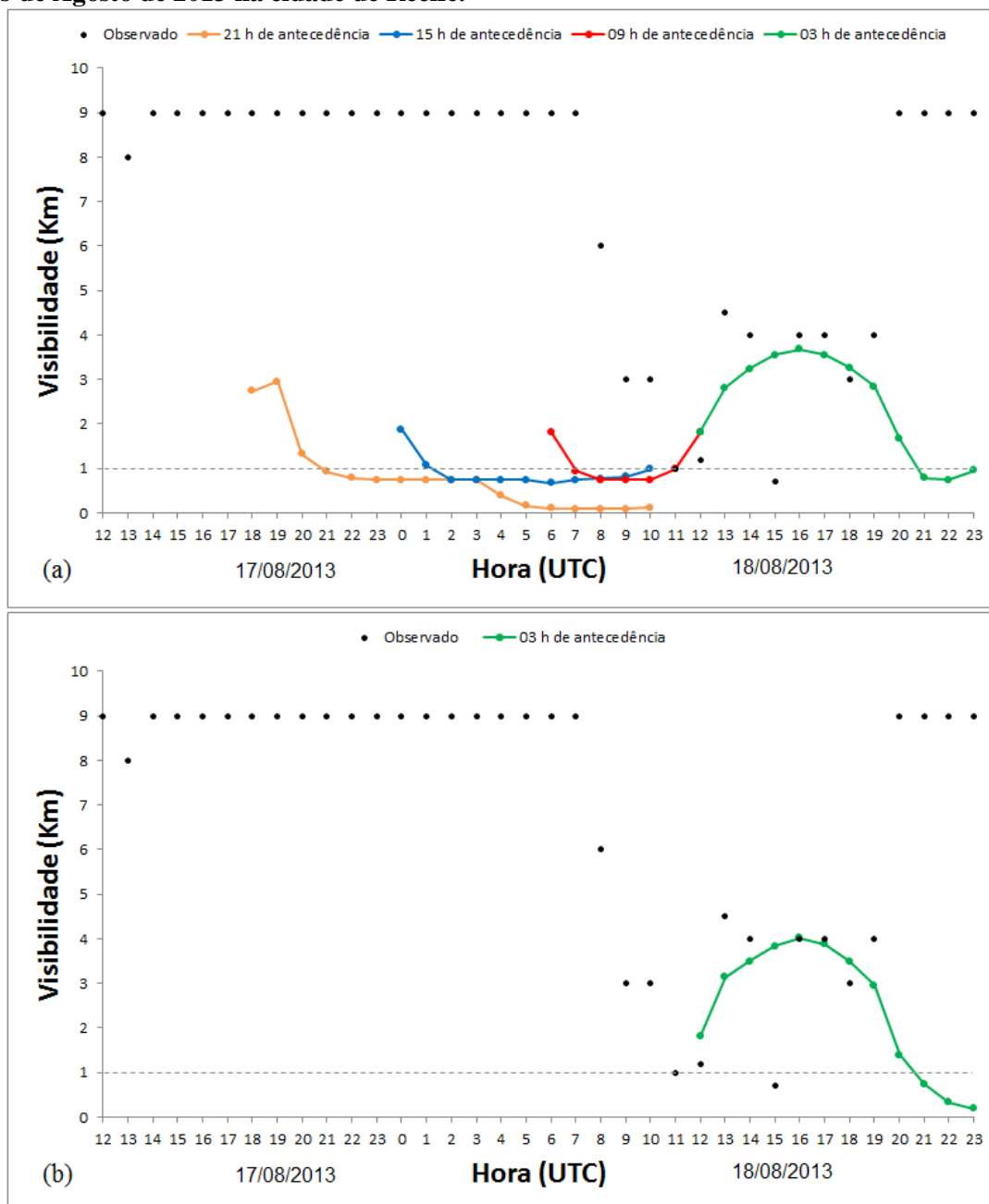


Fonte: PAFOG.

## Cidade de Recife

Caso ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013: Nevoeiro causado por POA (Chuva)

Figura 130- Previsões de visibilidade horizontal com 21, 15, 09 e 03hs de antecedência com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR (a), com 03h de antecedência com inicialização dos dados observados de radiossonda (b), para o evento ocorrido no dia 18 de Agosto de 2013 na cidade de Recife.



Fonte: PAFOG.

## ANEXO D: Dados em baixos níveis do modelo CFSR

**Tabela 34- Dados de superfície usados para a inicialização das previsões de visibilidade com o modelo PAFOG nas três regiões estudadas. Cid: cidade, CFSR-2: Dados de previsão do modelo CFSR, CFSR-1: Dados de reanálise do modelo CFSR. Ant: antecedência, CL: altura da camada limite, Vg: vento geostrófico acima da camada limite, Vv: velocidade vertical acima da camada limite.**

<i>Data</i>	<i>Cid</i>	<i>Caract</i>	<i>CFSR-2</i>				<i>CFSR-1</i>	
18/04/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	21	15	09	03	21	09
		<i>CL (m)</i>	374	1542	115	23	374	115
		<i>Vg (m/s)</i>	2.0	2.2	3.2	2.5	1.4	4.9
		<i>Vv (m/s)</i>	1.915	-3.349	0.093	-0.338	1.922	0.500
20/04/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	20	14	08	02	20	08
		<i>CL (m)</i>	218	1341	175	130	218	175
		<i>Vg (m/s)</i>	4.1	1.0	8.4	3.7	4.6	8.2
		<i>Vv (m/s)</i>	-0.001	-0.123	-2.009	-0.293	0.201	-1.282
17/05/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	20	14	08	02	20	08
		<i>CL (m)</i>	248	1124	83	112	248	83
		<i>Vg (m/s)</i>	11.7	3.1	6.2	3.7	13.0	5.9
		<i>Vv (m/s)</i>	-0.628	-0.731	0.539	-1.023	-0.414	0.117
02/06/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	22	16	10	04	22	10
		<i>CL (m)</i>	132	1361	285	78	132	285
		<i>Vg (m/s)</i>	1.1	3.5	9.4	4.4	4.8	8.5
		<i>Vv (m/s)</i>	0.464	-0.437	-2.139	-0.174	1.732	-1.683
25/06/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	19	13	07	01	19	07
		<i>CL (m)</i>	537	1016	346	477	537	346
		<i>Vg (m/s)</i>	10.4	10.1	12.3	11.7	11.2	12.7
		<i>Vv (m/s)</i>	1.433	0.888	-0.112	0.077	0.233	-1.371
29/06/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	21	15	09	03	21	09
		<i>CL (m)</i>	124	437	86	46	124	86
		<i>Vg (m/s)</i>	5.6	6.4	7.9	1.2	4.0	7.3
		<i>Vv (m/s)</i>	1.053	2.740	-2.003	0.058	-1.414	-1.918
02/07/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	19	13	07	01	19	01
		<i>CL (m)</i>	286	820	76	174	286	76
		<i>Vg (m/s)</i>	6.9	10.4	2.6	4.6	7.0	4.7
		<i>Vv (m/s)</i>	1.683	-1.005	1.958	1.856	1.898	2.251
04/07/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	18	12	06	-	18	06
		<i>CL (m)</i>	230	512	133	-	230	133
		<i>Vg (m/s)</i>	7.1	7.3	6.3	-	6.5	4.6
		<i>Vv (m/s)</i>	2.364	1.461	0.805	-	2.705	1.402
05/07/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	15	09	03	-	15	03
		<i>CL (m)</i>	89	680	206	-	89	206
		<i>Vg (m/s)</i>	4.9	3.4	8.9	-	3.6	7.3
		<i>Vv (m/s)</i>	1.053	0.656	-0.584	-	1.750	0.162
15/07/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	19	13	07	01	19	07
		<i>CL (m)</i>	160	734	106	74	160	106
		<i>Vg (m/s)</i>	10.9	3.1	6.1	7.8	9.9	5.8
		<i>Vv (m/s)</i>	-1.268	0.616	-1.468	-0.693	-0.864	-1.233
20/08/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	14	08	02	-	14	02
		<i>CL (m)</i>	488	484	379	-	488	379
		<i>Vg (m/s)</i>	11.8	14.2	14.8	-	12.2	12.1
		<i>Vv (m/s)</i>	3.016	1.505	0.696	-	2.945	1.810
	PA	<i>Ant. (h)</i>	21	15	09	03	21	09
		<i>CL (m)</i>	343	1035	150	40	343	150

26/08/2008		<i>Vg (m/s)</i>	5.3	9.6	2.3	3.2	6.7	2.9
		<i>Vv (m/s)</i>	0.808	2.399	2.196	1.465	0.824	2.123
27/08/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	22	16	10	04	22	10
		<i>CL (m)</i>	379	778	204	207	379	204
		<i>Vg (m/s)</i>	0.9	5.2	11.0	8.4	1.5	11.9
		<i>Vv (m/s)</i>	0.082	-0.704	1.053	0.584	0.529	1.466
03/03/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	19	13	07	01	19	07
		<i>CL (m)</i>	814	206	72	62	814	72
		<i>Vg (m/s)</i>	11.8	8.7	5.9	8.1	4.5	5.7
		<i>Vv (m/s)</i>	5.788	-2.144	-0.697	1.321	7.135	0.659
24/04/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	23	17	11	05	23	11
		<i>CL (m)</i>	664	1428	274	163	664	274
		<i>Vg (m/s)</i>	9.6	6.0	9.8	4.9	9.6	8.8
		<i>Vv (m/s)</i>	-0.455	-2.637	-1.184	0.450	1.188	-0.475
26/04/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	21	15	09	03	21	09
		<i>CL (m)</i>	422	1300	328	75	422	328
		<i>Vg (m/s)</i>	6.8	6.9	11.2	4.6	6.5	9.6
		<i>Vv (m/s)</i>	0.452	-2.971	-1.165	-0.075	0.603	0.020
03/05/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	18	12	06	-	18	06
		<i>CL (m)</i>	329	1711	142	-	329	142
		<i>Vg (m/s)</i>	3.8	4.8	5.0	-	2.6	4.9
		<i>Vv (m/s)</i>	-0.017	-4.204	-0.685	-	0.751	-0.775
10/05/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	20	14	08	02	20	08
		<i>CL (m)</i>	252	1544	217	155	252	217
		<i>Vg (m/s)</i>	2.4	3.9	8.9	4.3	4.2	7.7
		<i>Vv (m/s)</i>	1.586	-3.690	-2.764	-0.464	1.187	-1.352
13/05/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	15	09	03	-	15	03
		<i>CL (m)</i>	440	649	116	-	440	116
		<i>Vg (m/s)</i>	6.6	8.9	6.7	-	5.8	4.1
		<i>Vv (m/s)</i>	2.806	3.453	1.101	-	4.017	1.131
19/06/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	19	13	07	01	19	07
		<i>CL (m)</i>	86	998	212	152	86	212
		<i>Vg (m/s)</i>	1.9	5.1	9.1	4.7	2.2	19.9
		<i>Vv (m/s)</i>	0.247	-1.247	-1.265	-1.214	-0.014	-2.016
20/06/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	17	11	05	-	17	05
		<i>CL (m)</i>	134	978	147	-	134	147
		<i>Vg (m/s)</i>	3.3	5.2	7.1	-	3.6	9.3
		<i>Vv (m/s)</i>	-0.571	1.627	-1.259	-	-0.468	-0.944
10/07/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	22	16	10	04	22	10
		<i>CL (m)</i>	444	739	420	253	444	420
		<i>Vg (m/s)</i>	3.2	10.3	13.0	7.4	2.6	13.1
		<i>Vv (m/s)</i>	3.158	1.603	-0.215	-0.035	4.148	0.154
04/08/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	18	12	06	-	18	06
		<i>CL (m)</i>	815	704	144	-	815	144
		<i>Vg (m/s)</i>	24.0	10.9	6.7	-	21.2	5.1
		<i>Vv (m/s)</i>	7.209	4.269	0.649	-	5.369	1.455
15/12/2008	CF	<i>Ant. (h)</i>	20		08	02	20	08
		<i>CL (m)</i>	421	423	305	259	421	305
		<i>Vg (m/s)</i>	4.8	4.8	12.4	9.7	6.2	12.4
		<i>Vv (m/s)</i>	2.520	1.873	1.435	0.075	1.248	0.699
18/12/2008	CF	<i>Ant. (h)</i>	24	18	12	06	24	-
		<i>CL (m)</i>	511	746	820	777	511	-
		<i>Vg (m/s)</i>	17.5	28.4	16.3	13.8	20.3	-
		<i>Vv (m/s)</i>	5.614	6.017	6.666	5.601	6.269	-
29/06/2009	CF	<i>Ant. (h)</i>	17	11	05	-	-	-
		<i>CL (m)</i>	380	704	23	-	-	-
		<i>Vg (m/s)</i>	8.7	6.3	2.2	-	-	-
		<i>Vv (m/s)</i>	0.164	1.178	-0.459	-	-	-

18/08/2013	RF	<i>Ant. (h)</i>	21	15	09	03	-	03
		<i>CL (m)</i>	542	323	292	578	-	578
		<i>Vg (m/s)</i>	11.8	13.5	16.8	19.4	-	15.0
		<i>Vv (m/s)</i>	-0.194	0.984	3.796	5.196	-	6.046
06/05/2010	SV	<i>Ant. (h)</i>	22	16	10	04	22	-
		<i>CL (m)</i>	529	467	342	382	529	-
		<i>Vg (m/s)</i>	5.7	3.7	5.0	2.2	4.6	-
		<i>Vv (m/s)</i>	4.877	1.857	-1.435	0.553	4.912	-

Fonte: CFSR

### ANEXO E: Resultado das previsões com o modelo PAFOG

**Tabela 35- Resultado das previsões do modelo PAFOG com inicialização dos dados de previsão do modelo CFSR e dos dados observados de radiossondagem das três regiões estudadas. Cid: cidade, Vis: visibilidade mínima, Dur: duração.**

<i>Data</i>	<i>Cid</i>	<i>Caract</i>	<i>Observado</i>	<i>CFSR-Previsão</i>				<i>Radiossonda</i>	
18/04/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	21	15	09	03	21	09
		<i>Vis. (m)</i>	500	738	-	403	812	61	-
		<i>Dur.(h)</i>	2,25	6,0	-	8,0	1,0	11,0	-
20/04/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	20	14	08	02	20	08
		<i>Vis. (m)</i>	200	68	-	413	612	43	57
		<i>Dur.(h)</i>	4,75	8,0	-	7,0	4,0	13,0	11,0
17/05/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	20	14	08	02	20	08
		<i>Vis. (m)</i>	300	49	-	73	738	-	493
		<i>Dur.(h)</i>	5,00	12,0	-	10,0	1,0	-	7,0
02/06/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	22	16	10	04	22	10
		<i>Vis. (m)</i>	300	738	878	-	738	-	-
		<i>Dur.(h)</i>	2,75	6,0	2,0	-	2,0	-	-
25/06/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	19	13	07	01	19	07
		<i>Vis. (m)</i>	350	-	-	-	948	-	-
		<i>Dur.(h)</i>	6,00	-	-	-	1,0	-	-
29/06/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	21	15	09	03	21	09
		<i>Vis. (m)</i>	50	84	182	738	-	75	-
		<i>Dur.(h)</i>	2,82	13,0	15,0	4,0	-	12,0	-
02/07/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	19	13	07	01	19	07
		<i>Vis. (m)</i>	400	52	-	517	4	-	72
		<i>Dur.(h)</i>	5,58	13,0	-	3,0	17,0	-	1,0
04/07/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	18	12	06	-	18	06
		<i>Vis. (m)</i>	400	-	-	-	-	-	-
		<i>Dur.(h)</i>	7,00	-	-	-	-	-	-
05/07/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	15	09	03	-	15	03
		<i>Vis. (m)</i>	50	57	738	73	-	160	100
		<i>Dur.(h)</i>	11,42	13,0	8,0	11,0	-	8,0	1,0
15/07/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	19	13	07	01	19	07
		<i>Vis. (m)</i>	400	91	738	115	-	41	61
		<i>Dur.(h)</i>	4,55	6,0	3,0	9,0	-	14,0	12,0
20/08/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	14	08	02	-	14	02
		<i>Vis. (m)</i>	400	-	-	656	-	-	738
		<i>Dur.(h)</i>	8,00	-	-	7,0	-	-	3,0

26/08/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	21	15	09	03	21	09
		<i>Vis. (m)</i>	300	85	738	46	836	42	738
		<i>Dur.(h)</i>	2,50	11,0	6,0	13,0	1,0	14,0	4,0
27/08/2008	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	22	16	10	04	22	10
		<i>Vis. (m)</i>	300	995	738	55	738	111	86
		<i>Dur.(h)</i>	1,58	1,0	6,0	12,0	2,0	9,0	10,0
03/03/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	19	13	07	01	19	07
		<i>Vis. (m)</i>	150	749	121	738	-	738	738
		<i>Dur.(h)</i>	5,25	5,0	12,0	5,0	-	6,0	6,0
24/04/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	23	17	11	05	23	11
		<i>Vis. (m)</i>	600	47	-	738	738	41	-
		<i>Dur.(h)</i>	1,00	13,0	-	5,0	4,0	14,0	-
26/04/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	21	15	09	03	21	09
		<i>Vis. (m)</i>	300	49	-	738	863	59	276
		<i>Dur.(h)</i>	2,97	14,0	-	4,0	1,0	14,0	9,0
03/05/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	18	12	06	-	18	06
		<i>Vis. (m)</i>	300	621	-	738	-	574	67
		<i>Dur.(h)</i>	5,58	8,0	-	6,0	-	8,0	10,0
10/05/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	20	14	08	02	20	08
		<i>Vis. (m)</i>	300	901	-	752	1000	52	100
		<i>Dur.(h)</i>	4,67	2,0	-	4,0	1,0	13,0	10,0
13/05/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	15	09	03	-	15	03
		<i>Vis. (m)</i>	400	-	-	656	-	171	562
		<i>Dur.(h)</i>	9,20	-	-	7,0	-	12,0	2,0
19/06/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	19	13	07	01	19	07
		<i>Vis. (m)</i>	500	59	746	69	839	86	230
		<i>Dur.(h)</i>	5,01	11,0	4,0	12,0	2,0	13,0	5,0
20/06/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	17	11	05	-	17	05
		<i>Vis. (m)</i>	200	738	-	930	-	48	738
		<i>Dur.(h)</i>	7,00	8,0	-	1,0	-	11,0	5,0
10/07/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	22	16	10	04	22	10
		<i>Vis. (m)</i>	400	-	-	838	865	-	-
		<i>Dur.(h)</i>	1,87	-	-	3,0	1,0	-	-
04/08/2009	PA	<i>Ant. (h)</i>	-	18	12	06	-	18	06
		<i>Vis. (m)</i>	150	-	-	101	-	-	482
		<i>Dur.(h)</i>	6,33	-	-	7,0	-	-	6,0
15/12/2008	CF	<i>Ant. (h)</i>	-	20	14	08	02	20	08
		<i>Vis. (m)</i>	500	-	-	-	-	-	-
		<i>Dur.(h)</i>	2,00	-	-	-	-	-	-
18/12/2008	CF	<i>Ant. (h)</i>	-	24	18	12	06	24	-
		<i>Vis. (m)</i>	500	-	-	-	-	-	-
		<i>Dur.(h)</i>	0,58	-	-	-	-	-	-
29/06/2009	CF	<i>Ant. (h)</i>	-	17	11	05	-	-	-
		<i>Vis. (m)</i>	400	-	-	-	-	-	-
		<i>Dur.(h)</i>	7,00	-	-	-	-	-	-
18/08/2013	RF	<i>Ant. (h)</i>	-	21	15	09	03	-	03
		<i>Vis. (m)</i>	700	-	-	-	-	-	-
		<i>Dur.(h)</i>	0,17	-	-	-	-	-	-
06/05/2010	SV	<i>Ant. (h)</i>	-	22	16	10	04	22	-
		<i>Vis. (m)</i>	400	216	250	738	-	835	-
		<i>Dur.(h)</i>	0,17	13,0	12,0	5,0	-	3,0	-

Fonte: PAFOG.