

**Universidade Federal de Minas Gerais**

**Departamento de Geografia**

**Taíza de Pinho Barroso Lucas**

**CHUVAS PERSISTENTES E AÇÃO DA ZONA DE  
CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE**

**Minas Gerais – Brasil**

**Agosto – 2007**

**Taíza de Pinho Barroso Lucas**

**CHUVAS PERSISTENTES E AÇÃO DA ZONA DE  
CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Análise Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Magda Luzimar de Abreu

**Belo Horizonte**  
**Departamento de Geografia da UFMG**  
**2007**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**

Dissertação intitulada **CHUVAS PERSISTENTES E AÇÃO DA ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE** de autoria de **TAÍZA DE PINHO BARROSO LUCAS**, analisada e aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Profa. Dra. Magda Luzimar de Abreu – Orientadora

---

Prof. Dr. Luiz Carlos Baldicero Molion

---

Prof. Dr. Antônio Pereira Magalhães Júnior

---

Prof. Dr. Ricardo Alexandrino Garcia

Belo Horizonte, 24 de agosto de 2007.

À minha mãe, Lêla;  
à minha filha, Maria Laura;  
e ao Ronaldo.

## **AGRADECIMENTOS**

À professora Magda Luzimar de Abreu, pelos seus méritos, pelos ensinamentos, pela orientação contínua e pela enorme paciência.

Ao professor Ricardo Alexandrino Garcia, pela disciplina Métodos Quantitativos em Geografia, que possibilitou a montagem do banco de dados meteorológicos e as análises estatísticas.

Ao professor Luiz Carlos Baldicero Molion, que apresentou o site do NCEP/NOAA, onde foi possível adquirir os campos de ROL e das componentes do vento.

Ao professor Antônio Pereira Magalhães Júnior, pela colaboração no Seminário de Dissertação.

Ao 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia, pelos dados meteorológicos.

À Agência Nacional de Águas, pelos dados de chuvas disponíveis em rede.

Ao Departamento de Hidrometeorologia da Marinha (DHN), pelas cartas sinóticas, entregues na minha residência.

Ao Centro de Previsões Climáticas e Previsão do Tempo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, pelo Boletim CLIMANÁLISE disponível em rede. A Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, pelas imagens de satélite GOES disponíveis em rede a partir de 1996.

Ao Earth System Research Laboratory do National Oceanic & Atmospheric Administration, pelos campos de ROL, componentes do vento, etc. disponíveis para qualquer parte do globo, com dados de Jan. 1948 a Jun. 2007.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento desta dissertação.

Ao Departamento de Pós-Graduação em Geografia da UFMG, por tornar possível esta dissertação.

À minha filha, ao meu marido e aos meus familiares pelo incentivo, apoio e por sempre desculparem as ausências. À minha filha, Maria Laura, meu eterno pedido de desculpas, pela ausência em alguns momentos dos seus três primeiros anos de vida. Ao meu marido, Ronaldo, pelo apoio incondicional nesse curso de Mestrado, por tantas vezes estar sozinho com Maria Laura, enfim, por chegarmos juntos até aqui. À minha mãe, Lêla, pelo seu ir-e-vir a Sabinópolis-BH, a cada pedido de socorro.

## RESUMO

O objetivo com este trabalho é entender o padrão atmosférico em baixos níveis associado às chuvas persistentes na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), sob a possível influência do fenômeno Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Atualmente, esse fenômeno vem sendo destacado como o principal desencadeador de chuvas contínuas e intensas na Região Sudeste do Brasil. Para identificar os eventos de chuvas persistentes na RMBH, foram utilizados dados de 1970 a 2005, do 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de 15 postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA) e o critério de precipitação acima de 1 mm em 80% dos postos de coleta em, pelo menos, três dias consecutivos. Pela climatologia, notou-se que esses episódios ocorreram, preferencialmente, nos meses de verão, principalmente em novembro, dezembro e janeiro. Os casos foram categorizados em número de dias de chuvas seguidos e observou-se que os eventos com maior durabilidade ocorreram preferencialmente em dezembro e janeiro. A identificação de eventos de ZCAS, mediante observações registradas no boletim CLIMANÁLISE, sugeriu que quanto maior o número de dias e quantidade de precipitação média acumulada, maior relação com esse fenômeno. Com base na análise rítmica, metodologia difundida por Monteiro nas décadas de 1970 e 1980, concluiu-se que os principais padrões atmosféricos desencadeadores dessas chuvas estão relacionados à dinâmica atmosférica típica de ZCAS, estabelecida por Quadro (1994). Em baixos níveis, a principal característica do padrão atmosférico na RMBH associado à ZCAS foi o escoamento predominante dos ventos de NW-SE. Nos casos que não houve ocorrência do fenômeno, apesar da identificação da banda de nebulosidade associada, o escoamento predominante foi de NE-SW. Notou-se que, em eventos de ZCAS, houve maior acúmulo de precipitação, o que ocasionou sérios problemas físico-ambientais, principalmente nas áreas ilegalmente construídas.

## ABSTRACT

The objective of this study is to understand the low-level atmospheric pattern associated with persistent rain in the Metropolitan Region of Belo Horizonte (RMBH), under the possible influence of the South Atlantic Convergence Zone (ZCAS). Presently, this phenomenon is being emphasized as the main cause of continuous and intense rain the Southeast Region of Brazil. To identify occurrences of persistent rain in the RMBH, we used data from 1970 through 2005, from the 5<sup>th</sup> Meteorological District of the National Institute of Meteorology (INMET), from 15 precipitation measuring stations of the National Water Agency (ANA) and the criterion of precipitation greater than 1mm in 80% of the collection stations in at least three consecutive days. Climatology indicates that these episodes tend to occur in the summer months, especially November, December and January. The cases were categorized according to the number of continuous rainy days, and it was observed that the greater the number of days, the greater was the relation with December and January. Identification of ZCAS events, through observations registered in the journal CLIMANÁLISE, suggests that the larger the number of days and amount of average precipitation, the greater the relation with this phenomenon. Based on rhythmic analysis, a methodology espoused by Monteiro during the 1970's and 1980's, we concluded that the main atmospheric patterns caused by these rains are related to the typical ZCAS atmospheric dynamic, established by Quadro (1994). At low levels, the main characteristic of the atmospheric pattern associated with ZCAS is the predominant NW-SE wind flow in the RMBH. In those cases in which the phenomenon did not occur, in spite of the identification of the associated cloud band, the predominant wind direction is NE-SW. It was noted that in ZCAS events there is a greater accumulation of precipitation, which causes serious physical and environmental problems, especially in areas of the RMBH with illegally constructed buildings.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICO 1 –	Temperatura média mensal, média de T <sub>máx</sub> e média de T <sub>mín</sub> em Belo Horizonte de 1970-1999.....	24
MAPA 1 –	Mapa hipsométrico da RMBH.....	26
GRÁFICO 2 –	Precipitação acumulada e evaporação média mensal em Belo Horizonte de 1961-1990.....	28
FIGURA 1 –	Modelo de circulação meridional da atmosfera.....	30
FIGURA 2 –	Domínio geográfico médio das massas de ar no Brasil.....	35
FIGURA 3 –	Climatologia da precipitação acumulada na estação de verão no Brasil.....	41
FIGURA 4 –	Imagem IR GÓES-8 em 1°/1/2000 às 21h TMG.....	41
FIGURA 5 –	Imagem IR GÓES-8 em 1°/1/2000 às 0h TMG.....	43
FIGURA 6 –	Campo médio de corrente (m/s) e isotácas em 250hPa entre os dias 1 a 8 de janeiro de 2000.....	43
MAPA 2 –	Localização dos postos pluviométricos da ANA e 5° Disme/INMET.....	53
MAPA 3 –	Mapa hipsométrico da RMBH e a localização das áreas analisadas.....	59
GRÁFICO 3 –	Histograma dos meses de ocorrência dos eventos de chuvas persistentes de 1970-2005.....	63
GRÁFICO 4 –	Histograma da categoria de dias de chuvas seguidos.....	64
GRÁFICO 5 –	Distribuição das categorias dos dias seguidos de chuva nos meses do ano.....	64
GRÁFICO 6 –	Diagrama de extremos e quartis para precipitação média acumulada e categoria dos dias de chuva.....	66
GRÁFICO 7 –	Percentual da direção predominante do vento em Belo Horizonte de 1970-2005.....	69
GRÁFICO 8 –	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Belo Horizonte.....	73
GRÁFICO 9 –	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Nova Lima.....	73

		10
GRÁFICO 10–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Caeté.....	74
GRÁFICO 11–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Sabará.....	74
GRÁFICO 12–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Pedro Leopoldo.....	74
GRÁFICO 13–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Mateus Leme.....	74
GRÁFICO 14–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Brumadinho.....	75
FIGURA 7 –	Campo de anomalia de ROL em $W/m^2$ - 26 de janeiro de 2000, topo da atmosfera.....	77
FIGURA 8 –	Imagem IR GÓES-8 em 26/1/2000 às 18h TMG.....	77
FIGURA 9 –	Campos de vento médio zonal em m/s em 850hPa para 26/1/2000	78
FIGURA 10 –	Campos de vento médio meridional em m/s em 850hPa para 26/1/2000.....	78
GRÁFICO 15–	Histograma de umidade relativa do ar média diária de janeiro de 2000 em Belo Horizonte.....	79
GRÁFICO 16–	Histograma de nebulosidade de janeiro de 2000 em Belo Horizonte.....	79
GRÁFICO 17–	Linha poligonal da temperatura média compensada, temperatura máxima e mínima de janeiro de 2000 em Belo Horizonte.....	80
GRÁFICO 18–	Linha poligonal da pressão atmosférica média diária a superfície de janeiro de 2000 em Belo Horizonte.....	80
FIGURA 11 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 27 jan. 2000.....	82
FIGURA 12 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 27 jan. 2000.....	82
FIGURA 13 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 28 jan. 2000.....	83
FIGURA 14 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 31 jan. 2000.....	84
GRÁFICO 19–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Belo Horizonte.....	85
GRÁFICO 20–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Nova Lima.....	85
GRÁFICO 21–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Caeté.....	86

GRÁFICO 22–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Sabará.....	86
GRÁFICO 23–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Pedro Leopoldo.....	86
GRÁFICO 24–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Mateus Leme.....	86
GRÁFICO 25–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Brumadinho.....	87
FIGURA 15 –	Anomalia de precipitação da Região Sudeste brasileira de novembro de 2000.....	87
FIGURA 16 –	Campo de anomalia de ROL em $W/m^2$ - em 4 de novembro de 2000, topo da atmosfera.....	88
FIGURA 17 –	Imagem IR GÓES-8 em 4/11/2000, às 18h TMG.....	88
FIGURA 18 –	Campo de vento médio zonal em m/s em 850hPa para 4/11/2000	89
FIGURA 19 –	Campo de vento médio meridional em m/s em 850hPa para 4/11/2000.....	89
GRÁFICO 26–	Linha poligonal da pressão atmosférica média diária a superfície de novembro de 2000 em Belo Horizonte.....	90
GRÁFICO 27–	Histograma de umidade relativa do ar média diária de novembro de 2000 em Belo Horizonte.....	91
GRÁFICO 28–	Linha poligonal da temperatura média compensada, temperatura máxima e mínima de novembro de 2000 em Belo Horizonte.....	91
GRÁFICO 29–	Histograma de nebulosidade de novembro de 2000 em Belo Horizonte.....	92
FIGURA 20 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 8 nov. 2000.....	93
FIGURA 21 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 8 nov. 2000.....	94
GRÁFICO 30–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Belo Horizonte.....	96
GRÁFICO 31–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Nova Lima.....	96
GRÁFICO 32–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Caeté..	96
GRÁFICO 33–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Sabará.....	96

		12
GRÁFICO 34–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Pedro Leopoldo.....	97
GRÁFICO 35–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Mateus Leme.....	97
GRÁFICO 36–	Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Brumadinho.....	97
FIGURA 22 –	Campo de anomalia de ROL em $W/m^2$ - 9 de janeiro de 2004, topo da atmosfera.....	99
FIGURA 23 –	Imagem IR GÓES-12 em 9/1/2004 as 21h10 TMG.....	99
FIGURA 24 –	Campos de vento médio zonal em m/s em 850hPa para 9/1/2004.....	100
FIGURA 25 –	Campos de vento médio meridional em m/s 850hPa para 9/1/2004.....	100
FIGURA 26 –	Campo de anomalia de ROL em $W/m^2$ 14 de janeiro de 2004, topo da atmosfera.....	101
FIGURA 27 –	Campo de anomalia de ROL em $W/m^2$ em 15 de janeiro de 2004, topo da atmosfera.....	101
FIGURA 28 –	Imagem IR GÓES-12 em 15/1/2004 as 3h10 TMG.....	102
FIGURA 29 –	Imagem IR GÓES-12 em 15/1/2004 as 18h09 TMG.....	102
GRÁFICO 37–	Linha poligonal da pressão atmosférica média diária a superfície de janeiro de 2004 em Belo Horizonte.....	103
GRÁFICO 38–	Histograma de umidade relativa do ar média diária de Janeiro de 2004 em Belo Horizonte.....	103
GRÁFICO 39–	Histograma de nebulosidade de janeiro de 2004 em Belo Horizonte.....	104
GRÁFICO 40–	Linha poligonal da temperatura média compensada, temperatura máxima e mínima de janeiro de 2004 em Belo Horizonte.....	104
FIGURA 30 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 4 jan. 2004.....	106
FIGURA 31 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 4 jan. 2004.....	106
FIGURA 32 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 5 jan. 2004.....	107
FIGURA 33 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 16 jan. 2004.....	108
FIGURA 34 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 4 jan. 2004.....	109

GRÁFICO 41–	Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Belo Horizonte.....	110
GRÁFICO 42–	Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Nova Lima.....	110
GRÁFICO 43–	Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Caeté.....	111
GRÁFICO 44–	Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Sabará.....	111
GRÁFICO 45 -	Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Pedro Leopoldo.....	111
GRÁFICO 46–	Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Mateus Leme.....	111
GRÁFICO 47–	Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Brumadinho.....	112
FIGURA 35 –	Campo de anomalia de ROL em $W/m^2$ - 10 de dezembro de 2004, topo da atmosfera.....	114
FIGURA 36 –	Imagem IR GÓES-8 em 10/12/2004 às 6h10 TMG.....	114
FIGURA 37 –	Campos de vento médio zonal em m/s em 850hPa para 10/12/2004.....	114
FIGURA 38 –	Campos de vento médio meridional em m/s em 850hPa para 10/12/2004.....	114
GRÁFICO 48–	Linha poligonal da pressão atmosférica média diária a superfície de dezembro de 2004 em Belo Horizonte.....	115
GRÁFICO 49–	Histograma de umidade relativa do ar de dezembro de 2004 em Belo Horizonte.....	116
GRÁFICO 50–	Linha poligonal da temperatura média compensada, temperatura máxima e mínima de dezembro de 2004 em Belo Horizonte.....	116
GRÁFICO 51–	Histograma de nebulosidade de dezembro de 2004 em Belo Horizonte.....	117
FIGURA 39 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 13 dez. 2004.....	118
FIGURA 40 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 15 dez. 2004.....	120
GRÁFICO 52–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Belo Horizonte.....	122
GRÁFICO 53–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Nova Lima.....	122

GRÁFICO 54–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Caeté.....	122
GRÁFICO 55–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Sabará.....	122
GRÁFICO 56–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Pedro Leopoldo.....	123
GRÁFICO 57–	Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Mateus Leme.....	123
GRÁFICO 58–	Histograma de precipitação de novembro de 2005 em Brumadinho.....	123
FIGURA 41 –	Campo de anomalia de ROL em $W/m^2$ -19 de novembro de 2005, topo da atmosfera.....	125
FIGURA 42 –	Imagem IR GÓES-12 em 19/11/2005 às 21h TMG.....	125
FIGURA 43 –	Campos de Vento Médio Zonal em m/s em 850hPa para 19/11/2005	126
FIGURA 44 –	Campos de Vento Médio Meridional em 850hPa para 19/11/2005....	126
FIGURA 45 –	Imagem IR GÓES-12 em 20/11/2005 às 12h TMG.....	127
FIGURA 46 –	Imagem IR GÓES-12 em 20/11/2005 às 18h TMG.....	127
GRÁFICO 59–	Linha poligonal da pressão atmosférica média diária a superfície de novembro de 2000 em Belo Horizonte.....	127
GRÁFICO 60–	Histograma de umidade relativa do ar média diária de novembro de 2005 em Belo Horizonte.....	128
GRÁFICO 61–	Linha poligonal da temperatura média compensada, temperatura máxima e mínima de novembro de 2005 em Belo Horizonte.....	128
GRÁFICO 62–	Histograma de nebulosidade de novembro de 2005 em Belo Horizonte.....	129
FIGURA 47 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 19 nov. 2005.....	130
FIGURA 48 –	Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 21 nov. 2005.....	132

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	Estatística descritiva dos casos de chuvas persistentes na RMBH de 1970-2005.....	65
TABELA 2–	Os episódios de chuvas persistentes na RMBH de 2000-2005.....	71
TABELA 3 –	Direção e sentido do vento em superfície em Belo Horizonte – Janeiro de 2000.....	81
TABELA 4 –	Direção e sentido do vento em superfície em Belo Horizonte – Novembro de 2000.....	92
TABELA 5 –	Direção e sentido do vento em superfície em Belo Horizonte – Janeiro de 2004.....	105
TABELA 6 –	Direção e sentido do vento em superfície em Belo Horizonte – Dezembro de 2004.....	117
TABELA 7 –	Direção e sentido do vento em superfície em Belo Horizonte – Novembro de 2005.....	129
TABELA 8 –	Os episódios de chuvas persistentes na RMBH 1970-2005.....	144

## LISTA DE ABREVIATURAS

°C – Temperatura em graus Celsius

5°Disme/INMET – Quinto Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia

AB – Alta da Bolívia

ANA – Agência Nacional de Águas

APM – Anticiclone Polar Migratório

ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

ASPS – Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul

cE – Massa Equatorial Continental

(CHUVA – mm) – Precipitação média espacial acumulada em milímetros

COMDEC – Coordenadoria Municipal de Defesa Civil

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

cT – Massa Tropical Continental

CT – Convecção Tropical

E – Leste

FPA – Frente Polar Atlântica

FPR – Frente Polar Reversa

hPa – Hecto-Pascoal

HS – Hemisfério Sul

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IR – Infrared Radiation

km – quilômetros

LI – Linhas de Instabilidade

m – metros

mE – Massa Equatorial Marítima

mm – milímetros de chuva

mP – Massa Polar Marítima

mT – Massa Tropical Marítima

N – Norte

(nDias) – número médio de dias de chuvas

NE – Nordeste  
NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration  
NW – Noroeste  
PBH – Prefeitura de Belo Horizonte  
PEAR – Programa Estrutural em Área de Risco  
Q – quintil  
RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte  
ROL – Radiação de Onda Longa  
S – Sul  
SE – Sudeste  
SF – Sistemas Frontais  
SPSS – Statistical Package for Social Sciences  
SW – Sudoeste  
(T<sub>máx</sub> – °C) – Temperatura máxima  
(T<sub>MC</sub> – °C) – Temperatura do ar média compensada  
TMG – Tempo Médio de Greenwich  
(T<sub>mín</sub> – °C) – Temperatura mínima  
URBEL – Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte  
(UR Média – %) – Umidade Relativa do Ar  
UTM – Universal Transversa de Mercator  
VCAN – Vórtice Ciclônico de Altos Níveis  
(VEL VENTO – m/s) – Velocidade média do vento em metros por segundo  
W – Oeste  
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul  
ZCIS – Zona de Convergência do Índico Sul  
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical  
ZCPS – Zona de Convergência do Pacífico Sul  
ZD – Zona de Divergência dos Alísios

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.1 Justificativa.....	21
1.2 Objetivos.....	22
<b>2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>23</b>
2.1 Aspectos Locais e Regionais do Clima da RMBH.....	23
2.2 Aspectos de Larga-escala.....	29
2.2.1 <i>Células de Circulação Global</i> .....	29
2.2.2 <i>As Massas de Ar</i> .....	32
2.3 Aspectos Sinóticos.....	37
2.3.1 <i>Sistemas Frontais</i> .....	37
2.3.2 <i>Linhas de Instabilidade</i> .....	39
2.3.3 <i>Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)</i> .....	40
2.4 Variabilidade Climática e o Sudeste Brasileiro.....	45
<b>3 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>48</b>
3.1 O Paradigma da Análise Rítmica.....	48
3.2 A Técnica da Análise Rítmica.....	50
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>52</b>
4.1 Base de Dados.....	52
4.2 Métodos.....	54
4.2.1 <i>Identificação dos Casos de Precipitação Persistente</i> .....	54
4.2.2 <i>Estatística Descritiva Exploratória</i> .....	55
4.2.3 <i>Identificação dos Episódios de ZCAS</i> .....	56
4.2.4 <i>A Análise Rítmica Progressiva</i> .....	57
4.2.5 <i>Os impactos Sócio-ambientais Causados pelos Episódios de Chuvas Persistentes</i> .....	61
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
5.1 Estatística Descritiva Exploratória .....	62
5.1.1 <i>A climatologia da precipitação persistente na RMBH</i> .....	62
5.1.2 <i>Análise Exploratória das Variáveis Meteorológicas</i> .....	65
5.2 Os Casos de Chuvas e os Eventos de ZCAS.....	70
5.3 Análise rítmica.....	72
5.3.1 <i>As chuvas de janeiro de 2000</i> .....	72
5.3.1.1 <i>Os impactos sócio-ambientais do episódio de chuvas de 25 janeiro a 3 de fevereiro de 2000</i> .....	81
5.3.2 <i>As chuvas de novembro de 2000</i> .....	84
5.3.2.1 <i>Os impactos sócio-ambientais do episódio de chuvas de 4 a 8 de novembro de 2000</i> .....	92
5.3.3 <i>As chuvas de janeiro de 2004</i> .....	95
5.3.3.1 <i>Os impactos sócio-ambientais do episódio de chuvas de 2 a 16 de janeiro de 2004</i> .....	105
5.3.4 <i>As chuvas de dezembro de 2004</i> .....	109
5.3.4.1 <i>Os impactos sócio-ambientais do episódio de chuvas de 9 a 13 de dezembro de 2004</i> .....	118

<b>5.3.5 As chuvas de novembro de 2005.....</b>	<b>121</b>
<i>5.3.5.1 Os impactos sócio-ambientais do episódio de chuvas de 19 a 21 de novembro de 2005.....</i>	<i>130</i>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>133</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO A – TABELA 8 – Os episódios de chuvas persistentes na RMBH 1970-2005.....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO B – CARTAS SINÓTICAS.....</b>	<b>154</b>
<b>26 de janeiro de 2000 – 12h TMG.....</b>	<b>154</b>
<b>4 de novembro de 2000 – 12h TMG.....</b>	<b>155</b>
<b>9 de janeiro de 2004 – 12h TMG.....</b>	<b>156</b>
<b>10 de dezembro de 2004 – 12h TMG.....</b>	<b>157</b>
<b>19 de novembro de 2005 – 12h TMG.....</b>	<b>158</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As chuvas persistentes e intensas nos meses de verão na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) são os efeitos climáticos que assolam a organização social e espacial, provocando desde um simples alagamento a grandes inundações, cujas conseqüências são milhares de famílias desabrigadas, além de mortes e outros danos sociais. Todos os anos, os noticiários dos jornais, desde os locais aos de circulação nacional, são enfáticos em mostrar os estragos causados pelas chuvas.

Nas últimas décadas, esses problemas se tornaram mais freqüentes, principalmente nos grandes centros urbanos, que passaram por um intenso processo de urbanização sem o devido planejamento de uso e ocupação do solo. É o caso da capital mineira e dos municípios da RMBH que, durante as décadas de 1960 e 1970, apresentaram enorme crescimento demográfico. Desde meados dos anos 1970, porém, Belo Horizonte cresceu menos que os municípios de seu entorno. Na década de 1990, enquanto a capital cresceu apenas 1,1% ao ano, a RMBH cresceu 3,9%, sendo a terceira maior região metropolitana do país, com 4,9 milhões de habitantes (IBGE, 2006).<sup>1</sup>

Segundo Matos *et al.* (2003), o crescimento da RMBH se deve, em grande parte, aos emigrantes de Belo Horizonte que mantêm vínculos de articulação com o núcleo metropolitano. Os autores ressaltaram que o crescimento demográfico da RMBH em relação a Belo Horizonte reflete as restrições espaciais do município-núcleo e a expansão urbana de tipo residencial e industrial em diferentes extensões da periferia. Britto e Souza (2005) indicaram que o primeiro vetor de expansão da RMBH foi o oeste, importante corredor industrial que originou o processo de conurbação de Belo Horizonte com o município de Contagem e, deste com Betim. No contexto da grande desigualdade social, assim como dos graves desequilíbrios regionais, os exemplos clássicos do crescimento da RMBH em relação à capital são Ribeirão das Neves, no vetor norte-central, e Nova Lima e Brumadinho, no vetor sul de Belo Horizonte.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/>. Acesso em: 15 maio 2007.

Os problemas ocasionados pela ocupação desordenada são agravados pelos episódios de chuvas persistentes. O sítio de Belo Horizonte, como destacou Xavier e Oliveira (1996), apesar de não ter oferecido obstáculos significativos ao uso e ocupação, nem mesmo durante suas primeiras décadas de expansão, apresenta hoje sérios problemas em razão da sua falta de planejamento. Segundo Parizzi (2003), um dos grandes impactos ambientais da RMBH é a ocupação irregular das áreas de risco.

O processo de ocupação do espaço provocou intenso desmatamento e degradação da vegetação natural. Em Belo Horizonte, a proporção de áreas verdes em relação a áreas construídas é pouco significativa, ficando restrita aos parques e reservas. Segundo Santos (2001), dos 512 km<sup>2</sup> do município de Belo Horizonte, somente 19% são de área verde, contando com a arborização urbana. De modo mais expressivo, a vegetação recobre as encostas da serra do Curral, porém hoje é notória a ocupação clandestina que ultrapassa os limites municipais e se integra à RMBH, o que torna as encostas mais vulneráveis à erosão e aos movimentos de massa.

Segundo Xavier e Oliveira (1996), os deslizamentos de encostas e enchentes são os que mais danificam o meio ambiente e causam vítimas fatais. De acordo com dados da Defesa Civil mineira, durante a estação chuvosa 2006/2007 houve duas vítimas fatais na RMBH. No Estado de Minas Gerais foram 26 mortes, 14.744 pessoas desabrigadas e 47.793 desalojados<sup>2</sup>, decorrentes de chuvas persistentes e intensas.

Muitos estudos de precipitação na RMBH destacaram a importância da topografia no delineamento da ocorrência de chuvas. Moreira (2002), analisando a espacialização das chuvas em Belo Horizonte e seu entorno, ressaltou que durante eventos severos gerados por sistemas atmosféricos de larga-escala que afetam o comportamento normal da circulação atmosférica local, a topografia deixa de ser a principal determinante na espacialidade das chuvas na região.

Muitos trabalhos da climatologia geográfica identificaram que os sistemas atmosféricos que mais geram chuvas contínuas na Região Sudeste são as Frentes Polar Atlântica (FPA) e as Linhas de Instabilidade (LI) (TARIFA, 1975; MAIA, 1986;

---

<sup>2</sup> Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/>. Acesso em: 15 maio 2007.

FERREIRA, 1996). Abreu (1998) preferiu dizer que esse tipo de precipitação é causado pela associação entre as Frentes e as LI, ou seja, pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Segundo a autora, não se pode esquecer que, no inverno e outono, a FPA também atua na região, entretanto as precipitações a ela associadas são irrelevantes. Abreu (1998) ainda destacou que o verão em Minas Gerais, sem a interação entre as Frentes e as LI e a umidade da Região Amazônica, seria bem menos chuvoso.

Barroso (2004) destacou que chuvas fortes a extremamente fortes estão associadas a ventos do quadrante norte/noroeste. Em Belo Horizonte, a direção mensal predominante do vento é de leste/nordeste em decorrência da atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), mas analisados diariamente percebeu-se a atuação de ventos de N/NW, principalmente em meses de verão e associados com chuvas extremas, o que sugeriu a atuação do fenômeno ZCAS. Villela (2003) destacou que as ZCAS foram responsáveis, nos últimos verões, pelos piores eventos de cheias e inundações na região centro-sul brasileira, trazendo consequências desastrosas para as populações urbanas de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná.

Segundo Quadro (1994), a Região Sudeste do país é a mais afetada pela atuação da ZCAS, em termos de forte e persistente precipitação. Molion e Kousky (*apud* QUADRO, 1994) notaram que a associação entre sistemas frontais e convecção tropical intensifica a precipitação no SE do Brasil entre 15° a 20°S e 40° a 50°W. A RMBH situa-se na porção central de Minas Gerais, entre os paralelos de 19° 30' e 20° 50' de latitude sul e os meridianos 43° 30' e 44° 40' de longitude oeste de Greenwich, ou seja, dentro da área de maior atuação da ZCAS.

## **1.1 Justificativa**

O estudo da precipitação persistente na RMBH e sua possível relação com o fenômeno ZCAS são de grande importância para os tomadores de decisão, pois, entre os azares climáticos, as chuvas são o que mais causam prejuízos, tanto

materiais quanto em perdas de vidas. Portanto, torna-se necessário o entendimento das principais características locais desse fenômeno desencadeador de chuvas que assolam uma enorme área do país.

Outro fator que torna este trabalho importante é a ausência de estudos na perspectiva da climatologia geográfica sobre a dinâmica atmosférica na RMBH, especialmente dos casos de chuvas persistentes. A principal metodologia utilizada pela climatologia geográfica é a análise rítmica. Zavatini (2004), em seu inventário sobre dissertações e teses que utilizaram essa metodologia, destacou o *vazio rítmico* de Minas Gerais.

## 1.2 Objetivos

O objetivo geral com este trabalho é entender o padrão atmosférico em baixos níveis associado às chuvas persistentes na RMBH sob a possível influência do fenômeno ZCAS e seus principais impactos sócio-ambientais. Para tanto, têm-se como objetivos específicos:

- a) determinar os episódios de chuvas persistentes e sua climatologia;
- b) identificar os casos relacionados ao fenômeno ZCAS;
- c) investigar a dinâmica atmosférica relacionada aos fenômenos atmosféricos desencadeadores desses episódios de chuvas;
- d) identificar os principais impactos sócio-ambientais provocados por essas chuvas persistentes.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 Aspectos Locais e Regionais do Clima da RMBH

O clima é caracterizado por vários fatores, como a circulação geral da atmosfera, a influência de sistemas de meso-escala e escala local. Segundo Nimer (1979), esses fatores de origem dinâmica, juntamente com os fatores estáticos, ou geográficos, relacionados à posição geográfica e à topografia, contribuem para a definição das características climáticas. A interação entre os fatores dinâmicos e estáticos determina o clima de uma região.

A região central de Minas Gerais encontra-se na área classificada por Nimer (1979) como zona de transição entre os climas quentes das latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias. Nas latitudes baixas (zona tropical), o traço mais marcante do clima é definido por duas estações: a chuvosa e a seca. Nas latitudes médias (zona temperada), embora existam quatro estações mais bem definidas, dentre as quais uma de chuva mais abundante e outra seca ou pouco chuvosa, o que melhor determina seu clima é a variação da temperatura do ar durante o ano. A oposição entre as temperaturas no verão e no inverno constitui o principal fato climático. O autor ressaltou que o caráter de transição climática da Região Sudeste inclina-se mais para o clima tropical do que o temperado. A distribuição temporal da precipitação, caracterizando uma estação muito chuvosa e outra seca, constitui sua característica mais importante, logo, determina também o clima da RMBH.

Em Belo Horizonte, a temperatura média ponderada<sup>3</sup> anual de 1970 a 1999 foi de 22,06°C, sendo as médias da temperatura máxima 27,88°C e da temperatura mínima 17,29°C. Apesar de a variação estacional da temperatura não ser a característica mais marcante no clima da capital mineira, o caráter de transição é refletido em todos os aspectos de seu regime térmico. O verão é caracterizado

---

<sup>3</sup> Temperatura média ponderada:  $T_{md} = (T_{12} + 2x T_{00} + T_{máx} + T_{mín})/5$ , sendo  $T_{md}$  – Temperatura média diária,  $T_{12}$  – Temperatura do ar às 12h TMG,  $T_{00}$  – Temperatura do ar às 00h TMG,  $T_{máx}$  – temperatura diária máxima e  $T_{mín}$  – Temperatura diária mínima (padrão INMET).

pele predominância das chuvas e também pelo forte aquecimento solar, sendo janeiro o mês mais quente com temperatura média de 23,63°C, temperatura média máxima de 29,68°C e mínima de 19,44°C. Julho é o mês de temperaturas mais amenas, com temperatura média de 18,63°C, máxima de 24,93°C e mínima de 13,69°C (GRAF. 1).

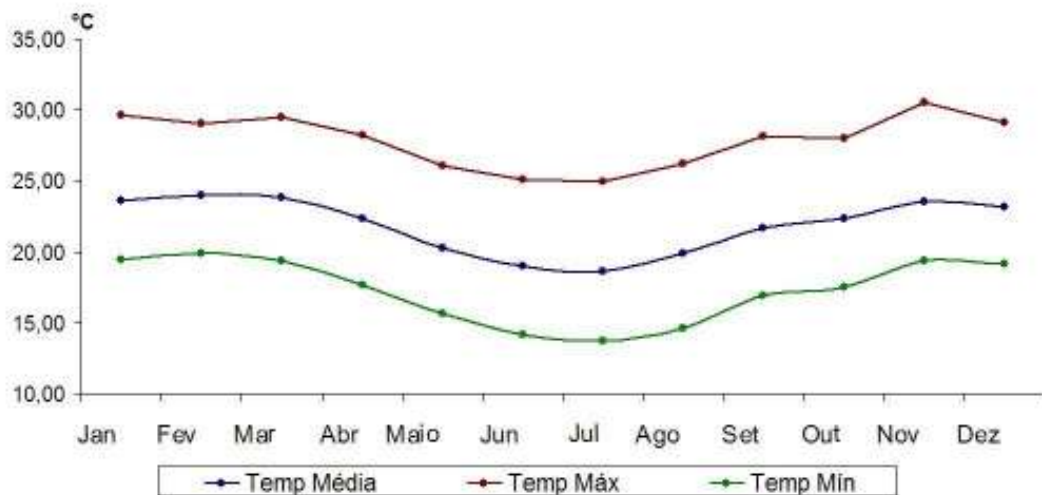


GRÁFICO 1 – Temperatura média mensal, média de Tmáx. e média de Tmín em Belo Horizonte de 1970-1999.

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

A variação da temperatura mensal ao longo do ano, vista no GRAF. 1, reflete a variabilidade do fluxo de radiação solar incidente no topo da atmosfera. Segundo Ayoade (2004), a quantidade de radiação solar incidente depende de três fatores: do período do ano, do período do dia e da latitude. A variação diária da radiação solar no topo da atmosfera é em razão da latitude. A altitude do Sol, o ângulo entre seus raios e uma tangente à superfície no ponto de observação também influenciam a quantidade de energia solar recebida. Essa altitude do Sol é determinada pela latitude do local, pelo período do dia e pela estação do ano. Ela geralmente diminui com o aumento da latitude e é mais elevada à tarde e mais baixa pela manhã e ao entardecer. Do mesmo modo, a altitude do Sol é mais elevada no verão que no inverno. Ou seja, a latitude exerce o principal controle sobre o volume

de insolação que um determinado lugar recebe, dada a variação astronômica da insolação se dar em função da latitude. As variações sazonais de temperatura resultam das variações sazonais de insolação recebida em qualquer parte do globo. Essas variações são maiores nas áreas extratropicais e nos interiores dos continentes e mais baixas na faixa equatorial e nas superfícies hídricas. As variações sazonais de temperatura aumentam com a latitude e com o grau de continentalidade.

A RMBH encontra-se de 19° 30' a 20° 50' S de latitude e 43° 30' a 44° 40'W de longitude e a 450 km de distância do Oceano Atlântico. Suas terras situam-se na zona tropical e, apesar de uma relativa proximidade do Oceano Atlântico, possui topografia movimentada. Nimer (1979, p. 361) destaca:

O relevo, nessa região (*sudeste do Brasil*), apresenta os maiores contrastes morfológicos do Brasil, caracterizado por altas superfícies cristalinas e sedimentares com predomínio de 500 a 800 m em São Paulo e 500 a 1200 m em Minas Gerais, entre estas aparecem vales amplos e muito rebaixados, como o São Francisco, Jequitinhonha, Doce, Paraíba do Sul, Parnaíba, Grande e Paraná. Sobre aquelas superfícies erguem-se numerosas serras onde são comuns os níveis de 1200 a 1800m, como no Espinhaço, Mantiqueira e 2200m na Serra do Mar, contrastando com amplas baixadas litorâneas.

As principais unidades geomorfológicas da RMBH são Quadrilátero Ferrífero, Depressão do São Francisco e Serra do Espinhaço. O Quadrilátero situa-se na porção SE da RMBH e caracteriza-se por ser um bloco rochoso do pré-cambriano, elevado em seus quatros lados por erosão diferencial (SANTOS, 2001). Quartizitos e itabiritos formam um conjunto de cristas com altitudes de 1.300/1.400 m (MAPA 1) sobre litologias de complexos granitóides e metassedimentares. O Quadrilátero apresenta os seguintes limites: ao norte, o alinhamento da Serra do Curral, na direção SW/NE; ao sul, a Serra de Ouro Branco; a oeste, a Serra da Moeda; e, a leste, o conjunto formado pela Serra do Caraça e início da Serra do Espinhaço (porção mais elevada a NE da RMBH, MAPA 1).

A Depressão Sanfranciscana na RMBH se dá principalmente sob as formas dissecadas, encontradas nos compartimentos intermediários dos planaltos, no interior das depressões e nos maciços antigos e sob as formas cársticas, que ocorrem em áreas calcárias, apresentando uma morfologia peculiar resultante de



Segundo Ayoade (2004), o relevo tem um efeito atenuador sobre a temperatura, pois diminui com a altitude crescente a uma taxa aproximada de  $0,6^{\circ}\text{C}$  por 100 m. O autor ainda destaca que a relativa uniformidade térmica que predomina nos trópicos é distorcida pelos efeitos da altitude do relevo. O índice de variação térmica na região tropical com duas estações bem definidas, como em Belo Horizonte, é maior na estação seca que na estação chuvosa, pois durante essa estação a condição de céu nublado, que predomina na estação chuvosa, interfere nos efeitos da radiação que é bastante reduzida. Isso justifica o fato de a temperatura máxima média de novembro ser  $1^{\circ}\text{C}$ , em média, superior a de dezembro (GRAF. 1), pois, enquanto o primeiro mês chove em média 245,86 mm, dezembro chove 338,02 mm, ou seja, há mais dias nublados.

Outro aspecto geográfico que influencia a temperatura do ar é a distância de corpos hídricos devido às diferenças básicas nas características térmicas das superfícies continentais e hídricas. Essas diferenças ajudam a produzir o efeito da continentalidade, em que a superfície continental se aquece e se resfria mais rapidamente do que a superfície hídrica. Com relação ao efeito da continentalidade e da maritimidade, ressalte-se que a diferença nas propriedades térmicas entre continentes e oceanos interfere na circulação atmosférica. A água, sendo um fluido, tem alto calor específico, requerendo maior quantidade de energia para se aquecer, e também tende a distribuir calor através de uma profundidade bastante grande por meio da ação de ondas e de correntes de convecção. As temperaturas à superfície de oceanos e grandes lagos não variam muito em resposta à variação diurna e sazonal da radiação solar (MOREIRA, 2002).

A climatologia da precipitação em Belo Horizonte é caracterizada por duas estações bem definidas, como designou Nimer (1979), para a climatologia da Região Sudeste do Brasil. O GRAF. 2 mostra que a estação chuvosa corresponde aos meses de outubro a março, quando a precipitação mensal acumulada é maior que a evaporação. Na estação seca, ocorre o contrário, no período de abril a setembro, sendo os meses de abril e setembro caracterizados por muitos autores como meses de transição entre as estações. Nimer (1979) classificou o clima de grande parte de Minas Gerais, incluindo a RMBH, de clima semi-úmido, com seca bem caracterizada, atingindo em média quatro a cinco meses. Ainda segundo o

autor, as características do regime de chuvas da Região Sudeste advêm da influência marítima, dos sistemas atmosféricos de escala sinótica, *correntes perturbadas*, e dos contrastes morfológicos do relevo.

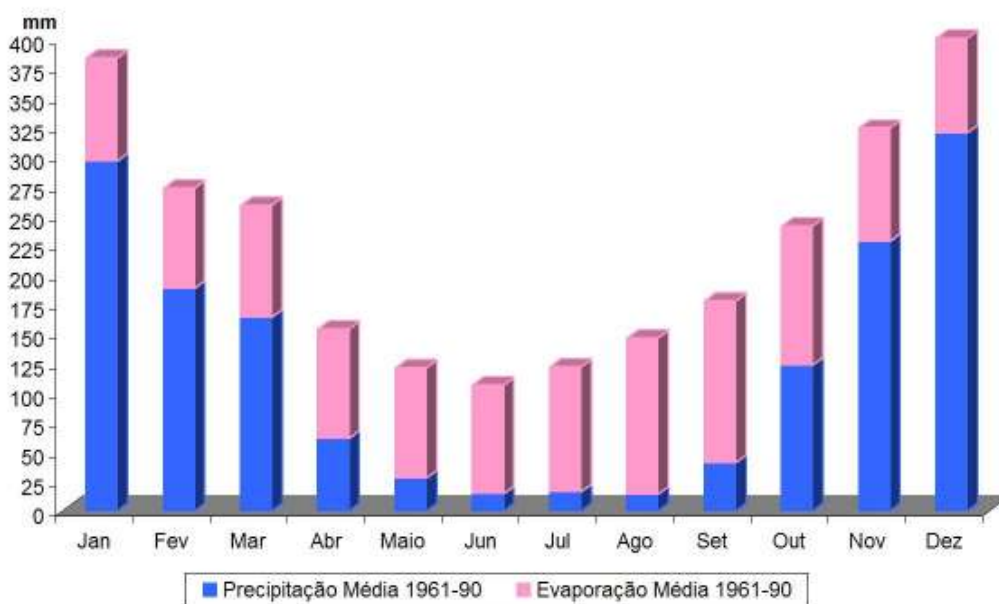


GRÁFICO 2 – Precipitação acumulada e evaporação média mensal em Belo Horizonte de 1961-1990

Fonte de dados: BRASIL, 1992.

Moreira (2002) estudou o papel da topografia, a Serra do Curral, na climatologia da precipitação em Belo Horizonte e seu entorno. Segundo o autor, setembro, mês de transição entre a estação seca e a chuvosa (GRAF. 2), caracteriza-se pela influência da topografia no delineamento das chuvas, ou seja, chuvas orográficas. O mês de outubro ainda se caracteriza pelo acúmulo de chuvas ao longo da serra, localizada nos municípios de Ibirité, Nova Lima e região sul de Belo Horizonte. O aumento do acúmulo de precipitação se deve ao maior aquecimento da superfície e o início da expansão da massa equatorial continental em direção à Região Sudeste do Brasil.

Os meses de novembro, dezembro e janeiro caracterizam-se pelo aumento de precipitação em toda a Região, sendo esse o trimestre mais chuvoso da

RMBH (GRAF. 2). No entanto, Moreira (2002) destacou que a Serra do Curral exerce a razão de “âncora” para os maiores totais de precipitação. Como ressaltou Nimer (1979), a orografia favorece as precipitações, uma vez que ela atua no sentido de aumentar a turbulência do ar pela ascendência orográfica, principalmente durante a passagem de *correntes perturbadas*.

Em fevereiro, a precipitação diminui, assim como o acoplamento ao longo da Serra, em decorrência do processo chamado *veranico*<sup>4</sup> (GRAF. 2). Moreira (2002) ressaltou que o mês de março caracteriza-se pela desarticulação entre a topografia mais elevada e o máximo de precipitação, pois, segundo ele, os maiores totais encontram-se transversalmente à Serra, num sentido de NW-SE. Abril é caracterizado pela transição do período chuvoso ao seco. Assemelha-se a setembro, porém com maior altura de precipitação acumulada, dada a maior quantidade de umidade disponível no final da estação chuvosa.

## **2.2 Aspectos de Larga-escala**

### **2.2.1 Células de Circulação Global**

As características dos climas, tanto na escala temporal como na escala espacial, são explicados pelos elementos da circulação geral da atmosfera e a interação com sistemas atmosféricos de escala sinótica. A causa básica e fundamental do movimento atmosférico, horizontal ou vertical, é o desequilíbrio na radiação líquida, na umidade e no *momentum* entre as baixas e altas latitudes e entre a superfície da Terra e a atmosfera. Ayoade (2004) ainda destacou que a

---

<sup>4</sup> O veranico consiste em um período de estiagem no meio da estação chuvosa. Esse fenômeno meteorológico pode causar grande prejuízo econômico se ocorrer em período de germinação, pré-floração ou floração plena, em que a cultura é particularmente sensível ao déficit hídrico, principalmente em solos com baixa capacidade de retenção d'água, num período de *alta demanda evaporativa* (CUPOLILLO, 1997, p. 92).

topografia, a distribuição das superfícies continentais e oceânicas e as correntes oceânicas constituem outros fatores que influenciam a circulação atmosférica.

Segundo Moreira (2002), o modelo mais atual de circulação geral da atmosfera foi proposto por Ferrel (1856) e aperfeiçoado por Rossby (1941), que inclui o efeito da Força de Coriolis e a existência de três células de circulação meridional em cada hemisfério. A disposição dessas células segue-se na ordem: uma localizada na faixa tropical, Célula de Hadley, com ramo ascendente próximo ao equador e ramo descendente próximo a 30° latitude; uma localizada na faixa de latitudes médias (Célula de Ferrel) com ramo ascendente próximo aos 60° de latitude e descendente nos 30°; uma última localizada na região polar (Célula Polar), como pode ser visto na FIG. 1.

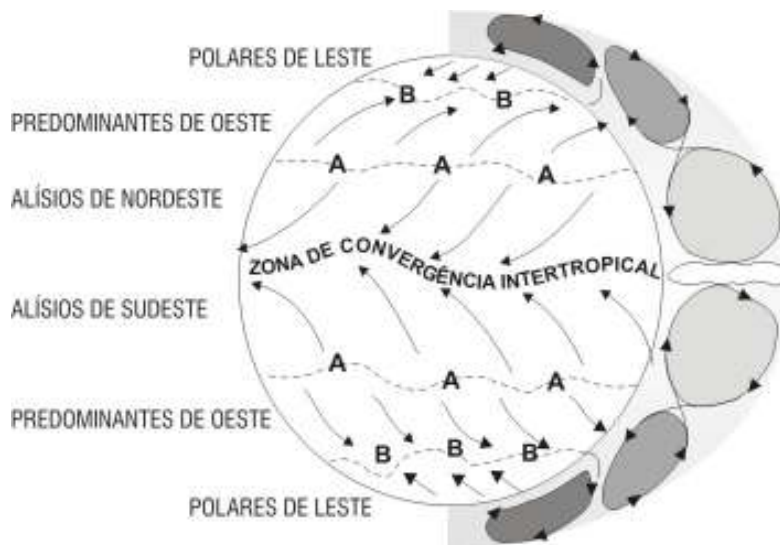


FIGURA 1 – Modelo de circulação meridional da atmosfera

a) A – Altas pressões

b) B – Baixas pressões

Fonte: Adaptada de VAREJÃO-SILVA, 2001, p. 340.

A Célula de Hadley pode ser definida como um sistema de circulação direta, na qual para a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), devem convergir ventos provenientes dos cinturões de alta pressão (localizados em torno de 30°N e 30°S), impulsionados pela força do gradiente de pressão e defletidos por efeito da

rotação da Terra (Força de Coriolis), como definiu Varejão-Silva (2001). Portanto, é caracterizada como modelo de circulação térmica com aquecimento máximo em baixas latitudes, explicando o fluxo dos ventos alísios em direção ao Equador. Por sua persistência e amplitude, compõe o principal sistema de larga escala atuante no Brasil e em Minas Gerais. Essa célula representa o primeiro modelo de circulação geral da atmosfera, apresentado por Halley em 1686 e aperfeiçoada por Hadley em 1735 (AYOADE, 2004).

A Célula de Hadley possui quatro componentes principais: os anticiclones subtropicais (em torno de 30°N e S), que constituem o ramo subsidente da célula; os ventos alísios (ventos úmidos), que sopram de NE no Hemisfério Norte e de SE no Hemisfério Sul, em direção ao Equador; a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), ramo ascendente, localizado na zona equatorial de baixas pressões, que também é associada ao aquecimento provocado pela maior incidência de radiação solar e constitui o ponto de convergência dos sistemas de ventos em baixos níveis em ambos os Hemisférios, uma vez que o ar nessa região é quente e úmido, ocorre intensa formação de pesadas nuvens cumuliformes e chuvas convectivas associadas (VIANELLO; ALVES, 1991). E a divergência em altos níveis no topo da troposfera tropical sobre a ZCIT, que complementa a célula ao sofrer subsidência na região dos anticiclones subtropicais.

A segunda célula da circulação geral da atmosfera é a Célula de Ferrel, que se localiza entre as regiões subtropicais e subpolares. O sentido dessa célula é o oposto da célula de Hadley. A FIG. 1 mostra a corrente em baixos níveis na região polar, ventos de leste, que convergem com ventos de oeste na região subpolar e divergem em altos níveis e levam ar frio para as regiões subtropicais, onde sofrem subsidência. Fedorova (2001) destacou que, nessa região de convergência dos ventos de oeste de latitudes médias com os ventos polares, na zona subpolar (nos dois Hemisférios), situam-se duas importantes zonas de convergência extratropical, onde o ar quente e úmido encontra-se com ar frio e seco, de origem polar. Daí originam-se os fenômenos meteorológicos mais importantes das latitudes médias, de acordo com a autora, denominados *frentes ou Sistemas Frontais*, sistemas produtores de tempo que atingem Minas Gerais durante todo o ano.

Segundo Moreira (1999), outra célula de circulação atmosférica que influencia o clima de Minas Gerais é a Célula de Walker. Sua existência está relacionada às propriedades físicas do Oceano Pacífico, quente a W e frio a E, que ocasiona uma circulação de sentido leste-oeste, sendo o escoamento atmosférico profundamente influenciado pelos gradientes térmicos e barométricos do oceano. Essa célula interage com a Célula de Hadley de forma sistêmica e em razão das condições oceânicas. Ainda, segundo o autor, as grandes variações sazonais de precipitação no Brasil estão associadas às flutuações norte-sul das regiões de movimento ascendente e descendente das células de Hadley-Walker, favorecendo ou inibindo a convecção e, por consequência, a ocorrência de chuvas.

### **2.2.2 As Massas de Ar**

A circulação geral da atmosfera origina grandes porções de ar com características uniformes de temperatura e umidade que se deslocam por centenas de quilômetros como uma entidade reconhecível, chamadas *massas de ar*. Segundo Ayoade (2004), as massas de ar são muito importantes no estudo do tempo e do clima porque os influenciam diretamente na área onde atuam.

Vianello e Alves (1991) ressaltaram que as massas de ar adquirem suas propriedades por permanecerem sobre determinada região da superfície da Terra por um longo período, suficiente para que as propriedades termodinâmicas (temperatura e umidade) alcancem um estado de equilíbrio. As propriedades da região fonte sobre a qual as massas se originam refletem suas propriedades e, por conseguinte, a própria denominação da massa de ar. Esses autores classificam as massas de ar segundo suas propriedades térmicas, sendo estas as principais que atuam na América do Sul: massa equatorial continental (cE), massa equatorial marítima (mE), massa tropical marítima (mT), massa tropical continental (cT) e a massa polar marítima (mP).

A FIG. 2 mostra o domínio geográfico médio das massas de ar atuantes no Brasil durante as quatro estações do ano. Nota-se que cE atua durante o verão,

deslocada para o sul em grande parte do território brasileiro, por consequência, sobre a RMBH. Ela se forma na Região Amazônica (área de baixas pressões e muita umidade), onde predomina os movimentos convectivos, intensificados pela convergência dos Ventos Alísios, ramo ascendente da célula de Hadley (ZCIT) sobre o continente. Durante o inverno, sua atuação é bastante retraída à porção NW da Amazônia, dado o deslocamento da ZCIT em direção ao Hemisfério Norte, sendo as características de umidade e precipitação mais influenciadas pelo ramo ascendente da célula de Walker, que gera movimentos convectivos, umidade e precipitação durante todo ano, principalmente no verão, com a interação da Célula de Hadley.

Kousky *et al.* (2001), citado por Moreira (2002), ressaltaram que uma possível razão para que os efeitos térmicos sejam evidentes durante o verão é o aquecimento da superfície continental resultante em instabilidade convectiva. Correntes de convecção, ramo ascendente da Célula de Hadley-Walker, transportam calor verticalmente para longe da superfície da Terra, distribuindo calor na troposfera. Por consequência, o ar ascendente freqüentemente torna-se saturado e, comumente, ocorre considerável desenvolvimento de nuvens e precipitação associada, o que caracteriza a massa cE.

A mE ocorre sobre o Oceano Atlântico e o Oceano Pacífico e é resultante da convergência dos Alísios (ZCIT). Desloca-se latitudinalmente ao longo do ano, atingindo até 8° latitude sul durante o verão e no inverno retorna ao Hemisfério Norte (VIANELLO; ALVES, 1991). Essa massa de ar é bastante atuante no NE brasileiro. Os principais fatores que influenciam quantitativamente a produção da precipitação sobre essa região são a posição e a intensidade da ZCIT. Seu período de atuação sobre latitudes abaixo do Equador é de fevereiro a maio, caracterizando o período de chuvas em boa parte do NE (ARAÚJO; RODRIGUES, 2000).

A cT está associada à baixa pressão predominante na região do Chaco (baixa do Chaco), em consequência do grande aquecimento da superfície durante o verão no Hemisfério Sul. Esse superaquecimento continental dá origem a uma massa quente e seca, instável, com intensa atividade convectiva, que se eleva até 3.000 m. Vianello e Alves (1991) ressaltaram que, apesar disso, as precipitações associadas são fracas, predominando céu pouco nublado, o que favorece ainda mais o aquecimento diurno.

A mT forma-se sobre os Oceanos Atlântico Sul e Pacífico Sul e corresponde aos anticiclones subtropicais do Atlântico Sul (ASAS) e do Pacífico Sul (ASPS), ramos subsidentes da Célula de Hadley-Walker. Os anticiclones, à superfície, resultam da subsidência do ar superior, quente e seco, sobrepondo-se ao ar úmido e menos aquecido sobre a superfície oceânica. Segundo Vianello e Alves (1991), esse processo dá origem a uma camada de inversão situada entre 500 e 1.500 m de altitude, ou seja, a mT é formada por duas camadas: uma inferior, fria e úmida, e outra superior, quente e seca. Durante o inverno, com o deslocamento ASAS em direção ao continente, predomina céu claro e ausência de chuvas, o que caracteriza a estação seca. A zona de divergência dos Alísios (ZD), FIG. 2, é caracterizada por definir a atuação desse anticiclone com ventos que sopram em direção ao Equador (Ventos Alísios) e aqueles que sopram de leste e nordeste e dominam a circulação atmosférica do Sudeste brasileiro, principalmente durante o inverno, e, por conseguinte, caracterizam o escoamento médio em baixos níveis na RMBH.

A mP associa-se aos anticiclones migratórios, que se localizam na região subantártica, e origina-se da zona de convergência extratropical dos ventos de oeste da célula de Ferrel com ventos de leste polar. A princípio, a mP é bastante estável, mas, à medida que se desloca para norte ou nordeste, a inversão diminui e a massa passa ser menos estável. Vianello e Alves (1991) ainda destacaram que, apesar de ocorrer em todas as estações, são mais intensas no inverno e por isso desempenham maior destaque sobre o continente, quando chegam a atingir baixas latitudes, ocasionando queda de temperatura em grande parte do território brasileiro. Na estação de verão, as mP são importantes como mecanismo de organização da convecção e produção de chuva.

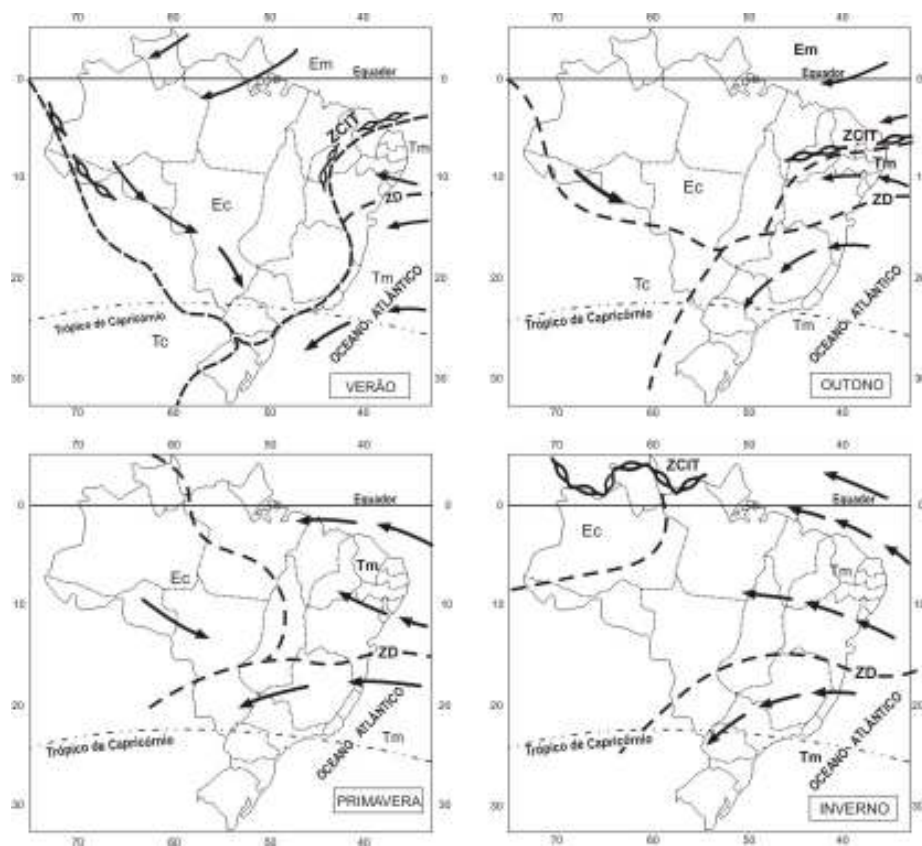


FIGURA 2 – Domínio geográfico médio das massas de ar no Brasil

- a) Ec – Massa equatorial continental
- b) Em – Massa equatorial marítima
- c) Tm – Massa tropical marítima
- d) Tc – Massa tropical continental
- e) ZD – Zona de divergência dos alísios

Fonte: Adaptado de TUBELIS; NASCIMENTO, 1992.

A climatologia da precipitação em Belo Horizonte pode ser explicada, em parte, pela atuação dessas massas de ar. O verão é caracterizado pela presença da cE, que se expande sobre a superfície brasileira e caracteriza o período chuvoso, principalmente das regiões Centro-Oeste e Sudeste. A concentração da precipitação nos meses de verão, como visto no GRAF. 2, deve-se à presença de extensas áreas de baixa pressão sobre o continente sul-americano. Esse padrão se relaciona à atuação dos ramos ascendentes da Célula de Hadley-Walker no NW do Brasil, em resposta à intensa radiação solar no verão e conseqüente aquecimento continental. Outro sistema de baixa pressão, no verão, no continente sul-americano, é a baixa do Chaco, localizado sobre o Chaco Paraguai (17°S/65°W), que caracteriza a massa

cT. Origina-se do aquecimento continental no verão, o que gera convergência do ar circunvizinho nos baixos níveis, movimento ascendente e condensação, liberando calor latente na alta troposfera pela convecção profunda no interior do continente.

No inverno, esse padrão é inibido pela atuação do ASAS, que penetra no continente, atuando na parte leste e central do Brasil tropical, pois o continente encontra-se mais frio que os oceanos circunvizinhos (MAIA, 1986). Ou seja, a movimentação sazonal, bem como as temporárias, no ASAS, exerce papel fundamental sobre o clima do Brasil, em particular sobre Minas Gerais, que, conforme se pode verificar, fica sob seu domínio principalmente no inverno, adquirindo condições predominantemente de pouca ou nenhuma nebulosidade, baixa umidade específica e relativa, ausência de precipitação, caracterizando o período seco.

Segundo Maia (1986), o ASAS apresenta, no mês de janeiro, seu centro próximo a  $35^{\circ}\text{S}$  e  $20^{\circ}\text{W}$ , atuando na parte leste do continente sul-americano e penetra próximo de  $42^{\circ}\text{W}$ , com um limite latitudinal de  $14^{\circ}$  a  $33^{\circ}\text{S}$ . A RMBH localiza-se a  $19^{\circ}30'$  a  $20^{\circ}50'\text{S}$  e  $43^{\circ}30'$  a  $44^{\circ}40'\text{W}$ , ou seja, é influenciada pelo ramo subsidente da célula de Hadley durante o ano todo, o que é refletido na direção predominante do vento mensal. O ramo ascendente dessa célula, nos meses de verão, também influencia a direção predominante do vento. Barroso (2004) detectou que, durante as chuvas de novembro, dezembro e janeiro em Belo Horizonte, os ventos, analisados diariamente, predominam do quadrante W/NW/N em pelo menos um horário sinótico de observação.

## **2.3 Aspectos Sinóticos**

### **2.3.1 Sistemas Frontais**

Segundo a Revista CLIMANÁLISE (1986), entre os sistemas atmosféricos transientes (podem durar de horas a dias), os sistemas frontais (SF) estão entre as mais importantes perturbações atmosféricas responsáveis por precipitação e mudanças de temperatura em quase todo o país. O contato entre duas massas de ar com temperaturas diferentes produz uma superfície de descontinuidade conhecida como superfície frontal. Esses sistemas originam-se de ondas baroclínicas das latitudes médias, de escala espacial da ordem de 3.000 km e estão imersas nos ventos de oeste dessas latitudes. Segundo Ferreira (2006), ao longo da frente, existem, freqüentemente, significativas variações de temperatura e mistura do ar. Isso causa diferença na densidade do ar, que provoca a elevação de uma massa quente sobre a outra fria, gerando nebulosidade quando há presença de umidade e, muito comumente, precipitação associada.

A frente fria ocorre quando uma massa de ar frio avança em direção a uma massa de ar quente. A superfície de descontinuidade se inclina para o lado do ar frio (lado polar) com a altura. Segundo Ferreira (2006), enquanto a frente está distante, as temperaturas permanecem mais altas e o céu claro persiste. Quando a frente se aproxima de determinada localização, o ar denso e frio toma o lugar do ar quente, que é forçado a subir rapidamente. Isso desenvolve o aparecimento de nuvens, principalmente, cumuliformes (linha pré-frontal), que ocorre nas proximidades da linha frontal. Enquanto a frente está entre 10 e 50 km de distância, pode desenvolver trovoadas, granizo, mudança na direção do vento acompanhado de rajada e muita precipitação. Após a passagem da frente, as temperaturas diminuem e o céu começa a clarear ou permanece com nebulosidade baixa e estratiforme. Essas frentes frias se originam na zona de convergência de ventos de oeste com ventos polares, na região subantártica e as massas de ar frio constituem os anticiclones polares migratórios (APM), com circulação anti-horário no HS. Após

atravessarem os Andes, as frentes e as massas de ar frias (mP) invadem o continente sul-americano em direção ao equador, numa trajetória de SW-NE.

As frentes quentes constituem outro SF que comumente atinge o Sudeste brasileiro. Essas frentes ocorrem quando uma massa de ar quente acarreta a substituição de ar mais frio por ar mais quente. A superfície frontal apresenta como uma rampa pouco inclinada, já que o ar quente tende a sobrepor o ar frio, as nuvens apresentam pequeno desenvolvimento vertical, com seus topos mais baixos do que os da frente fria, acarretando chuvas leves e contínuas e normalmente abrange uma área maior do que a outra. O tempo associado a uma frente quente também permanece por um período mais longo. Segundo Ferreira (2006), na América do Sul, uma frente quente é freqüentemente causada pelo retorno de uma frente fria, que por uma situação de bloqueio não consegue avançar, o que Monteiro (1969) chamou de frente polar reversa (FPR). Esse autor destacou que esse sistema acarreta a névoa seca nos meses de inverno nos Estados de São Paulo, Paraná até o Rio Grande, em decorrência da fraqueza das circulações anticiclônicas migratórias.

Maia (1986) ressaltou que a sazonalidade é um fator importante tanto para as características como para as trajetórias adquiridas pelos anticiclones polares migratórios. Durante o inverno, os APM que se deslocam em direção às latitudes mais baixas, são mais intensos (mais energia) e de maiores dimensões que nas outras estações do ano, principalmente dado o maior gradiente de temperatura equador-pólo, nessa época do ano. Em julho, é comum essas massas de ar frio, que acompanham as frentes, causar geadas nas áreas serranas das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Esses sistemas, no verão, são menos baroclínicos, portanto não ocasionam queda de temperatura como no inverno. Por outro lado, durante o verão, esses sistemas organizam a convecção tropical, sendo responsáveis pela precipitação em quase todo o país.

### **2.3.2 Linhas de Instabilidade**

Segundo Nimer (1979), as Linhas de Instabilidades tropicais são depressões barométricas que se apresentam na forma de linhas alongadas, acopladas em pequenas dorsais aos sistemas de altas pressões subtropicais que se estendem até o continente. Hoje, essas dorsais são compreendidas como áreas de convergência próximas à superfície. Abreu (1998) destacou que elas são formadas sobre o Pará e o Amazonas, como resultado do ciclo de aquecimento diurno e dos mecanismos dinâmicos da atmosfera, como a Alta da Bolívia (definida na pág. 42).

Maia (1986) ressaltou que, como essas Linhas tropicais de instabilidade constituem um sistema dinâmico de convergência, causam a ascensão do ar que, dependendo do grau de umidade e da força ascensional, provocam chuvas e trovoadas, embora de curta duração, acompanhadas de ventos com rajadas que atingem de 60 a 90 km/h. Tais eventos ocorrem especialmente no verão, entre 12h e 18h TMG, e se devem a um decréscimo geral da pressão, motivado pelo forte aquecimento no interior do continente.

Segundo Oliveira (1986), durante o verão, a convecção tropical (CT) encontra-se espalhada no continente sul-americano, principalmente ao sul de 5° S, em torno de 10° a 12° S. No início do outono, já se encontra acima de 5° S como uma só faixa entre a ZCIT do Atlântico e Pacífico, sendo também a configuração típica dos meses de inverno, nos meses de junho e julho não apresenta nenhuma nebulosidade ao sul de 5°S, o que pode ser visto na FIG. 2, pelo comportamento médio da massa cE nas estações de verão e inverno.

Abreu (1998) destacou que, em razão do giro anticiclônico dos Ventos Alísios sobre o território brasileiro na zona tropical, dada a presença da Cordilheira dos Andes, a umidade é transportada para o sul e o sudeste da região fonte. Assim, as combinações entre as CT e umidade contribuem para os altos índices pluviométricos nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste, logo, na RMBH.

### **2.3.3 Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)**

Outro sistema atmosférico de escala sinótica que afeta o Estado de Minas Gerais é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A literatura específica apresenta a ZCAS como o principal fenômeno atmosférico típico de verão que acarreta altos índices pluviométricos em grande parte do território brasileiro. Sua principal característica é uma larga faixa de nebulosidade que se estende desde o sul da Região Amazônica até o Atlântico Sul-central. Somente na década de 1970, pesquisadores observaram por imagens de satélite a presença dessa faixa de nebulosidade convectiva, com direção preferencial de NW-SE (QUADRO, 1994). Segundo Abreu (1998), a ZCAS é formada pela associação entre a frente polar Atlântica e as linhas de instabilidades, principalmente provenientes da Região Amazônica. A orientação NW-SE da ZCAS é determinada pela contribuição da FPA que, sobre o continente, apresenta essa mesma direção preferencial.

Satyamurty e Rao (1988) destacaram outras duas zonas de convergência no hemisfério sul, uma chamada Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS) e outra na região de Madagascar, no Oceano Índico (ZCIS). Esses autores destacaram que cada uma delas está ligada na sua extremidade noroeste a uma área tropical de intensa atividade convectiva, porém ressaltaram que cada zona de convergência possui características diferentes em termos de intensidade e posicionamento latitudinal. A ZCAS está ligada a noroeste com a Bacia Amazônica, a ZCPS à área da Indonésia e a zona de Madagascar à Bacia do Congo.

Na década de 1980, iniciaram-se os maiores avanços para o entendimento desse mecanismo atmosférico causador de chuvas persistentes e intensas na Região Tropical. Oliveira (1986) identificou a interação entre sistemas frontais e convecção tropical, que ocorre na parte central da Amazônia, quando esses sistemas frontais posicionam-se preferencialmente entre 35° e 20°S. A permanência dos SF nessa faixa latitudinal é fortemente influenciada pela presença da CT no continente. Por sua vez, esses SF modulam a CT em formas de faixas de nebulosidade convectiva organizada.

As principais características dessa faixa de nebulosidade encontrada por Oliveira (1986) são: advecção de ar frio, em baixos níveis, causada pela penetração do Sistema Frontal, que delimita a área de ocorrência da convecção tropical, movimento ascendente com o aumento da convergência em baixos níveis e divergência em altos níveis, onde se forma a faixa de nebulosidade. Em seu estudo, a autora destaca grande semelhança entre a linha de máximos de precipitação do Brasil, que tem direção NW-SE desde o norte-noroeste da Amazônia até o sudeste do Brasil, e a faixa de nebulosidade convectiva associada (FIG. 3 e 4). A autora destaca a importância da Amazônia como uma intensa fonte de calor para a atmosfera:

Ela possui características muito particulares: é delimitada no lado oeste pela Cordilheira dos Andes, que atua como barreira natural ao escoamento predominante dos Alísios nos baixos níveis, além de possuir a maior bacia de drenagem do mundo e a maior floresta tropical, fatores estes que contribuem para uma grande taxa de evapotranspiração na região e, conseqüentemente, grande precipitação (OLIVEIRA, 1986, p. 7).

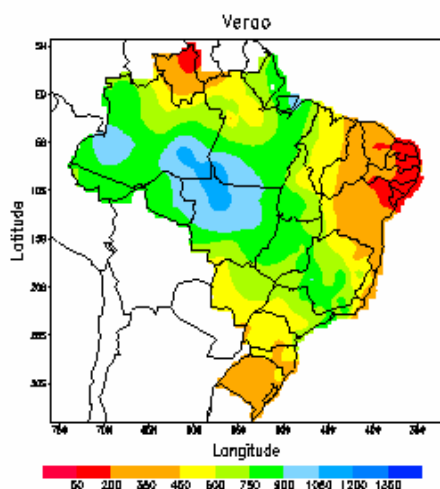


FIGURA 3 – Climatologia da precipitação acumulada na estação de verão no Brasil

Fonte: REVISTA CLIMANÁLISE, out. 1996.

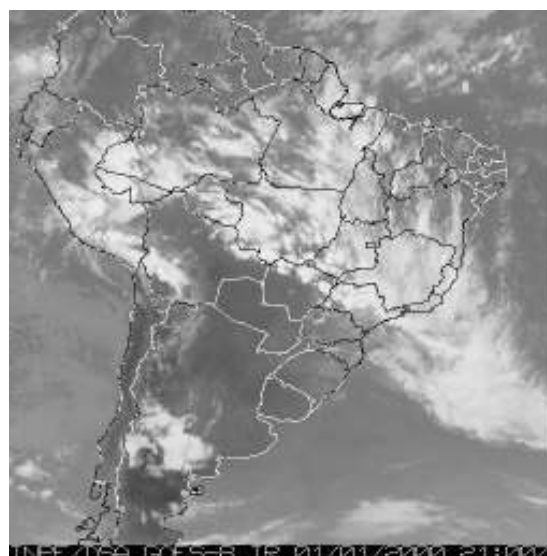


FIGURA 4 – Imagem IR GÓES-8 em 1º/1/2000 às 21h TMG

Fonte: Disponível em:  
<http://satelites.cptec.inpe.br>.  
 Acesso em: 5 set. 2005.

Durante o verão, na América do Sul, os principais padrões atmosféricos interagem, configurando as características da ZCAS. Em altos níveis, nota-se a presença de uma circulação anticiclônica fechada (Alta da Bolívia – AB), em decorrência do intenso aquecimento continental que gera convergência de ventos em baixos níveis e divergência em altos, e a presença de um Vórtice Ciclônico sobre o Nordeste brasileiro (VCAN<sup>5</sup>) próximo ao litoral, como um mecanismo compensatório, no qual faz parte da Circulação de Walker. Em baixos níveis, a Baixa do Chaco, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), atuando mais deslocada para leste no Oceano Atlântico (comparada a sua posição durante o inverno), as linhas de instabilidades e a penetração de sistemas frontais até latitudes subtropicais. Segundo Oliveira (1986), em altos níveis, a mudança de escoamento, em relação ao inverno, é mais significativa que nos baixos níveis.

Quadro (1994) definiu o conceito de ZCAS como uma banda de nebulosidade com orientação NW-SE, desde a Amazônia até o Atlântico Sul, por pelo menos quatro dias, tendo como principais características: convergência de umidade na baixa e média troposfera dada pela interação da CT com o SF, ou seja, faixa de movimento ascendente de ar com orientação NW/SE, a presença de um cavado semi-estacionário sobre a América do Sul em 500h Pa a leste dos Andes, centro de circulação anticiclônica em altos níveis (AB) e a conseqüente alteração no regime de chuvas das regiões afetadas. O autor observou também a presença do VCAN nos eventos de ZCAS e a presença do cavado nos casos em que o vórtice não apresentava bem configurado. Foi identificada a presença de um cavado atuando também sobre essas regiões. O fato de a ZCAS ocorrer durante o verão no Hemisfério Sul ressalta a importância da convecção tropical e a conseqüente liberação de calor latente, na Região Amazônica, tanto para a geração como para a manutenção desse fenômeno, como identificou Oliveira (1986). Satyamurty *et al.* (2000) salientaram que o movimento vertical ascendente de larga-escala é essencial para a formação e permanência da convecção sobre uma vasta área como a ZCAS.

---

<sup>5</sup> VCAN (Vórtice Ciclônico de Altos Níveis): sistema de baixa pressão de escala sinótica que se forma na média e na alta troposfera entre 5 e 13 quilômetros de altitude. (Disponível em: [www.cptec.inpe.br/tempo](http://www.cptec.inpe.br/tempo). Acesso em: 20 ago. 2005).

Nas FIG. 5 e 6 mostram-se a faixa de nebulosidade típica e a circulação atmosférica em altos níveis associada, como definiu Quadro (1994).

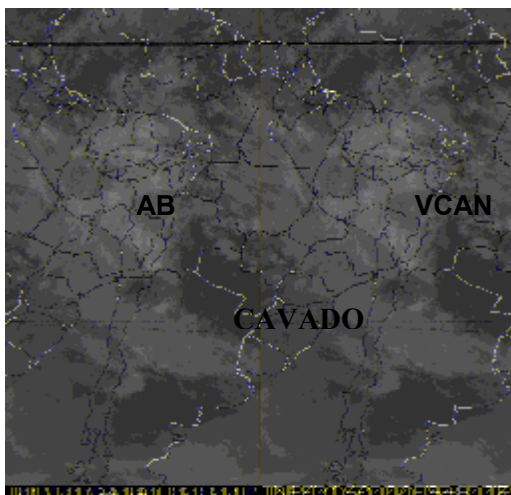


FIGURA 5 – Imagem IR GOES 8 em 1°/1/2000 às 0h TMG.

Fonte: Disponível em:  
<http://satelite.cptec.inpe.br>.  
 Acesso em: 20 set. 2005.

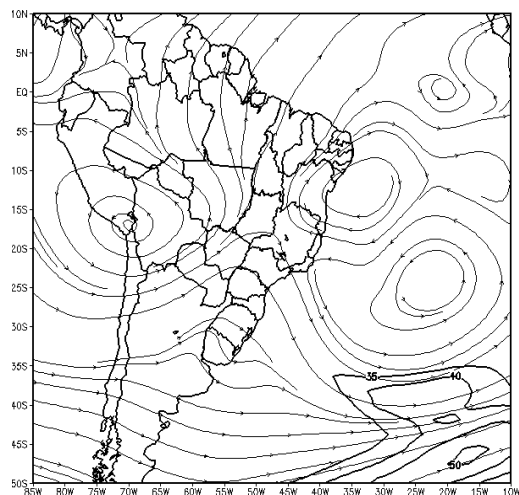


FIGURA 6 – Campo médio de corrente (m/s) e isotácas em 250hPa entre os dias 1° a 8 de janeiro de 2000.

Fonte: BOLETIM CLIMANÁLISE, v. 15, n. 1, jan. 2000.

Esse autor ainda ressaltou que, como consequência dos padrões atmosféricos observados, o fenômeno ZCAS se manifesta desde a baixa troposfera até os altos níveis. Na baixa troposfera, o giro dos Ventos Alísios, por causa da Cordilheira dos Andes, associado à presença do ASAS, contribui para o transporte de umidade para as latitudes médias, alimentando o sistema, e, em parte, para a instauração da zona de convergência. Segundo Quadro (1994), o fato de os Alísios serem forçados a girar para sul é bom indício de como a umidade pode ser transportada da região fonte para ZCAS. Como consequência, uma grande concentração de umidade acompanha a linha da zona de convergência. A região de confluência desse escoamento encontra-se a SW do centro do ASAS. Segundo o autor, essa região delimita a área de atuação da massa de ar tropical (mais aquecida), que contrasta com a massa ao sul, onde os ventos são

predominantemente sul/sudoeste. Ainda destacou que essa configuração define a importância do ASAS na orientação da ZCAS sobre a região do Oceano Atlântico.

A variação no posicionamento da ZCAS se deve às variações na localização da Alta da Bolívia, do vórtice ciclônico em altos níveis sobre o Nordeste Brasileiro e do cavado a sotavento dos Andes na média troposfera. Gusmão (1996) sugeriu um tripé de interação, Alta da Bolívia, cavado e frentes, governado por interações lineares e não lineares que estabelecem o posicionamento e intensidade dos sistemas e de bandas de nebulosidade associadas.

Segundo Abreu (1998), a estacionaridade da convecção está associada à da FPA. A interação das LI com as frentes pode resultar na rapidez do deslocamento da banda de convecção quando predominar a atuação das linhas de instabilidade, ou na estacionaridade quando o predomínio for das características da FPA. No primeiro caso, as chuvas são intensas e de curta duração por se originarem de cumulonimbus. No segundo caso, a precipitação é moderada a forte, longa duração, associada à presença de nuvens estratiformes, que diminuem acentuadamente a insolação à superfície, tornando os dias de verão úmidos e cinzentos e gerando grande acúmulo de precipitação.

Quadro (1994) ainda destacou que a ZCAS pode ser definida como um fenômeno climatológico. O seu estudo mostrou que, ao menos uma vez por mês, durante a estação de verão no HS, ela tende se manifestar, provocando chuvas persistentes e intensas, dado o seu estacionamento em determinadas regiões do Brasil. Segundo o autor, a ZCAS geralmente estaciona sobre a Região Sudeste, Brasil Central, norte do Paraná e sul do Estado da Bahia. Ainda foi observada a variação intrasazonal desse fenômeno: durante os primeiros meses de verão, ela estaciona em regiões mais ao norte do continente e, até o final do verão, ela tende a estacionar mais ao sul devido ao aquecimento continental pelo Sol.

Nobre (1988) comparou a zona de convergência intertropical (ZCIT) à ZCAS, destacando que a última está relacionada à penetração de sistemas frontais até latitudes subtropicais e tropicais e, geralmente, apresenta-se mais estacionária quando o sistema frontal atinge seu deslocamento máximo em direção ao equador (latitudes inferiores a 20°S). Destacou, ainda, que, climatologicamente, a ZCAS é mais atuante de novembro a abril e está diretamente associada à estação chuvosa

de importantes regiões do Brasil, como sul e oeste do Nordeste, sul da Amazônia, Região Sudeste e, também, Goiás. A variabilidade temporal da ZCAS é bem maior que a da ZCIT, comumente desaparecendo por períodos de vários dias a semanas e inexistindo durante o inverno no HS. Além da variabilidade temporal, a variabilidade espacial da ZCAS é também maior do que a ZCIT. Para uma dada estação do ano, a variabilidade da posição latitudinal desta última é de 2° a 3°, enquanto a ZCAS pode variar de 10° a 15° ao longo da costa brasileira.

No período em que Nimer (1979, p. 360) descreveu a climatologia da Região Sudeste, os estudos do fenômeno ZCAS ainda eram bastante prematuros, porém o autor identificou *as correntes perturbadas de oeste*, representadas pelas linhas de instabilidade e sua relação com as frentes polares, ocasionando a precipitação de verão:

A zona onde mais freqüentemente se dá o equilíbrio entre o sistema de circulação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e o anticiclone polar, além de estar sob a rota preferida das correntes perturbadas de oeste, ou mais precisamente de NW, representadas pelas linhas de instabilidade [...].

A faixa que abarca do noroeste de Minas Gerais ao Estado do Rio de Janeiro, área de atuação do fenômeno ZCAS, segundo o autor, é uma área de grande acúmulo de chuvas, com precipitação anual superior a 1.500 mm, como visto na FIG. 3.

## 2.4 - Variabilidade Climática e o Sudeste Brasileiro

Os principais fenômenos atmosféricos de larga-escala responsáveis por variabilidade climática na Região Sudeste do Brasil são o El Niño e La Niña. Segundo Oliveira (1999), El Niño pode ser definido como o aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial e Oriental. A La Niña é o resfriamento das águas do Oceano Pacífico Equatorial, o autor ressalta que esse fenômeno é melhor designado como episódio frio do El Niño. Os efeitos desse

aquecimento/resfriamento afetam quase todas as regiões do globo. Pois a enorme extensão geográfica do Oceano Pacífico, com sua superfície aquecida ou resfriada, em contato com a atmosfera, a modifica e por seus mecanismos de transporte, ventos, que levam os efeitos para todas as partes do mundo.

Oliveira também destacou a frequência média de recorrência desses fenômenos, ambos ocorrem entre 2 a 7 anos, porém cientistas vêm observando que a La Niña tem ocorrido com menor duração que o El Niño. Os episódios de La Niña têm recorrência de aproximadamente de 9 a 12 meses e somente alguns poucos persistem por mais de 2 anos, como o El Niño.

Segundo esse autor os principais efeitos do El Niño na região sudeste são moderados aumentos das temperaturas médias, tanto no inverno como no verão, e ressaltou que não há padrão característico de mudanças nas chuvas durante ocorrência do fenômeno, com exceção do extremo sul do Estado de São Paulo. A La Niña ocasiona efeitos contrários, porém não com a mesma intensidade do fenômeno El Niño, como temperaturas próximas da média climatológica ou ligeiramente abaixo e maior quantidade de frentes chegam até a região NE do Brasil, principalmente litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas.

No entanto, Moreira (2002) e Cupolillo (1997) ressaltaram a variabilidade da precipitação em relação ao fenômeno ENSO (El Niño e La Niña) que atua direta e indiretamente na circulação atmosférica de Minas Gerais. Segundo Moreira, durante esses eventos severos de grande escala que afetam o comportamento normal da precipitação, a topografia deixa de ser o principal determinante na espacialidade das chuvas em Belo Horizonte e seu entorno.

Ferreira *et. al.* (2004) demonstraram que a circulação de grande escala é modulada pelos fenômenos El Niño e La Niña e dominam a atuação da ZCAS. Esses autores identificaram que em anos normais e de La Niña há uma tendência de ocorrência de três fenômenos de ZCAS ou mais durante o verão. Em anos de El Niño, nenhum verão estudado (1980 a 2000) apresentou mais de três eventos de ZCAS, pois a atividade convectiva sobre o continente é menos intensa e deslocada ligeiramente para oeste comparada a outros anos composta por La Niña ou circulação atmosférica de larga – escala normal.

Quadro (1994) identificou que a presença do El Niño contribui negativamente com a manifestação da ZCAS, pois o fato de deslocar a Alta da Bolívia mais para oeste deve provocar a não ocorrência dos episódios ou a formação da ZCAS afastada de sua região preferencial. Gusmão (1996) sugeriu que para entender a variabilidade na posição e intensidade da Alta da Bolívia é necessário entender a interação que ela tem com outros sistemas sinóticos que agem na América do Sul.

### 3 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 O Paradigma da Análise Rítmica

O Professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, partindo de uma tentativa de caracterização do clima da Região Sul do Brasil, passou por uma série de ensaios sobre a metodologia geográfica da análise climática. Em meados da década de 1950, inteirou-se da definição climática do geógrafo francês Max Sorre (1951, citado por MONTEIRO, 1975, p. 20), de que “o clima é a série dos estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual”. O conceito sorreano representou o novo paradigma dos estudos climatológicos, que trouxe uma nova corrente de pensamento da escola francesa, baseado no dinamismo dos processos estudados. Os fundamentos metodológicos foram desenvolvidos por Monteiro, embasados na produção meteorológica de Adalberto Serra (1945, 1948, 1953/1954), já que Sorre não produziu trabalhos sobre Climatologia.

Sorre, um geógrafo da Escola Possibilista, trabalhou para integrar os estudos da Geografia Física aos da Geografia Humana, estabeleceu novos paradigmas na ciência geográfica, na busca pelo seu caráter antropocêntrico. Segundo Monteiro (1975), é necessário reconhecer, em Sorre, a rebeldia e a insatisfação com a pesquisa climatológica em Geografia.

O estudo dinâmico em Climatologia, ainda recente na ciência geográfica francesa, não tinha muitos adeptos à proposta conceitual de Sorre. O único autor que também adotou esse conceito foi Pédelaborde (1957). Ele propôs as bases do chamado *método geográfico da climatologia física*, em que a noção fundamental e central do trabalho é a totalidade dos tipos de tempo.

Monteiro (1991, p. 37) ressaltou as diferenças entre eles, pois sua metodologia tem como pilar a sucessão dos tipos de tempo, no qual interessa o mecanismo seqüencial desses tipos, dando atenção às suas peculiares irregularidades, “posto que elas constituam (longe de ser exceções) em eventos de imensa importância aos processos de interação geográfica”. Pédelaborde (1957),

citado por Tarifa (1975), buscava a definição do clima de um lugar ou região mediante à catalogação dos tipos de tempo, procurando abarcar a totalidade deles, suas freqüências durante longos períodos e suas gêneses. Ribeiro (1982) notou a influência de Pédelaborde nos trabalhos de Nimer, cujos objetivos estiveram sempre ligados à composição de uma estrutura regional.

A perspectiva da unidade de análise dos fenômenos climáticos em Sorre (1951) é o *tempo*. A combinação de propriedades e de elementos atmosféricos a cada momento e em cada lugar se apresenta como um fato singular com poucas chances de se reproduzir do mesmo modo. O ritmo sazonal se constitui de estados comparáveis periodicamente, os quais podem ser agrupados numa estação, em número limitado de tipos de tempo cuja sucessão é regulada pelas leis do dinamismo atmosférico. Dessa forma, o clima de um lugar é definido como a sucessão do tempo meteorológico (Ribeiro, 1982).

Segundo Ribeiro (1982), Monteiro introduziu o ritmo climático como um novo paradigma nos estudos de Climatologia Geográfica, pois as décadas de 1940 e 1950 foram marcadas pelo uso de mapeamentos com base no sistema classificatório de Köppen, ou seja, o ritmo é considerado um novo paradigma, em lugar das médias dos elementos discretamente dissociados. Na obra *Clima e Excepcionalismo*, que tem um caráter conjectural e reflexivo sobre sua carreira, Monteiro (1991) destacou que, ao iniciar-se na carreira acadêmica, mesmo período do *Congresso Internacional de Geografia*, no Rio de Janeiro, já notara o caráter de dinâmica processual dos fenômenos geográficos. Na Geografia Física, os trabalhos de clima contrastaram com a renovação em Geomorfologia, passando das superfícies de aplainamento aos estudos dos diferentes processos morfogênicos:

Enquanto o dinamismo se espalhava pela Geografia, até mesmo atingindo os estudos regionais pela dinâmica dos processos econômicos, continuava-se a pedir, do clima, apenas uma configuração baseada em parâmetros numéricos, normatizados em médias, aos quais se procurava acrescentar um verniz causal colhido na circulação atmosférica para melhorar a explicação dos regimes dos diferentes elementos climáticos (MONTEIRO, 1991, p. 34).

O período anterior à Climatologia Dinâmica tinha como principal conceito de clima o de Hann (1903, citado por MONTEIRO, 1975, p. 22): “O conjunto dos

fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera sobre cada lugar da Terra”. Daí surge à insatisfação de Monteiro no uso abusivo de médias e da análise fracionada dos elementos climáticos e sua latente necessidade de recorrer à dinâmica atmosférica com ênfase na própria definição climática regional.

Ribeiro (1982) destacou que não é possível falar em Climatologia Dinâmica sem apelar para o progresso da Meteorologia. Ele cita Bjerknes e Solberg (1923), Serra (1945, 1948, 1953/1954) e outros que desenvolveram os conceitos de massas de ar e frentes como peças fundamentais da dinâmica atmosférica. Enquanto Monteiro (1969) ressalta que essas obras são “marcos fundamentais na bibliografia climatológica brasileira”, Ribeiro (1982, p. 50) disse que “se Sorre e Pédelaborde forneceram os métodos e as técnicas, Serra e colaboradores forneceram conteúdos teóricos para o desenvolvimento da Climatologia *Geográfica* no Brasil”.

### **3.2 A Técnica Análise Rítmica**

A técnica ou o método, como designou Monteiro, foi proposta e desenvolvida por esse autor no Laboratório de Climatologia da USP. Em 1971, ele publicou o artigo “Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade em São Paulo e achegas para um programa de trabalho” em que estabeleceu as diretrizes e a proposta metodológica da então chamada análise rítmica.

Monteiro introduziu o tema mediante a constatação das conseqüências, no espaço geográfico, das irregularidades do ritmo climático. Destacou que nos anos secos, por exemplo, 1963, houve um esvaziamento quase completo dos reservatórios do Planalto Paulistano, o que criou problemas não só no abastecimento de água, como também no setor de energia elétrica, o que contrasta com verões excessivamente chuvosos, por exemplo, 1967, que deixaram antigos registros de episódios calamitosos em toda a Região Sudeste brasileira.

Na sua tese de doutorado (1969, p. 53), o autor observou que, apesar de praticamente o mesmo número de passagens de sistemas frontais em 1957 (chuvoso) e 1963 (seco), a intensidade ou recorrência das chuvas se deve a uma série de combinações:

O grau de propagação latitudinal, bem como as diferenças de fluxo de ar polar pela rota do interior e do litoral, as ondulações que se produzem ao longo do eixo da frente polar, e são estas ondulações ou ciclogêneses que explicam o contraste térmico, gerados pela participação conflitante dos sistemas intertropicais e extratropicais, e dos quais depende a intensidade das chuvas.

Nota-se, a ênfase dada pelo autor, aos processos atmosféricos geradores dos tipos de tempo, principalmente nas irregularidades do ritmo, ou seja, no comportamento processual da atmosfera e sua variabilidade temporal. Percebe-se, ainda, que a estatística descritiva de um período, mesmo longo, não é suficiente para compreender o padrão atmosférico associado a determinado fenômeno. Segundo Monteiro (1991), os períodos de observação dos seus trabalhos não se prendiam aos 30 anos para o cálculo das normais, mas por tempos menores, que permitissem acompanhar os acidentes e impactos nas atividades humanas.

Monteiro (1969) ainda destacou que o tratamento tradicional analítico-separatista na pesquisa em Climatologia necessita de longos períodos de observação e mensuração dos fenômenos meteorológicos. O tratamento dinâmico deve ater-se à amostragem individualizada de tempo cronológico que, apesar de reduzidas, devem ser expressões reais. O autor destacou que, em ambos os casos, tem-se o binômio tempo-espço, ponteiro norteador da filosofia geográfica. O tratamento tradicional busca as variações espaciais e projeta-se para as generalizações e o tratamento dinâmico enfatiza as variações no tempo e as particularidades genéticas dos fenômenos meteorológicos. Monteiro (1969) ressaltou que a verdadeira compreensão da síntese climática de um lugar advirá do equilíbrio entre os dois tratamentos. Neste trabalho, esses tratamentos são utilizados no entendimento do padrão atmosférico associado às chuvas persistentes na RMBH.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Base de Dados

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados diários climatológicos de 16 estações na RMBH (MAPA 2), das séries históricas da Agência Nacional das Águas (ANA) e do 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (5º Disme/INMET). Esses dados compreendem um período de 35 anos – 1970 a 2005.

O 5º Disme é o órgão oficial de coleta e observação de dados meteorológicos e juntamente com os postos pluviométricos da ANA são as únicas fontes de dados que oferecem uma série histórica de pelo menos 30 anos, recomendadas pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) para estudos de clima e definições em Climatologia.

Os dados de Belo Horizonte têm como fonte o 5º Disme/INMET, localizado a 19°93' de latitude sul e 43°93' de longitude oeste de Greenwich, na Avenida do Contorno nº 8.159, no Bairro Cidade Jardim, na zona sul de Belo Horizonte. O 5º Disme disponibilizou os dados de umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, pressão atmosférica, nebulosidade e temperatura nos três horários sinóticos de 12 h, 18h e 24h TMG, temperatura máxima e temperatura mínima diária, além da precipitação diária. Com base nesses dados, foram calculados na escala diária: a umidade relativa média e velocidade média do vento, a direção preferencial do vento, determinada pela frequência absoluta nos três horários sinóticos, além da temperatura média ponderada, calculada segundo as normas do INMET, sendo:

$T_{md} = (T_{12} + 2x T_{00} + T_{máx} + T_{mín})/5$ , onde  $T_{md}$ : Temperatura média diária,  $T_{12}$ : Temperatura das 12h TMG,  $T_{00}$ : Temperatura de 00h TMG,  $T_{máx}$ : Temperatura máxima diária,  $T_{mín}$ : Temperatura mínima diária.



O processo de tabulação dos dados consistiu na montagem do banco de dados através do software SPSS, com arquivos disponibilizados em extensão \*.xls e \*.mdb. A matriz resultou em 12.991 linhas e 37 colunas (variáveis). Por meio desse software, foram calculadas as médias climatológicas e elaboradas todas as análises estatísticas.

## **4.2 Métodos**

### ***4.2.1 Identificação dos Casos de Precipitação Persistente***

Para determinar os casos de precipitação persistente, optou-se pela precipitação acima de 1 mm em pelo menos 80% dos postos pluviométricos e no mínimo três dias consecutivos, já que nem todos os postos contemplam a série inteira. A princípio, foram identificados os dias com precipitação registrada em todos os postos pluviométricos, porém como 5 dos 16 não têm dados na série inteira de 1970-2005, optou-se pelo registro em 80% deles. Vários testes, a verificação de eventos de ZCAS estudados por Quadro (1994), Sanches e Silva Dias (1996) e o boletim CLIMANÁLISE, a partir dezembro de 1995, fazem a mesma projeção para os eventos de chuvas persistentes feitos para a validação do critério. Essas medidas foram tomadas na tentativa de descartar as chuvas orográficas ou locais, pois os sistemas de larga escala são os maiores responsáveis na distribuição temporal e espacial das chuvas persistentes e intensas. Segundo Cupolillo (1997), apesar da visível influência da orografia na precipitação em Minas Gerais, esta não deve ser a única responsável pelo regime de chuvas; há os processos dinâmicos de larga e média escalas que predominam sobre os efeitos orográficos.

Quadro (1994) estabeleceu, como um dos primeiros critérios na conceituação de ZCAS, a persistência da banda de nebulosidade por pelo menos quatro dias seguidos. Tendo a ZCAS como parâmetro de fenômeno desencadeador de chuvas persistentes, utilizou-se, também, como critério, a persistência da

precipitação por pelo menos três dias. Primeiramente, foi feito um filtro com quatro dias seguidos de chuvas em todas as estações, porém esses casos foram pouco freqüentes, já com três dias notou-se considerável aumento no número de casos de precipitação persistente. Quatro dias seguidos de nebulosidade, não necessariamente, são quatro dias de chuva.

Os casos de precipitação persistente foram identificados com base nos critérios acima definidos. Em cada caso, foi feita a média aritmética do percentual diário de ocorrência de chuva nas 16 estações pluviométricas, a média aritmética da temperatura média ponderada diária, assim como da temperatura máxima, mínima, umidade relativa do ar média e a velocidade média do vento. A direção preferencial do vento foi calculada com base na freqüência absoluta da direção do vento em todos os horários sinóticos nos dias de cada evento. A precipitação foi analisada tendo, como parâmetro, a soma do total diário de chuvas ocorridas em cada posto pluviométrico, seguida pela média espacial dessa precipitação, chamada precipitação média espacial acumulada.

Neste trabalho, foram utilizadas técnicas estatísticas descritivas exploratórias para estabelecer a climatologia dos casos de chuvas persistentes de 1970-2005 e, assim, identificar os episódios indicativos de ocorrência de ZCAS.

#### ***4.2.2 Estatística Descritiva Exploratória***

O primeiro passo na análise dos casos de chuvas persistentes foi à distribuição de freqüências tanto do mês de ocorrência como da categoria de dias seguidos de chuvas. O segundo passo foi a análise de medidas de tendência central, como a média aritmética, mediana e moda das variáveis. As médias incluem: precipitação espacial acumulada, percentual de ocorrências de chuvas nas estações pluviométricas, velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura média compensada, temperatura máxima e temperatura mínima. Foram feitos, também, medidas de variabilidade, como amplitudes entre os valores extremos, desvio-

padrão e variância. Bisquerra *et al.* (2004) destacaram que as medidas de variabilidade são importantes, porque indicam como os valores estão distribuídos.

Na busca pela melhor compreensão da distribuição de cada variável, foi feita a análise dos percentis ou *centis*, que são uma modalidade da Teoria dos Quantis, porém o grupo de indivíduos da amostra é dividido em 100 partes. Um *centil* indica a porcentagem de casos que ficam abaixo de um valor determinado. Essa técnica permite dividir um grupo de indivíduos em grupo menores e iguais entre si, expressando que lugar um indivíduo ocupa no seu grupo (BISQUERRA *et al.*, 2004).

O comportamento da precipitação média acumulada foi associado à categoria dos dias de chuva, com base em um diagrama de extremos e quartis, que dividem a distribuição em quatro partes iguais, sendo que cada parte equivale a 25%. O quartil um corresponde ao valor que fica abaixo de 25%; o dois, de 50%; o três, de 75%; e o quatro, de 100%. Segundo Ferreira (1999), o diagrama de extremos e quartis é uma representação gráfica útil na detecção de *outlier*, ou seja, observações que ficam abaixo de um limite definido pela expressão  $q_1 - 1,5*(q_3 - q_1)$  ou acima de um limite  $q_3 + 1,5*(q_3 - q_1)$ , onde  $q_1$  é quantil um, e assim sucessivamente. Essa representação é útil não só no conhecimento da distribuição normal da amostra, como também na detecção de valores extremos. A análise estatística exploratória permitiu estabelecer a climatologia das variáveis selecionadas.

#### **4.2.3 Identificação dos Episódios de ZCAS**

Dado que o objetivo deste trabalho é entender o padrão atmosférico em baixos níveis associados às chuvas persistentes na RMBH sob a possível influência do fenômeno ZCAS, buscou-se identificar quais episódios de chuvas 2000-2005 na série histórica foram ocasionados pelo fenômeno, tendo como parâmetro de observação o boletim CLIMANÁLISE. A climatologia mostrou que os episódios de precipitação persistentes são comuns a todos os verões, principalmente nos meses de janeiro, novembro e dezembro. Portanto, foram utilizados os casos de 2000-

2005, em razão da limitação de imagens de satélite disponibilizadas na rede e pelo fornecimento de cartas sinóticas nesse período, utilizadas na Técnica Análise Rítmica. Esses episódios foram distribuídos em *quintis*, também uma modalidade das técnicas dos Quantis, sendo a amostra dividida em cinco partes iguais.

#### **4.2.4 A Análise Rítmica Progressiva**

Com base nos fundamentos metodológicos de Monteiro (1969, 1971, 1975, 1991), utilizou-se a técnica da análise rítmica na compreensão da dinâmica atmosférica geradora de alguns dos episódios de chuvas persistentes encontrados. Segundo esse autor, ao lado da técnica, foi dada a liberdade aos pesquisadores na maneira de proceder sua interpretação e utilização, na tentativa de evitar que a produção do Laboratório de Climatologia da USP, onde essa técnica teve maior repercussão, “caísse no enfadonho repetir de uma receita e, ainda, respeitar a individualidade de cada pesquisador” (MONTEIRO, 1991, p. 41).

Segundo esse autor, a primeira estratégia de projeção temporal deve ser a escolha de *anos-padrão*, ou seja, anos representativos dos fenômenos que se pretende estudar, que demonstrem a sucessão habitual dos tipos de tempo – as complexas relações entre os sistemas atmosféricos, o comportamento local da atmosfera e as feições geográficas. O autor ainda destacou: “A meticulosidade da análise, bem como sua complexidade, requer aplicabilidade em anos-padrão e muitas vezes em episódios capazes de retratar correlações mais íntimas entre estes fatos” (MONTEIRO, 1971, p. 17).

Foram escolhidos cinco episódios de chuvas persistentes, verificando-se a ocorrência do fenômeno ZCAS. Primeiro, foram selecionados os casos que representaram à amostra de 2000-2005 com base na mediana e nos dois mais próximos. Os outros foram selecionados mediante à identificação dos cinco episódios mais extremos de precipitação. Qualitativamente, escolheu-se um em que não houve ocorrência de ZCAS e o último, por ser o episódio mais extremo, com

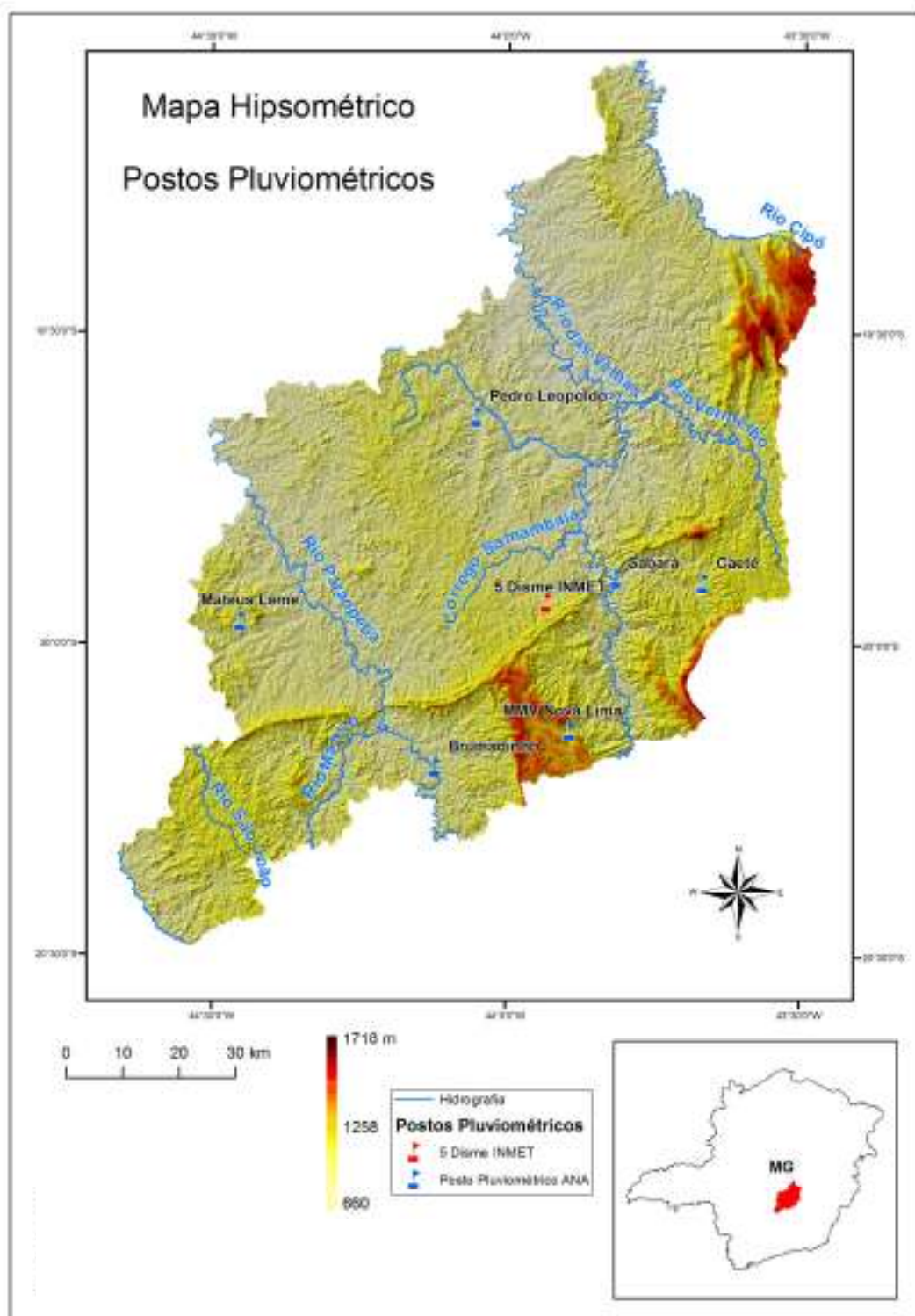
maior número de dias e maior quantidade de precipitação média espacial acumulada.

A técnica proposta por Monteiro consiste na montagem de um gráfico de representação simultânea dos elementos do clima em sua variação diária, acoplada à representação gráfica da seqüência e alternância dos diferentes sistemas meteorológicos envolvidos na circulação secundária ou circulação sinótica:

O ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo (MONTEIRO, 1971, p. 19).

Neste trabalho, foram utilizados histogramas de cada elemento meteorológico observado em superfície, analisado separadamente em cada evento, assim como a interpretação de cartas sinóticas, imagens de satélites e a ilustração dos impactos sociais causados por ele. A compreensão dinâmica da atmosfera, em escala diária, às vezes até horária, requer que suas peculiaridades sejam observadas em detalhe.

Os histogramas de precipitação analisados foram os postos pluviométricos de Mateus Leme (altitude de 846m), Brumadinho (761 m), Nova Lima (1.097 m), Belo Horizonte (5° Disme – 852 m), Caeté (840 m), Sabará (720 m) e Pedro Leopoldo (698 m), escolhidos pela altitude e pela posição geográfica na RMBH, como mostra o MAPA 3. Buscou-se abarcar os quatro pontos cardeais da região e a possível influência da topografia na configuração da precipitação ocorrida. Como se pretende estabelecer o padrão atmosférico das precipitações persistentes associadas a fenômenos atmosféricos de escala sinótica, é importante destacar o comportamento da precipitação no mês, assim como a relevância do episódio e sua distribuição espacial.



MAPA 3 – Mapa hipsométrico da RMBH e a localização das áreas analisadas

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados do Geominas 1:50.000 e 1:100.100/ Laboratório de Geoprocessamento. Colaborador: Vladimir Diniz Vieira Ramos. Dados do Mapa: UTM SAD 69 FUSO 23.

Os histogramas das variáveis meteorológicas disponibilizadas pelo 5º Disme/INMET incluem pressão, umidade relativa do ar, temperatura e nebulosidade, em cada mês de ocorrência dos eventos. A direção do vento é a variável de superfície que oferece indícios do comportamento da circulação atmosférica. Por ser importante na compreensão dos fenômenos meteorológicos predominantes na *circulação secundária*, ela é analisada na escala horária, representada por setas que mostram a direção e o sentido do vento nos três horários diários de observação no 5º Distrito de Meteorologia.

Segundo Monteiro (1971), a interpretação da seqüência de tipos de tempo requer dois elementos fundamentais: a *radiação*, tratando das componentes verticais, sob influência da latitude. Entende-se, aqui, que a observação diária das variáveis temperatura, pressão, umidade e nebulosidade cumpre esse requisito. O segundo elemento é a *circulação secundária* ou estudo sinótico, representando as componentes horizontais. Monteiro destacou que a compreensão climática emana da íntima relação dessas componentes.

A compreensão da circulação atmosférica regional é feita mediante a descrição e a comparação dos sistemas sinóticos representados nas cartas sinóticas de superfície, imagens de satélites, campos de anomalia de radiação de onda longa (ROL) em 300hPa e escoamento médio das componentes zonal e meridional do vento em 850hPa, analisados juntamente no período de ocorrência dos casos de precipitação persistente. As cartas sinóticas de superfície, fornecidas pelo Serviço Meteorológico da Marinha, foram utilizadas no horário de 12h TMG (9h local). As imagens utilizadas foram as IR (radiação infravermelha), disponibilizadas pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE), sendo analisadas em todos os horários disponibilizados e apresentadas nos horários de maior relevância dos episódios estudados na RMBH. Os campos diários de anomalia de ROL e escoamento médio das componentes do vento foram disponibilizados pelo Earth System Laboratory da National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA), em uma resolução 1,5° X 1,5° de latitude – o primeiro é anomalia diária e, o segundo, média diária.

Os campos de anomalia de ROL são importantes na identificação da banda de nebulosidade, assim como sua localização e variação ao longo dos dias do episódio. O módulo anomalia é importante porque quanto maior essa anomalia ( $W/m^2$ ), mais profundas são as células convectivas e, portanto, causam maiores totais pluviométricos. As componentes do vento zonal e meridional são fundamentais na mensuração do escoamento em baixos níveis, assim como na mensuração da zona de convergência entre as massas de ar em baixos níveis, desde a Região Centro-Oeste ao Oceano Atlântico.

Segundo Monteiro (1971, p. 13), a análise da circulação atmosférica deve ser feita por meio de cartas sinóticas, porém no início da década de 1970, o autor já recomendava o uso de imagens de satélites:

As cartas sinóticas do Departamento de Meteorologia e da Diretoria de Rotas Aéreas podem ser complementadas pelas nefanálises dos satélites meteorológicos, disponíveis entre nós de modo fragmentário a partir de 1966, e de modo mais sistemático a partir do final de 1968.

O autor ressaltou o avanço das tecnologias e o seu aproveitamento para o progresso da Ciência. A utilização de campos ROL e das componentes do vento vem consolidar a compreensão da circulação atmosférica, colaborando para o progresso da técnica análise rítmica.

#### ***4.2.5 Os impactos Sócio-ambientais Causados pelos Episódios de Chuvas Persistentes***

A identificação dos principais impactos sociais e ambientais das precipitações persistentes na RMBH se deu pela ilustração dos danos noticiados pelo Jornal ESTADO DE MINAS, principal Jornal escrito do Estado, que possui arquivo disponível na internet para assinantes. Utilizou-se de noticiários no período de ocorrência dos cinco episódios de chuvas sistematicamente analisados através da Técnica Análise Rítmica Progressiva. A ilustração é um fator de contribuição para essa técnica, pois permite associar a repercussão do episódio à sua gênese.

## **5 RESULTADOS**

### **5.1 Estatística Descritiva Exploratória**

#### ***5.1.1 A Climatologia da Precipitação Persistente na RMBH***

Os eventos de chuvas persistentes encontrados de 1970 a 2005 totalizaram 274 casos com pelo menos três dias seguidos (TAB. 8, ANEXO A). Segue-se a análise descritiva desses casos, onde se notou que esses eventos ocorreram, preferencialmente, nos meses de janeiro, dezembro e novembro, bem como nos meses de fevereiro e março, como mostra o GRAF. 3. Os eventos de precipitação persistentes apresentaram a mesma distribuição climatológica dos totais mensais de chuvas visto no GRAF. 2, ou seja, as chuvas persistentes caracterizam a estação chuvosa da RMBH. Nimer (1979) observou o mesmo período para a climatologia da precipitação média mensal da Região Sudeste do Brasil.

Os outros meses apresentaram menor frequência de casos de chuvas persistentes e estão, provavelmente, associados à passagem de sistemas frontais, principalmente durante o inverno. Segundo Monteiro (1969), nessa estação do ano, os sistemas frontais representam o único mecanismo gerador de chuvas. Estudos recentes indicam que variações na frequência dos sistemas frontais estão associadas à variabilidade de sistemas climáticos de larga-escala como El Niño e La Niña.

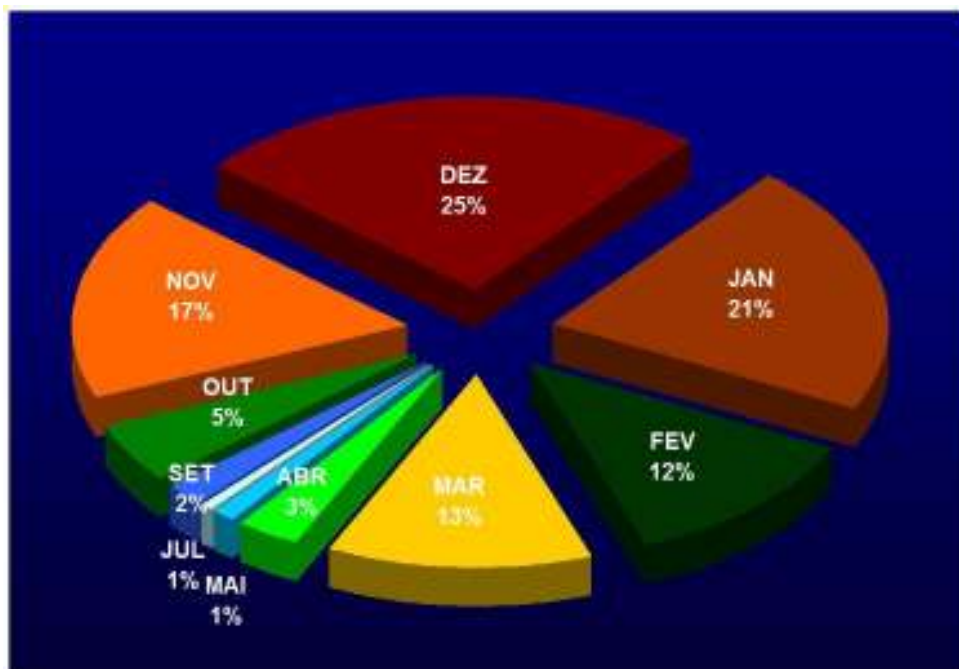


GRÁFICO 3 – Histograma dos meses de ocorrência dos eventos de chuvas persistentes de 1970-2005.  
Fonte dos dados: 5º Disme/INMET e ANA.

Nos gráficos seguintes apresentam-se um histograma do percentual da categoria de dias de chuvas seguidos e a distribuição dessas categorias em relação aos meses do ano. Nota-se no GRAF. 4 que os casos de três dias de chuvas seguidos representaram 34% de todos os eventos e ocorrendo, praticamente, em todos os meses do ano, como mostra o GRAF. 5, assim como a categoria de quatro dias, que representa 23% dos casos de chuvas contínuas. Ressalta-se que grande parte desses casos de três ou quatro dias ocorreu nos meses de verão, coerente com o GRAF. 3, onde se vê que 63% dos eventos de precipitação persistentes foram no trimestre novembro, dezembro e janeiro. As categorias acima de quatro dias de chuvas, além de serem menos frequentes, somente ocorreram nos meses de verão. Cinco dias seguidos de chuvas podem ocorrer em todos os meses da estação chuvosa, de setembro a março. De seis a dez dias, em quase todos os meses do período chuvoso da RMBH e superior a doze dias consecutivos de chuvas, só nos meses de novembro, dezembro e janeiro.

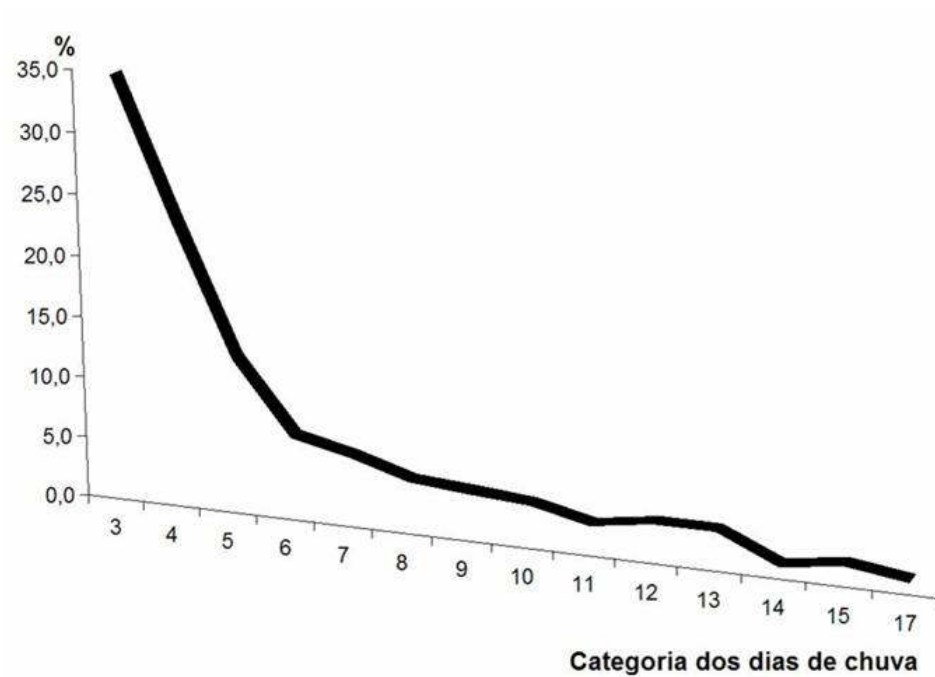


GRÁFICO 4 – Histograma da categoria de dias de chuvas seguidos.  
Fonte de dados: 5º Disme/INMET e ANA.

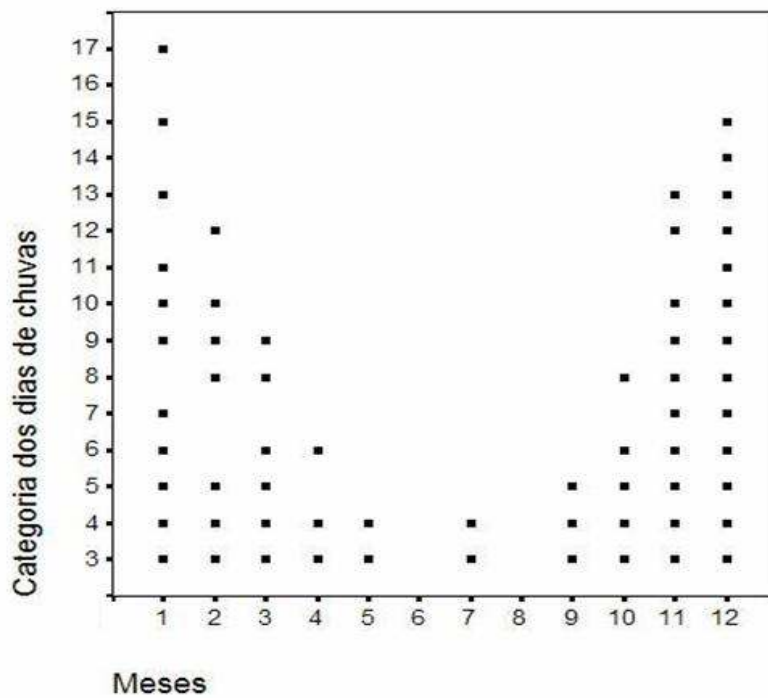


GRÁFICO 5 – Distribuição das categorias dos dias de chuva seguidos nos meses do ano.  
Fonte de dados: 5º Disme/INMET e ANA.

### 5.1.2 Análise Exploratória das Variáveis Meteorológicas

A TAB. 1 mostra a estatística descritiva de algumas variáveis, como a quantidade de precipitação média espacial acumulada (CHUVA – mm), porcentagem das estações pluviométricas com ocorrência de chuvas (percentual das estações), a umidade relativa do ar (UR média – %), a velocidade do vento (VEL VENTO – m/s), a temperatura do ar média compensada (TMC – °C), a temperatura máxima (Tmáx. – °C) e mínima (Tmin. – °C), médias de ocorrência nos eventos de chuvas persistentes.

TABELA 1  
Estatística descritiva dos casos de chuvas persistentes na RMBH de 1970-2005

		CHUVA (mm)	PERCENTUAL DAS ESTAÇÕES	VEL VENTO (m/s)	UR MÉDIA (%)	TMC (°C)	Tmáx (°C)	Tmin (°C)
N (n° de casos)	Válido	274	274	272	272	269	272	270
	Missing	0	0	2	2	5	2	4
Média		104	94	1	84	21	26	18,5
Mediana		72	95	1	85	22	26	19
Moda			100	1	79	21	25	18,5
Desvio-padrão		81	4	0,5	6	1,4	1,9	1,2
Variância		6.499	16	0,2	41	1,9	3,8	1,6
Varição entre o máximo e o mínimo		508	20	4	61	10	13	11,73
Mínimo		15	80	0	37	15	19	12
Máximo		523	100	4	97	25	32	23
Percentiles	10	35	88	0,9	76	20,0	23,6	17,1
	25	47	92	1	80	20,8	24,9	18,0
	50	72	95	1,2	85	21,6	26,1	18,7
	60	97	96	1,3	87	21,9	26,5	18,9
	75	131	97	1,5	88	22,3	27,2	19,2
	90	219	99	1,9	92	23,1	28,3	19,7

Fonte de dados: 5° Disme/INMET e ANA

Observou-se, na TAB. 1, que a precipitação média espacial acumulada apresentou alta variação entre o valor máximo e o mínimo e, conseqüentemente, um desvio-padrão elevado e um alto coeficiente de variabilidade – aproximadamente 80%. Pelos *percentis*, notou-se que 60% dos casos têm precipitação acumulada até



Os casos de oito dias iniciaram os que apresentaram maior intervalo entre os valores máximo e mínimo na amostra de cada categoria, primeiro pelo menor número de eventos e, segundo, pela quantidade de dias de chuvas seguidos que atinge os maiores totais acumulados. Para esse, o valor mínimo correspondeu a 98 mm e o máximo a 255 mm e mediana igual a 154 mm. Os casos de nove dias apresentaram valores entre 101 e 316 mm e a mediana correspondente a 135 mm. Nos casos de dez, os totais variaram entre 147 a 339 mm e a mediana foi igual 237 mm. Nos casos de onze dias de chuvas seguidos, notou-se que a maior diferença encontrou-se abaixo da mediana, igual a 254 mm, com valores extremos de 157 e 269 mm. A categoria de doze dias apresentou uma distribuição homogênea, o mínimo e máximo de 176 e 330 mm, respectivamente, e mediana igual a 246 mm. Os casos de treze dias apresentaram uma diferença maior entre os valores no primeiro quartil, com o valor mínimo igual a 153 mm, mediana de 276 mm e valor máximo igual a 363 mm. O caso de quatorze dias correspondeu a um único evento, com aproximadamente 200 mm acumulados, assim como o evento de dezessete dias, com 432 mm. O caso de maior altura de precipitação acumulada ocorreu na categoria de quinze dias de chuvas, com 523 mm acumulados. A mediana foi igual a 301 mm e o menor valor nessa categoria teve 227 mm.

A precipitação analisada ocorreu, simultaneamente, em pelo menos 80% das estações pluviométricas da RMBH. Na TAB. 1, a variável percentual das estações mostra a média de ocorrência correspondeu a 94% das estações, com desvio-padrão de 4. Os percentis indicaram que pouco menos de 25% dos eventos de chuvas persistentes não tiveram precipitação em mais de 90% das estações, ou seja, os sistemas atmosféricos de escala sinótica ocasionam precipitação em toda a Região Metropolitana.

No banco de dados da Umidade Relativa Média Diária houve dois casos em que não havia dados, portanto aparecem como *missing* na TAB. 1. Os percentis mostram que 10% dos eventos tiveram valor abaixo de 76% de UR. Nesta época do ano, casos de chuvas persistentes estão associados a uma grande disponibilidade de vapor d'água na atmosfera, originando alta umidade relativa do ar, apesar da elevada temperatura. Os casos de menor valor de UR podem estar associados a

eventos ocorridos no inverno, período que a média da umidade relativa do ar é de 68,7% para o mês de julho, segundo as normais climatológicas (1992).

As temperaturas média compensada (TMC), máxima (Tmax) e a mínima (Tmin) aproximaram-se do critério de distribuição normal de uma amostra ou lei normal (BISQUERRA *et al.*, 2004), pois, em ambas as variáveis, os valores da média, mediana e moda foram praticamente o mesmo. Os percentis indicaram que 80% dos casos apresentaram TMC entre 20° a 23° C, temperatura máxima entre 24° a 28° C e temperatura mínima entre 18° a 20°C.

A velocidade do vento apresentou uma distribuição normal dos casos, com ventos variando entre 0 a 4m/s, com 80% dos eventos com velocidades entre 1 e 1,9m/s. A direção do vento foi analisada segundo a freqüência absoluta em cada caso. Pelo GRAF. 7, observa-se que 40% dos eventos tiveram a direção preferencial de leste. A climatologia da direção do vento em Belo Horizonte é predominantemente desse quadrante devido à atuação do anticiclone subtropical do Atlântico Sul, que determina o escoamento do vento em baixos níveis, praticamente durante o ano inteiro, como foi mostrado na FIG. 2. O fenômeno ZCAS atua na Região Sudeste brasileira com orientação NW-SE. Segundo Quadro (1994), uma das características desse fenômeno é a convergência de umidade nos níveis médios e em 850hPa com direção NW-SE, que transporta a umidade da Região Amazônica à Região Sudeste do Brasil. Barroso (2004) sugeriu que grande parte da precipitação, com acúmulo diário acima de 40 mm, estivesse associada a ventos com direção predominante do quadrante W/NW/N. O GRAF. 7 indicou que os percentuais dessas direções representaram, juntas, 35% dos casos de chuvas persistentes.

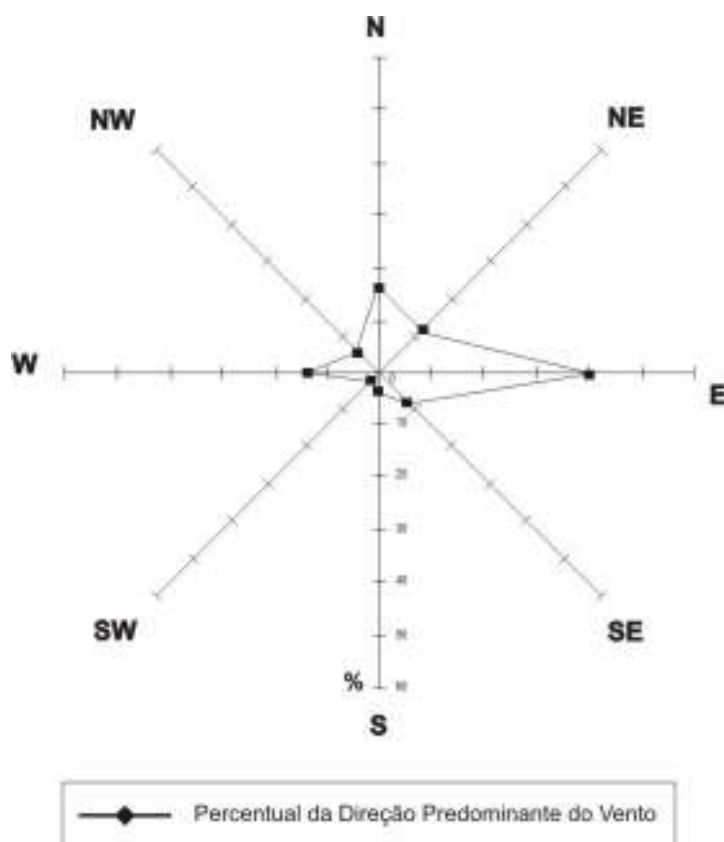


GRÁFICO 7 – Percentual da direção predominante do vento em Belo Horizonte de 1970-2005.

Fonte de dados: 5ºDisme/INMET.

Por outro lado, já é bastante conhecido na comunidade científica que a principal perturbação atmosférica responsável pela precipitação e pela mudança de temperatura em quase todo o país são os sistemas frontais. Esses sistemas atingem o Sudeste brasileiro durante o ano inteiro e, no verão, estão normalmente associados à precipitação, dada à sua estacionaridade e associação com a convecção tropical, podendo originar a ZCAS. As diferentes categorias de precipitações persistentes devem estar relacionadas às peculiaridades de cada sistema atmosférico, o que espera ser verificada no uso da técnica análise rítmica e no entendimento dinâmico dos processos atmosféricos desencadeadores de precipitações persistentes em toda a RMBH.

## 5.2 Os casos de chuvas e os eventos de ZCAS

A TAB. 2 mostra 55 episódios de chuvas persistentes no período de 2000-2005, dos quais 26 coincidem com a ocorrência de ZCAS registrada no boletim CLIMANÁLISE. Essa tabela está ordenada com base na precipitação média espacial acumulada (Chuva – mm) e, em seguida, pelo número médio de dias de chuvas nos 16 postos pluviométricos (nDias), o mês de ocorrência e os dias. A tabela sugeriu que quanto maior a quantidade de precipitação média espacial acumulada, maior a relação com o fenômeno ZCAS.

A TAB. 2 também sugeriu que o fenômeno só ocorre nos meses de verão de novembro a março na RMBH, o que é consistente com a literatura. A frequência dos casos de chuvas nos meses de ocorrência nos *quintis* (Q) indica que no Q1 há maior recorrência de casos em março, porém sem a atuação do fenômeno ZCAS. No Q2, o mês de maior frequência é janeiro, porém só um caso ocorreu no mesmo período de ZCAS. No Q3, onde se encontra a média, mediana e moda, tanto para ndias como do total de chuva (mm), novembro é o mês de maior frequência, sendo metade dos casos ocorridos no mesmo período de eventos de ZCAS. No Q4, houve maior recorrência de fevereiro; de três casos, dois ocorreram coincidentes com eventos de ZCAS observados pelo CLIMANÁLISE, e, no Q5, dezembro foi o mês de maior frequência, dos seis episódios ocorridos nesse mês, somente um não coincidiu com o fenômeno.

Pelos *quintis*, notou-se, também, que o Q3 representa um divisor, separando a amostra em dois grupos distintos. O primeiro formado pelo Q1 e Q2, com precipitação acumulada até 61 mm e com no máximo cinco dias de chuvas, e o segundo, Q4 e Q5, com precipitação acumulada superior a 100 mm, maior variabilidade de dias seguidos de precipitação, desde 3 a 13 dias de chuvas, e maior relação com o fenômeno ZCAS.

TABELA 2  
Os episódios de chuvas persistentes na RMBH de 2000-2005

Quartil	Caso	Ano	Mes	Dias	nDias	Chuva (mm)	ZCAS
Q1	1	2003	4	5-7	3	19	
	2	2004	4	11-13	3	25	
	3	2001	10	8-10	3	25	
	4	2002	3	15-17	3	27	
	5	2000	3	16-19	4	32	
	6	2005	3	16-19	3	35	15-20
	7	2002	12	24-26	3	36	
	8	2000	1	20-22	3	38	21-24
	9	2005	5	23-26	4	39	
	10	2005	11	8-11	4	43	
	11	2004	3	4-7	4	43	
Q2	12	2005	1	27-31	5	48	
	13	2005	11	24-27	3	49	24-28
	14	2003	11	1-3	3	52	
	15	2005	12	7-10	4	57	
	16	2001	3	10-13	4	57	
	17	2001	10	20-22	3	57	
	18	2001	1	21-24	4	58	
	19	2004	2	15-19	5	60	
	20	2000	12	28-31	4	60	
	21	2005	2	18-20	3	61	13-22
	22	2005	1	17-20	4	61	17-21
Q3	23	2001	11	1-5	5	66	1-6
	24	2004	2	21-24	3	66	20-24
	25	2005	11	1-5	5	69	
	26	2002	9	22-26	5	71	
	27	2004	12	9-13	5	85	9-14
	28	2000	11	4-8	5	92	
	29	2005	11	18-21	4	95	17-21
	30	2002	11	1-8	7	97	
	31	2000	11	27-7	9	101	1-8 DEZ
	32	2001	1	1-4	4	103	1-4
	33	2000	1	1-5	5	105	1-8
Q4	34	2003	3	12-20	9	109	
	35	2004	2	8-12	5	109	7-11
	36	2000	2	6-10	5	109	6-13
	37	2002	2	8-11	4	111	4-7
	38	2000	3	10-13	4	116	
	39	2001	11	12-21	9	116	16-21
	40	2002	1	25-3	7	120	
	41	2001	12	17-20	4	121	17-21
	42	2000	12	18-22	3	130	17-22
	43	2000	11	12-18	7	131	
	44	2002	1	14-20	6	135	
Q5	45	2005	12	11-15	5	140	11-16
	46	2002	2	16-25	10	147	16-24
	47	2003	12	1-8	8	152	
	48	2005	3	1-6	6	175	1-7
	49	2001	12	24-3	11	195	24-28
	50	2004	12	19-25	7	208	21-25
	51	2000	1	26-3	10	253	
	52	2002	12	30-9	10	254	27-7
	53	2002	12	7-18	12	279	10-16
	54	2003	1	14-22	9	316	13-19
	55	2004	1	2-16	13	345	2-6/10-20

Fonte de dados: 5º Disme/INMET e ANA

### **5.3 Análise rítmica**

A análise rítmica, como destacado, é uma abordagem essencialmente dinâmica, “uma visão de conjunto do tempo, o todo de onde se decompõem os elementos do clima, embora conservados em suas correlações e preservados em sua sucessão” (MONTEIRO, 1969, p.18). Segundo o autor, o ritmo climático deve ser compreendido por meio da representação dos elementos meteorológicos observados em superfície, de forma associada à circulação atmosférica regional. Com base nos eventos de precipitação encontrada na TAB. 2 foram selecionados os casos estudados por meio da análise rítmica.

#### **5.3.1 As chuvas de janeiro de 2000**

Janeiro e dezembro são os meses de maior número de dias de chuvas seguidos e, conseqüentemente, maiores impactos sociais. Na TAB. 2 observou-se que o episódio 51, com 253 mm acumulados em dez dias, está entre os cinco casos mais extremos de 2000 a 2005 e sem ocorrência do fenômeno ZCAS (CLIMANÁLISE, 2000, v. 15, n. 1).

Os GRAF. 8 a 14 mostram que o primeiro episódio de chuvas contínuas nesse mês ocorreu nos quatro a cinco primeiros dias de janeiro. O segundo ocorreu após um período de estiagem (veranico), e o terceiro de 25 a 3 de fevereiro. O CLIMANÁLISE (2000, v. 15, n. 1) destacou que os primeiros dias foram marcados pelas fortes chuvas que atingiram a Região do Vale do Paraíba (SP e o sul do RJ) e o sul de Minas Gerais, com anomalias positivas de precipitação de 50%. Na RMBH, esse evento acumulou, em média dos postos estudados, 105 mm, o segundo apenas 35 mm, e no terceiro episódio acumularam-se 253 mm. O boletim destacou que, nesse mês, o fenômeno ZCAS atuou no período de 1° a 8 e de 21 a 24, porém as chuvas intensificaram-se a partir do dia 25. Esse terceiro episódio, portanto, foi objeto de investigação com base na técnica análise rítmica.

No dia 26 de janeiro ocorreu o maior registro pluviométrico de Belo Horizonte – 65 mm acumulados. No restante das localidades analisadas, ocorreu dia 28, exceto em Sabará, cujo maior acúmulo de chuvas ocorreu dia 31 (68 mm), embora no dia 28 tenha sido registrado aproximadamente 60 mm. Os maiores totais acumulados de chuva no dia 28 ocorreram nas localidades ao sul de Belo Horizonte, no eixo NW-SE, Mateus Leme (111 mm), Brumadinho (90 mm) e Nova Lima (116 mm), como pode ser visto no MAPA 3. A classificação para uso de alertas meteorológicos em Minas Gerais caracteriza as chuvas diárias acumuladas acima de 50 mm como extremamente fortes, 30 a 50 mm como chuvas fortes e de 10 a 30 mm como chuvas moderadas (REIS *et al.*, 2004). Em quase todas as localidades, notou-se que as chuvas foram fortes a extremamente fortes em pelo menos três dias desse episódio.

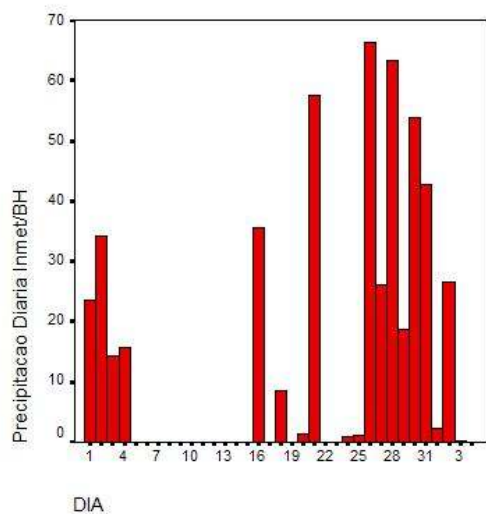


GRÁFICO 8 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

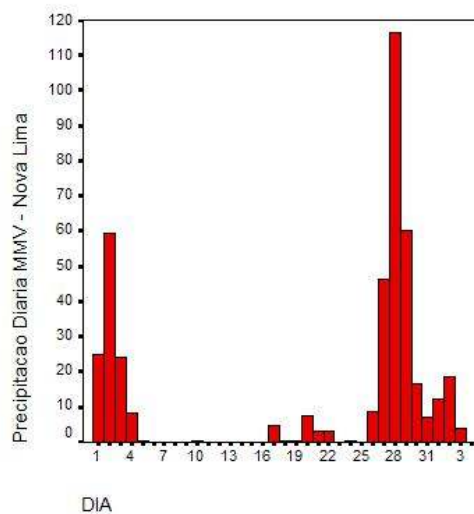


GRÁFICO 9 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Nova Lima.

Fonte de dados: Disponível em:

[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).

Acesso em: 10 mar. 2005.

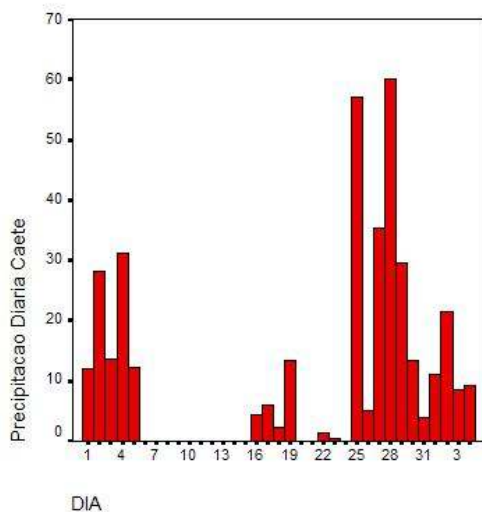


GRÁFICO 10 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Caeté.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 10 mar. 2005.

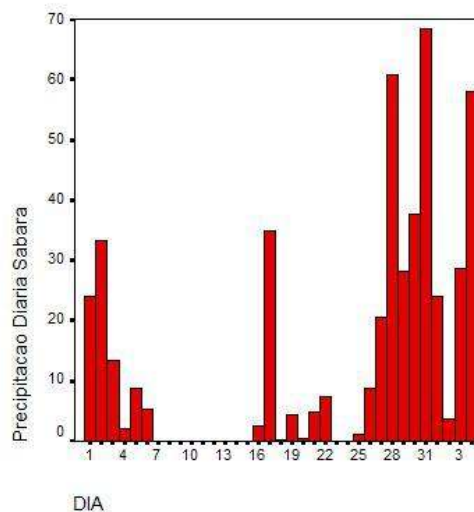


GRÁFICO 11 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Sabará.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 10 mar. 2005.

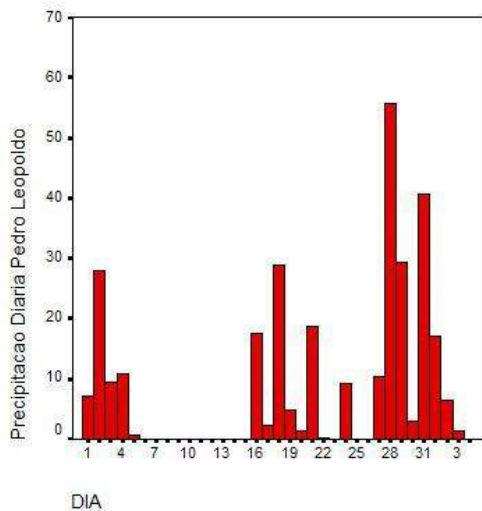


GRÁFICO 12 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Pedro Leopoldo.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 10 mar. 2005.

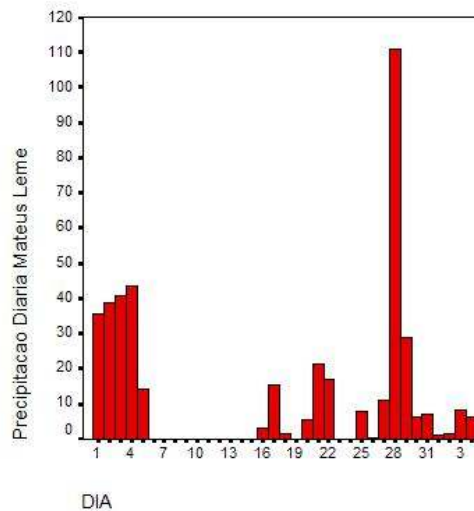


GRÁFICO 13 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Mateus Leme.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 10 mar. 2005.

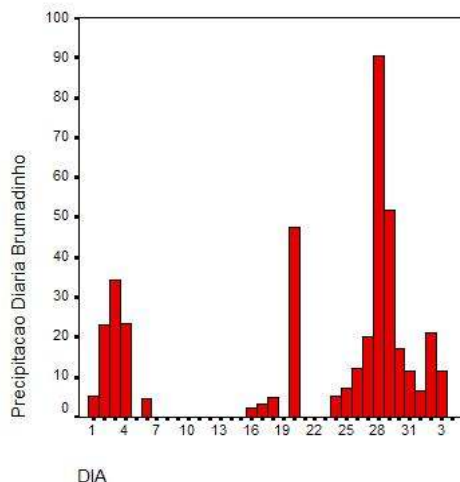


GRÁFICO 14 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2000 em Brumadinho.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 10 mar. 2005.

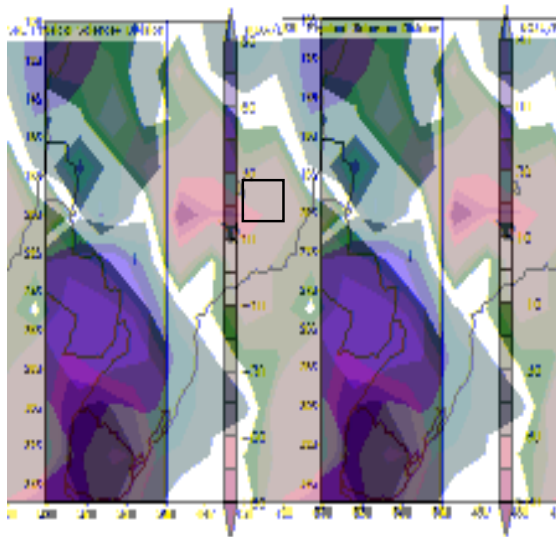
Na análise sinótica, que permitiu identificar tipos de sistemas atmosféricos dinâmicos que predominaram em janeiro e resultaram nas variáveis atmosféricas observadas em superfície, observou-se o lento deslocamento do sistema frontal (SF) que atuou na costa sudeste brasileira do dia 25 a 2 de fevereiro. As imagens de satélite IR, que também foram utilizadas na compreensão da dinâmica atmosférica, confirmaram o deslocamento lento do SF, que atingiu o sul de Minas no dia 26 e perdurou sobre o Estado até o dia 30, o que ocasionou as chuvas observadas no período. Nesse dia, um novo ciclone extratropical penetrou no sul do país e associou-se à intensa atividade convectiva sobre o continente, principalmente na Região Centro-Oeste, sendo responsável por um novo pico de precipitações extremamente fortes a fortes na RMBH, registrado no dia 31 em Sabará e Pedro Leopoldo (GRAF. 11 e 12).

No dia 26, a zona frontal atingiu a Região Sudeste brasileira, que se alinhou à intensa atividade convectiva presente na Região Centro-Oeste e originou a banda de nebulosidade desde o sul de Rondônia ao Oceano Atlântico no sentido NW-SE indicada pela anomalia negativa de ROL na FIG. 7. A imagem de satélite IR

(FIG. 8) registrou a intensa nebulosidade convectiva associada ao sistema frontal sobre o Estado de Minas Gerais, como destacado no campo de anomalia de ROL.

No GRAF. 15, notou-se que a UR subiu 20% no dia 26, em relação ao dia anterior, e diminuiu 10% entre os dias 29 e 30. O GRAF. 18 ilustra a nebulosidade no período do dia 26 a 1º de fevereiro. O céu esteve totalmente encoberto, com a temperatura máxima sofrendo uma queda de aproximadamente 10°C (GRAF. 17) após dois dias de máxima nebulosidade nos três horários de observação. A temperatura máxima tem uma relação proporcionalmente inversa com a nebulosidade, devido ao seu elevado albedo (AYOADE, 2004).

Em altos níveis, observou-se (FIG. 8) a circulação da Alta da Bolívia identificada pela orientação das nuvens cirros na região NW do Mato Grosso do Sul, Bolívia e norte do Paraguai. Notou-se que a circulação em altos níveis na porção central do Brasil acompanhou esse giro anticiclônico da Alta. Essa circulação foi decorrente do intenso processo convectivo que se verificou no continente. Segundo Quadro (1994), a presença da Alta da Bolívia no continente sul-americano se dá pelo aquecimento atmosférico da média troposfera, onde a liberação de calor latente por condensação aquece a média troposfera como consequência do aquecimento do continente no verão no HS, como se verifica na carta sinótica (ANEXO B) desse dia 26/1/2000 pela presença de núcleos de baixa pressão e a expansão da massa equatorial continental (mEc).



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
 FIGURA 7 – Campo de anomalia de ROL em  $W/m^2$  - 26 de janeiro de 2000, topo da atmosfera.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).  
 Acesso em: 10 jan. 2007.

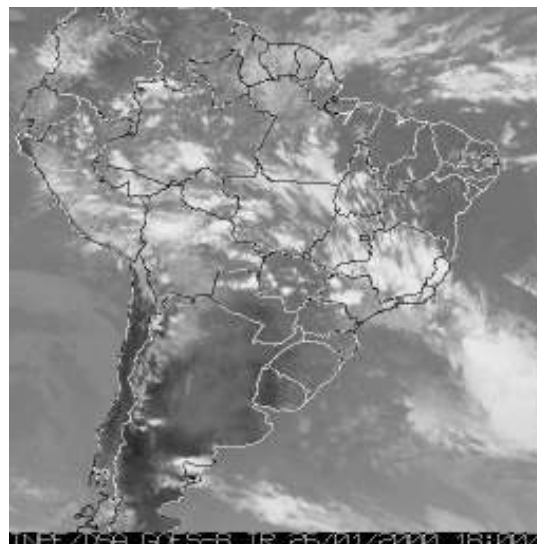
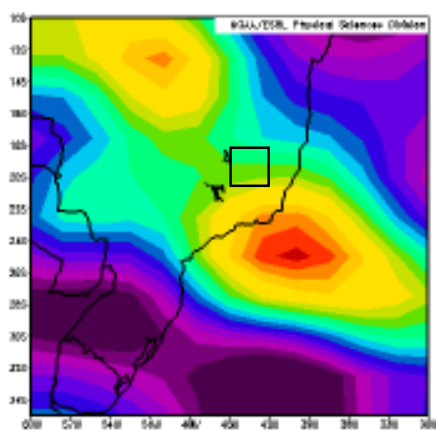


FIGURA 8 – Imagem IR GÓES-8 em 26/1/2000 às 18h TMG.

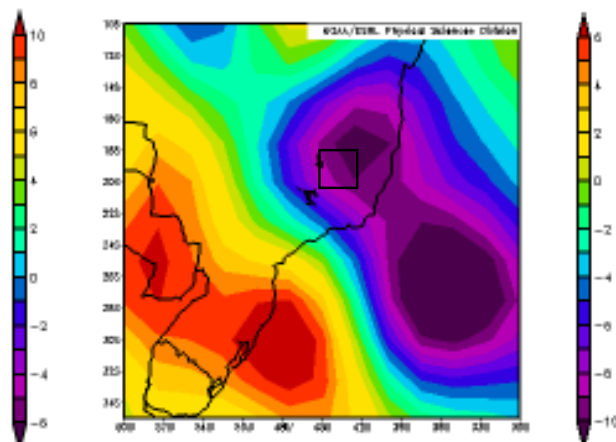
Fonte: Disponível em:  
<http://satelites.cptec.inpe.br>.  
 Acesso em: 15 out. 2006.

Nas FIG. 9 e 10 mostram-se os campos de ventos zonal (componente leste-oeste do vento) e meridional (componente norte-sul) em 850hPa (aproximadamente 1.500 m), que representou o escoamento na baixa troposfera. A faixa de anomalias negativas de ROL vista na FIG. 7 apresentou predomínio de escoamento positivo na componente zonal e negativo na componente meridional. A análise qualitativa dos dois campos indicou um escoamento de NW-SE. Essa direção condiz com o esperado em eventos de ZCAS, quando a umidade é advectada nos baixos níveis desde o sul da Amazônia para o sudeste do Brasil. O transporte de umidade alimenta a associação entre o sistema frontal e a convecção continental, resultando em intensa cobertura de nuvens convectivas de grande extensão espacial, que causam chuvas fortes e contínuas, como observado na RMBH nesse período.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
 FIGURA 9 – Campos de vento médio zonal em m/s em 850hPa para 26/01/2000.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).  
 Acesso em: 10 jan. 2007.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
 FIGURA 10 – Campos de vento médio meridional em m/s em 850hPa para 26/01/2000.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).  
 Acesso em: 10 jan. 2007.

As características atmosféricas associadas ao fenômeno ZCAS perduraram nos dias 26 e 27. Os campos de ROL mostraram que, nos dias 28 e 29, não houve associação da banda frontal com a convecção tropical. Na TAB. 3, observou-se que os ventos em superfície tiveram uma mudança na direção às 18h TMG no dia 25 e nos dias 26 e 27 predominaram de N, já nos dias 28 e 29 predominaram do quadrante NE/E/SE. O GRAF. 18 indicou que a pressão média diária apresentou tendência negativa a partir do dia 19, com registro de pressões relativamente mais baixas nos primeiros dias de precipitação e associadas às características atmosféricas de ZCAS, e aumentou abruptamente nos dias 28, 29 e 30, quando o anticiclone polar migratório atuou na RMBH.

Segundo a definição de Quadro (1994), o fenômeno ZCAS caracteriza-se pela persistência da banda de nebulosidade por pelo menos quatro dias. A análise qualitativa dos dois campos (zonal e meridional) mostrou que o escoamento passou a predominar de NE nos dias 29 e 30. No dia seguinte, o novo ciclone entrou em processo ciclogênese na Região Sudeste, o que ocasionou o aumento de intensidade das chuvas em algumas localidades da RMBH. Esse sistema não permaneceu estacionário na região de estudo e no dia 3 já se encontrava no sul da Bahia.

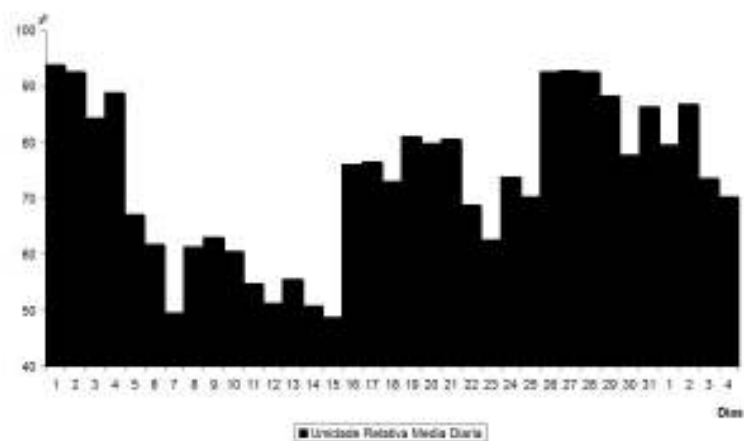


GRÁFICO 15 – Histograma de umidade relativa do ar média diária de janeiro de 2000 em Belo Horizonte.  
Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

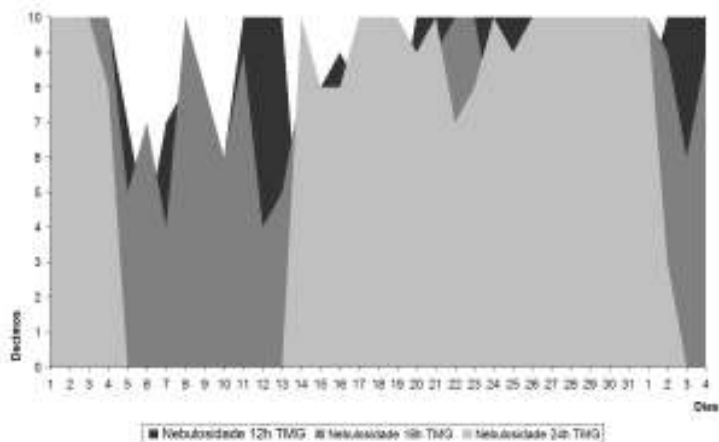


GRÁFICO 16 – Histograma de nebulosidade de janeiro de 2000 em Belo Horizonte  
Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

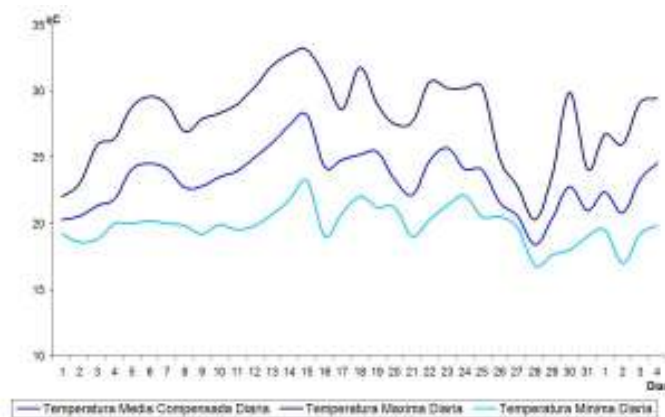


GRÁFICO 17 – Linha poligonal da temperatura média compensada, temperatura máxima e mínima de janeiro de 2000 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

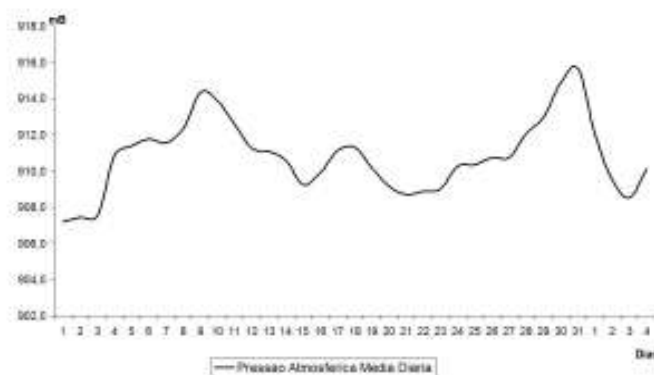


GRÁFICO 18 – Linha poligonal da pressão atmosférica média diária a superfície de janeiro de 2000 em Belo Horizonte

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

TABELA 3  
Direção e sentido do vento em superfície em Belo Horizonte – Janeiro de 2000

Dia / Horario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
12h TMG	→	→	↓	→	↙	←	←	←	←	←	←	
18h TMG	↗	↘	↘	↘	←	←	←	←	←	↙	↓	
24h TMG	→	↓	↙	←	↙	←	←	←	←	←	←	
Dia / Horario	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
12h TMG	←	↘	↘	↙	↙	→	→	↙	↘	←	←	←
18h TMG	↘	→	→	→	→	↗	→	→	↘	↓	↗	↙
24h TMG	←	←	←	→	→	←	↑	↘	↙	←	←	←
Dia / Horario	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4
12h TMG	←	↙	↓	↓	↙	←	↙	←	↓	↓	↓	↓
18h TMG	←	↘	↓	↓	↘	↙	↓	→	↘	↘	→	↘
24h TMG	←	←	↓	↑	↙	←	←	←	↘	↘	↘	↘

Fonte de dados: 5º Disme/INMET

### 5.3.1.1 Os impactos sócio-ambientais do episódio de chuvas de 25 janeiro a 3 de fevereiro de 2000

Os impactos das chuvas ocorridas durante o verão são bastante comuns nos noticiários de jornais, normalmente associados a enchentes, desabamentos de residências, deslizamentos de encostas, queda de energia, etc. Muitos dos problemas físico-ambientais estão associados à ocupação desordenada do espaço geográfico das grandes metrópoles brasileiras. Ferreira (1996) observou que os maiores impactos ambientais causados por eventos extremos de precipitação advêm do crescimento desordenado de Belo Horizonte, principalmente associado à ocupação irregular em áreas de encostas.

Durante o período de 25 de janeiro a 3 de fevereiro houve várias reportagens sobre os impactos das chuvas na RMBH. Na FIG. 11, observou-se que as chuvas originadas do sistema frontal associado ao intenso processo convectivo no continente brasileiro causaram perdas de vidas em Belo Horizonte, assim como diversos impactos em outras cidades do Estado de Minas e toda Região SE. No dia 27, o Jornal ESTADO DE MINAS descreveu a chuva forte que ocorreu no dia

anterior em Belo Horizonte (FIG. 12), onde foram registradas as chuvas mais intensas (65 mm) da RMBH.



**BOMBEIROS E MORADORES** tentaram em vão resgatar a pequena Beatriz sob os escombros

## Temporal mata menina em BH

Um temporal castigou Belo Horizonte ontem, levando desespero a famílias que moram em áreas de risco. A menina Beatriz, de 5 anos, morreu soterrada por lama e concreto após o desabamento de um muro de arrimo sobre o barracão em que estava, no Bairro Alvorada, região Noroeste. A possibilidade de novos desmoronamentos coloca as áreas de risco e a

defesa civil em alerta. No Sul de Minas, as cidades banhadas pelo rio Verde temem novas inundações. Choveu muito nos últimos dias e o nível das águas voltou a subir. Bocaiuva, no Norte do Estado, está sem água. ■ As chuvas também castigam o Rio de Janeiro e São Paulo.

PÁGINAS 7, 25 E 32

FIGURA 11 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 27 jan. 2000.

Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 15 fev. 2007.

## Frente fria explica temporal

GUSTAVO WERNECK

Chuva forte, galhos se desprendendo do alto das árvores em direção aos carros, vento virando as sombrinhas pelo avesso. O belo-horizontino viveu ontem mais uma "hora do almoço" ocorrendo da tempestade e com medo de que a água se tornasse mais um embaraço de problemas. A precipitação acabou variando à tarde e noite, com previsão, feita pelo 5º Distrito (Distrito de Meteorologia) de só ir embora amanhã.

Tanta água, durante o dia, teve um motivo especial. Segundo o chefe do 5º Distrito, Luiz Ladeta, "Belo Horizonte esteve, à tarde, no centro de uma frente fria, potencializada pela radiação solar. O pior já passou". Essa frente fria, a partir de agora, vai estar se deslocando para a região Leste do Estado, com menor intensidade. "É mais ou menos como um caminhão que vai seguindo por uma estrada, perdendo, gradualmente, a sua carga", compara Ladeta.

O aguaceiro é mais um efeito do fenômeno "La Niña", que significa um resfriamento das águas do Oceano Pacífico na costa peruana. Ladeta esclarece ainda que as mudanças climáticas, no Estado, já vinham ocorrendo nos dois últimos dias, com um grande número de descargas elétricas. "Is-

so é prenúncio das turbulências mais recentes. Porém, passado esse período, a incidência de raios desaparece", informa.

Especificamente na madrugada de ontem, houve um choque atmosférico entre uma frente fria, proveniente do Sul do País, e a massa de ar quente que entrou pelo Sul do Estado de Goiás, vindo do Amazonas. No Estado, já estava instalada uma massa seca, o que facilitou a intensidade e força das chuvas. A frente fria dominou várias regiões de Minas, o que explica os problemas ocorridos no Sul Norte, Noroeste e no próprio Leste.

Em Belo Horizonte, o Distrito de Meteorologia até agora registra um índice pluviométrico de 180 mm, enquanto a média em janeiro é de 296 mm. Mesmo que ainda não tenha atingido a média histórica, não deixa de causar apreensão, tendo em vista os recentes acontecimentos no Sul do Estado, que sensibilizaram toda a população. Os ventos de 50 quilômetros por hora, por exemplo, amedrontaram quem estava nas ruas da capital. Um motociclista, em direção ao Centro, disse, assustado, que por pouco não bateu em outros carros ao desviar de forma brusca de um galho que "voou" sobre a pista.



**HOMENS DO** Corpo de Bombeiros e Defesa Civil deram novas provas de heroísmo ontem, salvando vidas em várias regiões de Belo Horizonte, durante a tempestade atingida por um temporal

FIGURA 12 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 27 jan. 2000.

Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 15 fev. 2007.

Segundo o Jornal ESTADO DE MINAS em 28/1/2000 (FIG.13), a Prefeitura de Belo Horizonte apontou a existência de 198 áreas de risco, onde vivem cerca de 60 mil pessoas. Os maiores impactos causados pelas chuvas na RMBH ocorreram nas áreas de encostas, como se pode observar na reportagem.

## Prefeito tem medo da chuva

► *PBH aponta 198 áreas de risco e teme pela vida de quatro mil famílias que moram nas encostas*

CRISTIANA ANDRADE

O prefeito Cêto de Castro admitiu ontem, durante reunião de trabalho com o Grupo Executivo da Área de Risco (Geart), que a situação de Belo Horizonte em épocas de chuva é de risco e acidentes podem ocorrer, mesmo com a execução de diversas ações para minimizá-los. As regiões mais preocupantes - depois de dois dias de chuvas fortes e contínuas - são as de encostas, onde estão quatro mil famílias. E a previsão para hoje é de dia chuvoso, melhorando somente amanhã.

Belo Horizonte tem hoje 198 pontos de áreas de risco, onde vivem 60 mil pessoas (15 mil famílias). Os bairros que recebem maior atenção do Geart essa semana, com intensas vistas, são o Taquaril, Santa Lídia, Jardim Montanhês, Jardim Alvorada, Morro das Pedras, Jardim Felicidade, Vila Apolônia, Vila Aparecida, Aglomerado da Serra e Vila Ilha do Sapo (Novo Araçá Reis).

A equipe do Grupo Executivo da Área de Risco diz estar preparada para novas pancadas de chuva e conta com cerca de 700 pessoas em plantão 24h, sendo 250 homens do Corpo de Bombeiros. A prefeitura assegura que tem recursos suficientes, assim como seus órgãos, para

qualquer emergência que possa ocorrer.

A reunião de trabalho do Geart de ontem à tarde apontou as ações que vêm sendo desenvolvidas e um balanço de cada regional sobre a situação da chuva nos bairros. O administrador da Regional Norte, Pio Procópio de Alvarenga alertou para a situação de risco de 50 famílias que vivem às margens da MG-20, estrada que liga a capital a Santa Luzia. "Se a chuva continuar, haverá desabamentos".

No Calafate, região Oeste, houve remoção de quatro barracos no período de chuvas. Na Pampulha, 12 famílias perderam moradia, foram coisadas a ficar no abrigo, mas se recusaram. "Na Vila Ouro Preto e Engenho, onde há muitas encostas, colocamos lonas para evitar deslizamentos", diz a administradora Maria Cristina Rodrigues. No Taquaril, uma família perdeu todo o terreno e prefere ir para casa de parentes.

Na Vila Ilha do Sapo, onde desce o Córrego do Onça, a Urbel entrou com instrumento judicial para retirada de 23 famílias que correm risco iminente e não querem sair da área, cuja ocupação é irregular. Hoje pela manhã, a equipe da Urbel fará vistoria nas margens do Anel Rodoviário, para levantar o número de pessoas que vivem irregularmente no local. A área é de jurisdição do DNER e DER.



COM A continuidade das chuvas, regiões que mais preocupam a Prefeitura de Belo Horizonte são as de encostas

FIGURA 13 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 28 jan. 2000.

Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 15 fev. 2007.

No dia 31 de janeiro de 2000, o Jornal voltou a ressaltar os impactos causados pelas chuvas na última madrugada, como mostra a FIG.14. Houve mais duas mortes e sete feridos durante a madrugada do dia 31. Segundo a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil, no dia anterior, houve 139 ocorrências e 43 casos de deslizamentos ocasionados pela persistência da precipitação por dez dias.

# Mãe e filha morrem em desabamento

▶ *Chuvas deixam outras sete pessoas feridas na região metropolitana*

FRANCIS ROSE

**A** chuva forte que atingiu a capital na madrugada de ontem fez duas vítimas fatais e deixou sete feridos na região metropolitana. O desabamento parcial de um barracão de dois cômodos na Vila Cabeçal soterrou Lucimara Santos de Jesus, 20 anos, e Milena Aparecida de Jesus Bento, com um

do a terra com a mão. A Ludirara morreu antes de chegar na ambulância. A Milena já está morta", descreveu. Marcelo, que teve ferimentos nos joelhos e escoriações nos braços, foi levado para o HPS e liberado de manhã. Muito nervoso e trêmulo com o acidente, o rapaz tomou um calmante e permaneceu em repouso na casa da avó adotiva. Segundo vizinhos, Marcelo estava consciente e conversando quando foi socorrido.

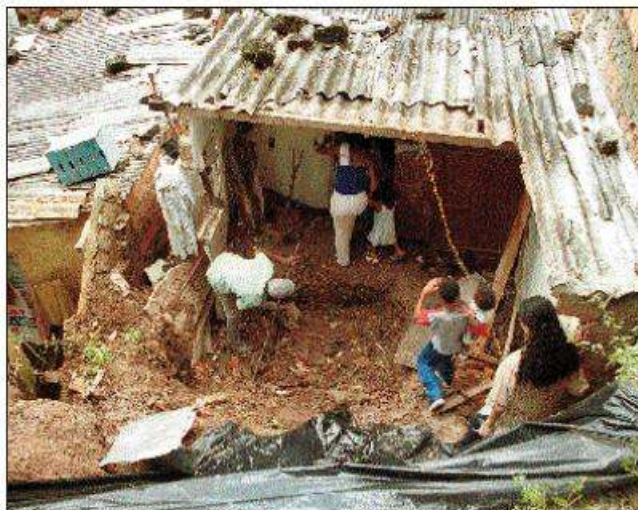


FIGURA 14 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 31 jan. 2000.

Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 15 fev. 2007.

## 5.3.2 As chuvas de novembro de 2000

A TAB. 2 indicou que o caso 28 (de 4 a 8 de novembro de 2000) representa a mediana dos episódios de chuvas persistentes de 2000 a 2005. Novembro, como visto no GRAF. 3, foi o terceiro mês do ano com maior percentual de ocorrência de chuvas persistentes na RMBH, com 17% dos eventos totais.

Observa-se nos GRAF. 19 a 25 que as primeiras chuvas de novembro de 2000 iniciaram-se no dia 4 e persistiram até dia 8. Ocorreram mais dois casos de chuvas durante esse mês (12 a 18 – caso 43 e 27 a 7/12/2000 – caso 31), sendo o primeiro de maior intensidade, com chuvas fortes a extremamente fortes em praticamente todas as localidades analisadas. Segundo o CLIMANÁLISE (2000, v. 15, n. 11), foi observada anomalia de precipitação na Região Sudeste durante esse mês, principalmente na região central de Minas Gerais, como mostra a FIG. 15. O primeiro evento acumulou espacialmente 92 mm, o segundo 131 mm e o terceiro 101 mm. O último perdurou até 7 de dezembro de 2000 e foi caracterizado por um

evento de ZCAS entre os dias 1° e 8. Em novembro não houve registro desse fenômeno (CLIMANÁLISE, 2000, v. 15, n. 12).

No dia 4 registrou-se maior precipitação diária acumulada no primeiro caso, em Nova Lima (32 mm), dia 5 em Sabará (32 mm), dia 7 em Belo Horizonte (38 mm), Mateus Leme (32 mm) e Brumadinho (22 mm), dia 8 em Pedro Leopoldo (34 mm) e em Caeté (23 mm). Observou-se que as chuvas apresentaram regularidades na distribuição, tanto espacial como temporal, e, durante esse período, foram caracterizadas como moderadas a fortes, segundo a classificação para uso de alertas meteorológicos em Minas Gerais (REIS *et al.*, 2004).

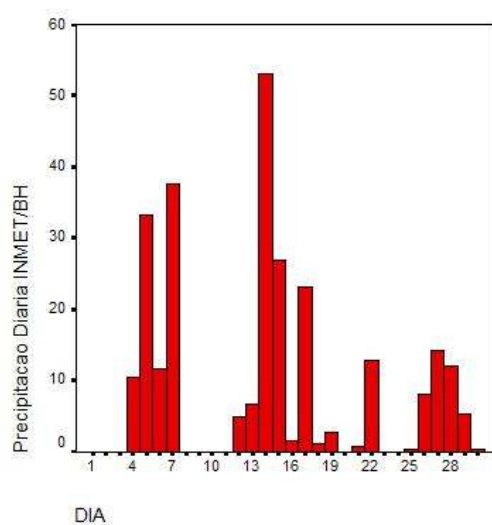


GRÁFICO 19 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Belo Horizonte

Fonte de dados: 5° Disme/INMET.

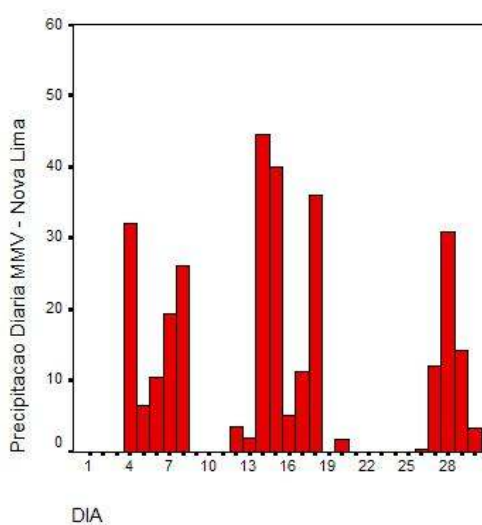


GRÁFICO 20 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Nova Lima.

Fonte de dados: Disponível em:

[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).

Acesso em: 15 mar. 2005.

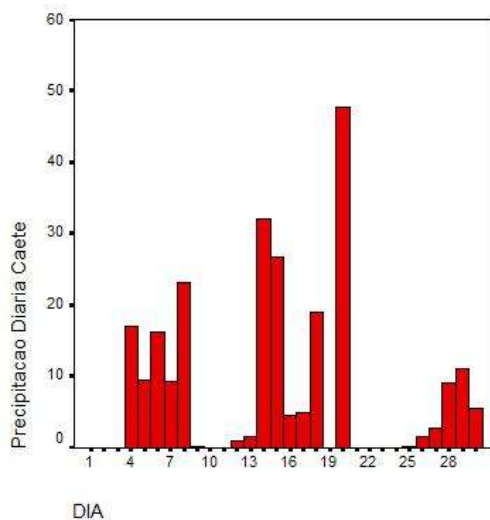


GRÁFICO 21 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Caeté.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 15 mar. 2005.

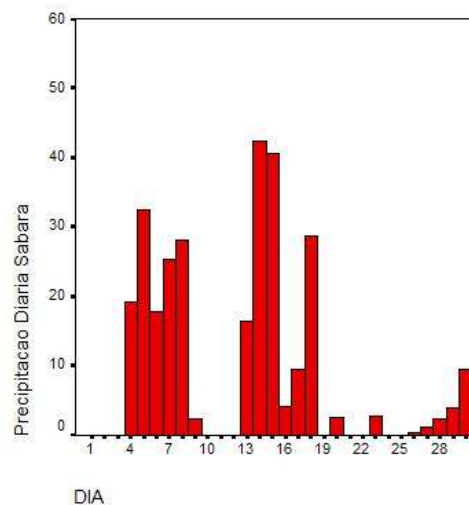


GRÁFICO 22 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Sabará.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 15 mar. 2005.

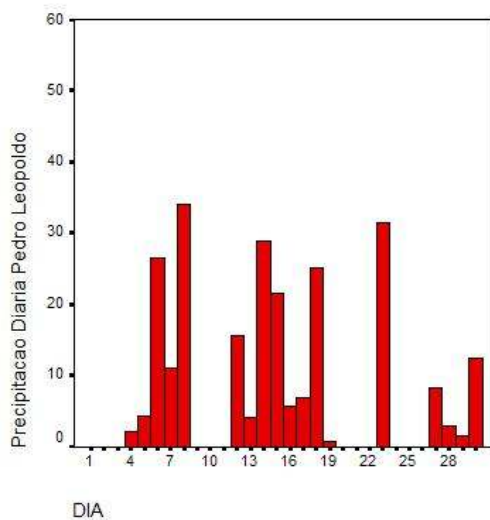


GRÁFICO 23 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Pedro Leopoldo.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 15 mar. 2005.

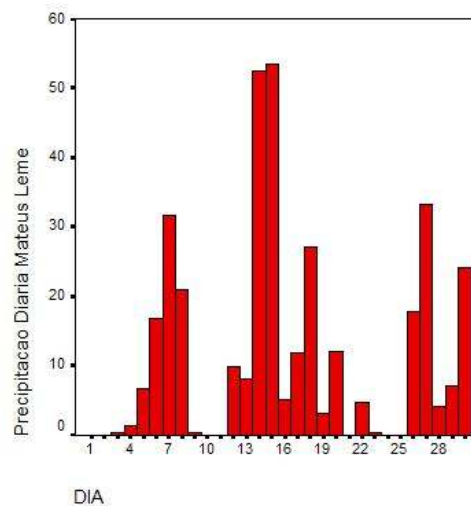
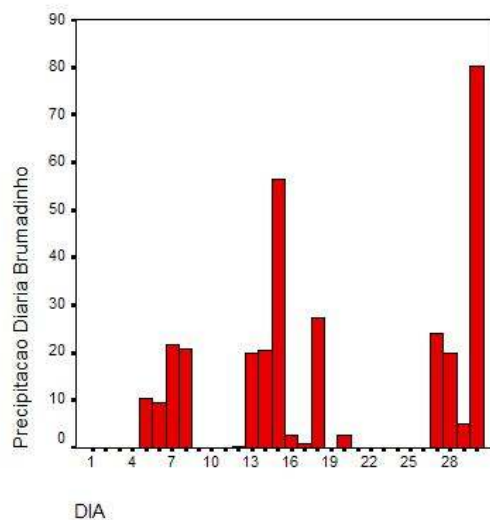


GRÁFICO 24 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Mateus Leme.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 15 mar. 2005.



DIA

GRÁFICO 25 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2000 em Brumadinho.

Fonte: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)  
 Acesso em: 15 mar. 2005.

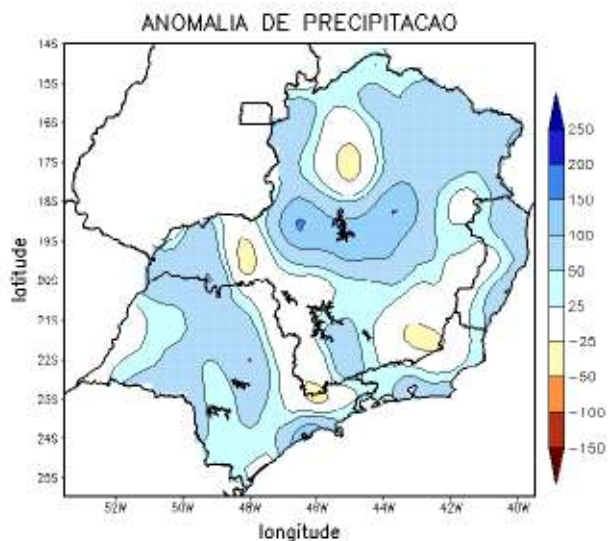
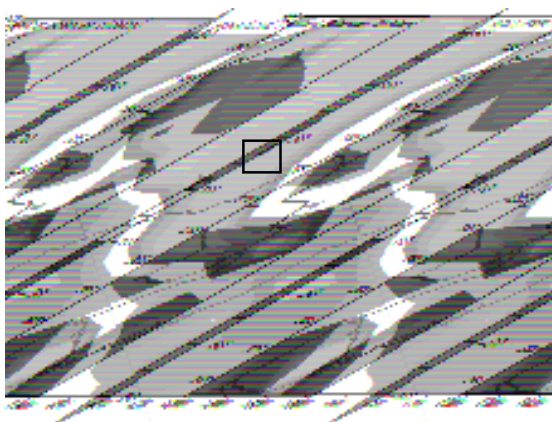


FIGURA 15 – Anomalia de precipitação em mm da Região Sudeste brasileira de novembro de 2000.

Fonte: Disponível em:  
[www.cptec.inpe.br/products/climanalise/1100/FIG.21.html](http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/1100/FIG.21.html). Acesso em: 28 out. 2006.

A análise da circulação atmosférica para o período de 4 a 8 de novembro mostrou que esse episódio de precipitação originou-se do primeiro sistema frontal que atingiu o sul do Brasil no mês, sendo que, no dia 7, já se encontrava em Caravelas-BA (CLIMANÁLISE, 2000, v. 15, n. 11). Na carta sinótica do dia 4 (ANEXO B), notou-se que o sistema frontal atingiu a costa brasileira em torno de 20° S, observou-se também a intensa convecção tropical no continente mediante a extensão das células de baixa pressão em todo o território continental. Na FIG. 16 representou-se a anomalia de ROL para esse dia, onde se identificou a banda de nebulosidade, característica da associação da convecção tropical ao sistema frontal atuante no Brasil setentrional. Como destacou Oliveira (1986), a convecção tropical modula os SF em forma de faixa convectiva organizada. Na FIG. 17, a imagem de satélite mostra a interação da convecção ao sistema frontal pela presença de nuvens de topos bastante frios em toda a região central do Brasil, principalmente no lado ocidental do Estado de Minas Gerais, que se prolonga com nuvens médias pelo Oceano Atlântico, passando pelo litoral dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Segundo o CLIMANÁLISE (2000, v. 15, n. 11), a Alta da Bolívia esteve bem configurada em praticamente todos os dias do mês de novembro, o que contribuiu para a atividade convectiva no continente sul-americano.



□ Quadrante geográfico da RMBH  
 FIGURA 16 – Campo de anomalia de ROL em  $W/m^2$  - 4 de novembro de 2000, topo da atmosfera.

Fonte de dados: Disponível em:  
<http://www.cdc.noaa.gov>  
 Acesso em: 20 dez 2006.

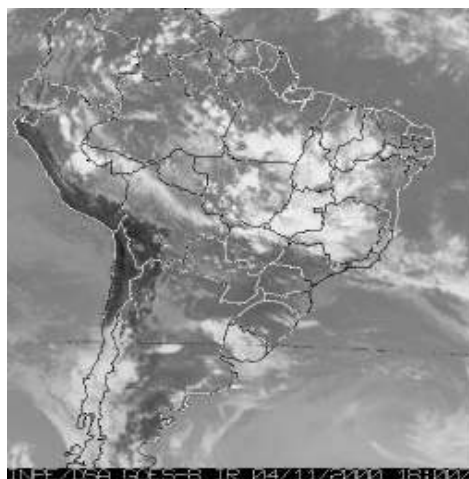
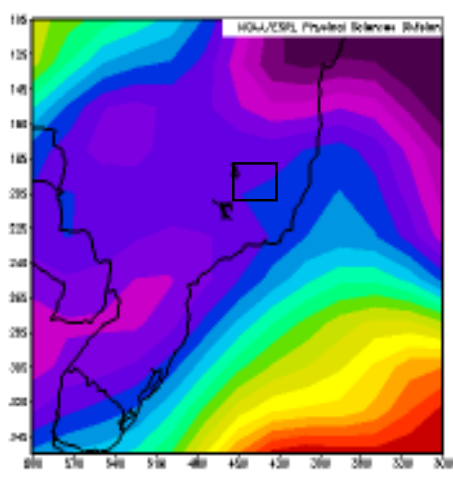


FIGURA 17 – Imagem IR GOES-8 em 4/11/2000, às 18h TMG.

Fonte: Disponível em:  
<http://satelites.cptec.inpe.br>  
 Acesso em: 4 jun. 2006.

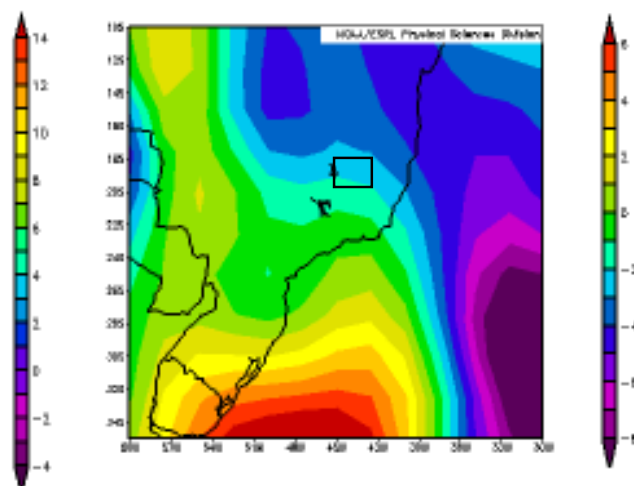
Em baixos níveis, observou-se, entre os dias 1° e 3, a maior tendência negativa da pressão atmosférica média diária, período anterior ao início desse caso de precipitação. A UR apresentou aumento de 18% no dia 4 e permaneceu superior a 75% durante todos os dias de chuvas. Nesse dia 4, o céu esteve totalmente encoberto e o aumento de nebulosidade, a partir do dia 3, ocasionou a primeira tendência negativa da temperatura, a temperatura máxima teve uma queda em torno de 10°C (GRAF. 28).

A direção dos ventos, observada em superfície no dia 3, às 12h TMG, foi de NW, às 18h de S e perdurou do quadrante NE/E/SE até o dia 12 de novembro. Nas FIG. 18 e 19 observou-se que, no dia 4, a RMBH esteve sob o domínio da frente, indicado pelas componentes do vento, representada pela isotaca 0. A meridional mostra a região de estudo sob a zona de maior convergência do vento. Esses campos permitem inferir que o escoamento do vento em 850hPa predominou no sentido NE-SW na região central de Minas Gerais.



□ Quadrante geográfico da RMBH  
FIGURA 18 – Campos de vento médio zonal em m/s em 850hPa para 4/11/2000.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov)  
Acesso em: 20 dez. 2006.



□ Quadrante geográfico da RMBH  
FIGURA 19 – Campos de vento médio meridional em m/s em 850hPa para 4/11/2000.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov)  
Acesso em: 20 dez. 2006.

Segundo o CLIMANÁLISE (2000, v. 15, n. 11), não houve ocorrência de ZCAS nesse mês. Esse sistema frontal ficou estacionário nos dias 5 e 6 na costa brasileira, na altura de Cabo Frio-RJ, e atingiu o interior até Patos de Minas - MG. A partir do dia 7, as temperaturas iniciaram uma tendência positiva (GRAF. 28) e a UR apresentou uma queda de 6% (GRAF. 27), porém o campo de ROL registrou anomalias negativas na área de estudo, assim como nos dias anteriores. No dia 8, houve registro de chuvas fracas a moderadas em praticamente todas as localidades analisadas. Registraram-se chuvas fortes somente em Pedro Leopoldo (34 mm), que se situa ao norte na RMBH. Na imagem IR de satélite das 18h TMG, observou-se que, sobre MG, houve nuvens médias e baixas associadas à retaguarda do SF e o campo de ROL mostrou o deslocamento da faixa de anomalias negativas. Apesar de o campo de ROL mostrar a banda de nebulosidade desde o Oceano Atlântico ao norte do país com direção NW-SE, observou-se que o escoamento dos ventos em 850hPa predominou de NE durante esse episódio de chuvas persistentes.

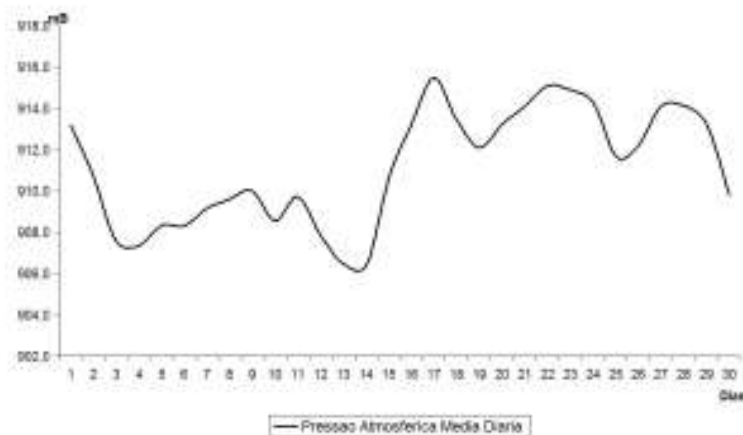


GRÁFICO 26 – Linha poligonal da pressão atmosférica média diária a superfície de novembro de 2000 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

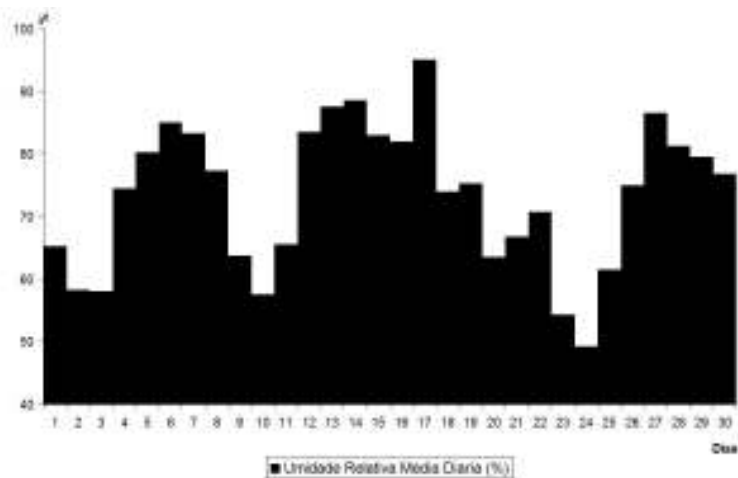


GRÁFICO 27 – Histograma de umidade relativa do ar média diária de novembro de 2000 em Belo Horizonte. Fonte de dados: 5° Disme/INMET.

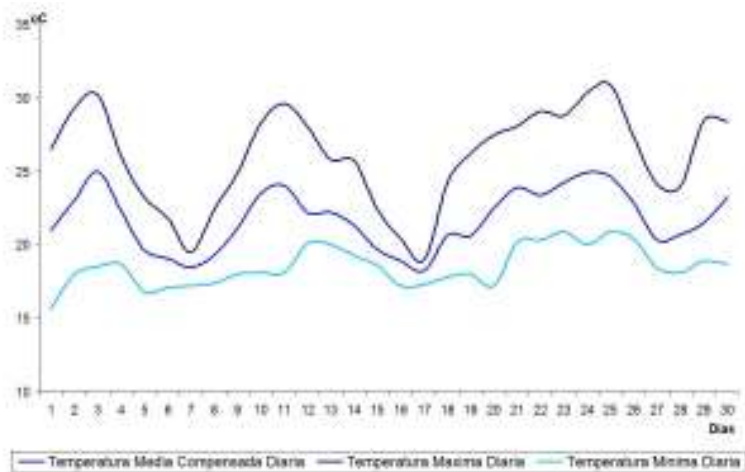


GRÁFICO 28 – Linha poligonal da temperatura média compensada, temperatura máxima e mínima de novembro de 2000 em Belo Horizonte. Fonte de dados: 5° Disme/INMET.

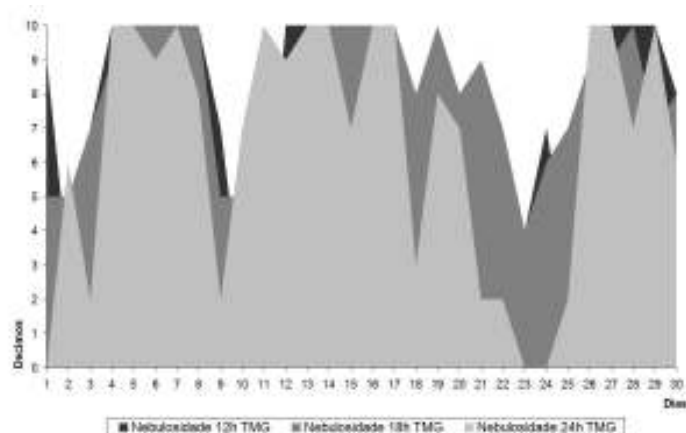


GRÁFICO 29 – Histograma de nebulosidade de novembro de 2000 em Belo Horizonte.  
Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

TABELA 4  
Direção e sentido do vento em superfície em Belo Horizonte – Novembro de 2000

Dia / Horário	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12h TMG	↙	↙	↘	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙
18h TMG	↙	↘	↑	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙
24h TMG	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙
Dia / Horário	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12h TMG	↙		→	↘		↙	↙	↙	↙	↙
18h TMG	↙		↘	↘	↙	↙	↙	↙	↘	↘
24h TMG	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙
Dia / Horário	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
12h TMG	↙	↙	↙	↘	↙	↘	↙	↘	↙	→
18h TMG	↓	↘	↙	↘	→	↘	↙	↘	↘	→
24h TMG	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

### 5.3.2.1 Os impactos sócio-ambientais do episódio de chuvas de 4 a 8 de novembro de 2000

Luiz Cláudio Costa (ESTADO DE MINAS, 8 nov. 2000) noticiou, em novembro, a chegada das chuvas como “boas notícias para o agricultor mineiro”.

Depois de um longo período de estiagem, as condições climáticas favoreceram o plantio em diversas regiões do Estado, como mostra a FIG. 20. O autor ainda destacou que as chuvas foram bem distribuídas no tempo e no espaço e foram suficientes para recuperar a reserva de água no solo.

AGROPECUÁRIO

8 de novembro de 2000  
Quarta-feira

# É chegada a hora do plantio em MG

► *Frentes frias vindas do Sul trazem boas chuvas a todas as regiões produtoras do Estado*

PROF. LUIZ CLAUDIO COSTA

**A** primeira semana de novembro chega trazendo boas notícias para o agricultor mineiro. Depois de um longo período de estiagem, as condições climáticas registradas no período de 30/10 a 05/11 indicam para a efetiva chegada da estação de plantio nas diversas regiões do Estado.

Com o enfraquecimento da massa de ar quente e seco que se encontrava sobre a região sudeste do Brasil, as frentes frias vindas do Sul do País conseguiram penetrar no Estado e provocar chuvas. Tais chuvas, que na maioria das regiões foram bem distribuídas no tempo e no espaço, foram suficientes para recuperar a reserva de água no solo das diversas regiões de Minas.

Além de recuperar a reserva de água no solo as chuvas foram importantes para a recuperação dos níveis das reservas dos mananciais e reservatórios das diversas regiões do Estado, o que está ajudando a reverter a necessidade de racionamento de água que já se fazia necessária em várias regiões de Minas.

As chuvas registradas na última semana e as previsões de tempo que indicam para uma continuidade do regime de chuvas nos próximos dias, favorecem o plantio de culturas de sequeiro como o milho, o feijão e a soja, entre outras. Assim, o agricultor das diversas regiões do Estado deve agora aguardar as melhores condições climáticas para realizar o seu plantio.

FIGURA 20 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 8 nov. 2000.

Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 28 fev. 2007.

Por outro lado, Rose (2000, p. 34) (FIG. 21) mostrou a preocupação da população e dos órgãos do Governo com as áreas de risco no município de Belo Horizonte. A URBEL destacou o escorregamento de encostas em vários locais da cidade e as inundações como os principais problemas. No dia 7 de novembro de 2000, foram registrados, em Belo Horizonte (5º Disme/INMET), 38 mm de chuvas (GRAF. 19) e a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC) atendeu 21 chamadas, mas sem ocorrências graves.

# Famílias temem desabamentos

FRANCIS ROSE

As chuvas intermitentes realçam a situação de risco, vida por inúmeras famílias em toda a cidade. Casas à margem de córregos, encostas desprotegidas e trinças nas edificações garantem a inquietação de quem não tem outro lugar para

morar. Nas noites chuvosas, diversas pessoas sequer pregam os olhos, vigiando qualquer alteração nos níveis de água e nas casas ameaçadas. Algumas providências foram tomadas ao longo do ano pelos órgãos competentes, mas estão longe de solucionar o problema. O monitoramento tornou-se indis-

pensável nessa época do ano.

Claudius Vinicius Leite Pereira, diretor de Manutenção da Urbel, explicou que a situação ainda não está sendo considerada crítica, já que as precipitações apenas começaram. No entanto, alerta para o perigo dos efeitos acumulativos da chuva nas encostas e no solo.

“Chuvas leves e constantes aumentam a possibilidade de escorregamento do solo. Quase todas as áreas de encostas nos preocupam”, afirma.

Algumas regiões exigem atenção dobrada (veja quadro). No Taquaril e Alto Vera Cruz, diversas moradias em áreas de encostas estão ameaçadas. Também há possibilidade de escorregamentos localizados. As encostas são uma ameaça no Aglomerado da Serra e na Barragem Santa Lúcia. Na região do Barreiro, as inundações são comuns na Vila Esporte Clube.

Nos bairros Jardim Alvorada e Jardim Montanhês, as casas construídas sobre as encostas representam um perigo constante. No último período chuvoso, uma pessoa morreu no desabamento de uma casa. A lista se multiplica: Vila Cemig, Vila São José, Taquaril – áreas já conhecidas da Defesa Civil, Corpo de Bombeiros e Urbel.

Segundo Claudius, o Grupo Executivo de Áreas de Risco (-Gear) gastou cerca de R\$ 8,5 milhões em obras preventivas este ano. “As obras são concentradas por atividade, como limpeza e dragagem de córregos. As intervenções reuniram diversos órgãos”, explica.

Um dos desafios é conscientizar a população, sobretudo das vilas, a não jogar o lixo nos córregos. “Temos trabalhado para consolidar a limpeza porta a porta, em uma parceria com a Superintendência de Limpeza Urbana”, diz.

## Onde mora o perigo

### Regional Vendo Novo

- Vila do Índio (abriga 584 pessoas) e Várzea da Palma (349 pessoas) – Como fica em uma baixada, concentra os piores casos de inundação. Recentemente, algumas famílias foram retiradas das margens do córrego, que também recebeu 210 metros de contenção.

- Vila Apolônia (7.333 pessoas) – Diversos becos precisaram receber obras de contenção, reaterro e drenagem. Algumas moradias, em áreas de maior risco, foram removidas. Uma via chegou a ser sotapada pela ação de chuvas anteriores.

### Regional Norte

- Conjunto Felicidade (abriga 2.086 pessoas) – Os deslizamentos de encostas representam uma ameaça. Na rua 17A, casas e becos eram invadidos pelas águas no período das chuvas, antes da conclusão de uma obra de contenção.

### Regional Nordeste

- Vila Carioca (abriga 428 pessoas) – Foi inundada nas chuvas do início do ano e 17 casas precisaram ser reconstruídas. Na Vila São Miguel e na Vila Vieirã, as inundações também são um problema.
- Vila São Paulo (3.919 pessoas) – Também foi inundada nas chuvas

do início do ano e diversas moradias ficaram danificadas.

- Vila Vista do Sol/Grotinha (206 pessoas) – Área de alto risco. O córrego precisa ser canalizado, há necessidade de implantação de interceptores e de obras de contenção de encostas.

### Regional Pampulha

- Vila Novo Ouro Preto (abriga 1.017 pessoas) – Apresenta problemas de deslizamento de encosta e de inundação.
- Vila São Tomás – Apresenta riscos de inundação.

### Regional Noroeste

- Vila Califônia (abriga 5.062 pessoas) – Oitenta e seis casas foram desapropriadas e o córrego Avaí, que passa pelo local, já teve dois trechos canalizados.
- Jardim Alvorada e Jardim Montanhês – Problemas de deslizamento de encosta.

- Vila São José – Possui diversas áreas sujeitas à inundação.

### Regional Centro-Sul

- Aglomerado Barragem Santa Lúcia (abriga 16.914 pessoas) – Tem problemas de deslizamentos de encosta e exige monitoramento constante.
- Aglomerado da Serra (45.086 pessoas) – As vilas Nossa Senhora de Fátima, Nossa Senhora da Conceição, Marçola e Fátima

também têm problemas com os deslizamentos de encosta.

### Regional Leste

- Taquaril (abriga 11.128 pessoas) – As características do terreno onde fica o bairro favorecem o deslizamento de encostas e, conseqüentemente, os desabamentos de barracões.

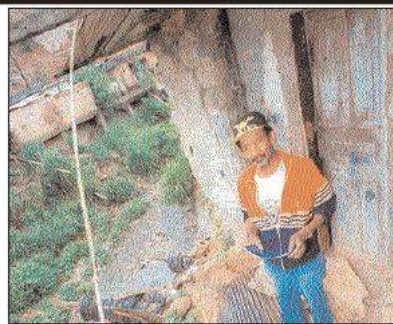
- Alto Vera Cruz (29.484 pessoas) – Sujeito aos deslizamentos de encosta.

### Regional Barreiro

- Vila Cemig (abriga 5.422 pessoas) – A rua Casarinho precisou de obras de contenção. A área também tem problemas com as inundações.
- Vila Bernadete (861 pessoas) e Conjunto Esperança (1.927 pessoas) – Exigiram obras de contenção.

### Regional Oeste

- Vila Calafate – Foi inundada com as chuvas do início do ano. A rede de drenagem precisa ser desviada para impedir o alagamento quando há entupimentos.
- Pantanal (abriga 92 pessoas) – Recebeu obras de contenção e pavimentação.
- Morro das Pedras (23.179 pessoas) – Tem problemas de deslizamento de encosta.



EDMAR PEREIRA dos Santos vive literalmente à beira do perigo em seu barraco

FIGURA 21 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 8 nov. 2000.

Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 28 fev. 2007.

### **5.3.3 As chuvas de janeiro de 2004**

As chuvas de 2 a 16 de janeiro de 2004 (caso 55 na TAB. 2) é o episódio mais extremo, com maior número de dias consecutivos de chuvas e maior quantidade de precipitação média espacial acumulada de 2000 a 2005. Na TAB. 8 (ANEXO A), é o quarto evento na ordem decrescente da precipitação média espacial acumulada.

O boletim CLIMANÁLISE (2004, v. 19, n. 1) registrou três eventos de ZCAS, entre os dias 2 a 6, 10 a 20 e 25 a 29, que ocasionaram anomalia positiva de precipitação na região norte e central de Minas Gerais. Na RMBH, o segundo evento acarretou o maior acúmulo de precipitação, como mostra os GRAF. 32 a 38. O primeiro não se constituiu como ZCAS sobre a área de estudo, apesar do registro de chuvas fortes a extremamente fortes em praticamente toda a RMBH nos dias 2 e 3. Em Belo Horizonte, acumularam-se 461 mm entre os dias 1º a 16, sendo a média climatológica do mês 296,3 mm (BRASIL, 1992).

Apesar de na TAB. 2 se identificar esse caso de chuvas do dia 1º a 16, os histogramas de precipitação (GRAF. 32 a 38) mostraram que houve redução da precipitação no intervalo entre os dois primeiros episódios de ZCAS. Em algumas localidades, como Belo Horizonte (GRAF. 30), Caeté (GRAF. 32), Mateus Leme (GRAF. 35) e Brumadinho (GRAF. 36), não houve registro de precipitação em um desses dias.

No segundo evento de ZCAS, a precipitação foi registrada como forte a extremamente forte no dia anterior e no primeiro dia que se constituiu o evento. Em seguida, observou-se uma queda na quantidade de precipitação diária acumulada, que tornou a aumentar, ocorrendo, no dia 15, novamente, chuvas fortes a extremamente fortes. O dia mais chuvoso em Belo Horizonte foi o dia 10 (81 mm), assim como em Nova Lima (68 mm), Mateus Leme (68 mm) e Brumadinho (71 mm). Em Sabará (95 mm) e Pedro Leopoldo (80 mm), o dia 15 foi o mais chuvoso.

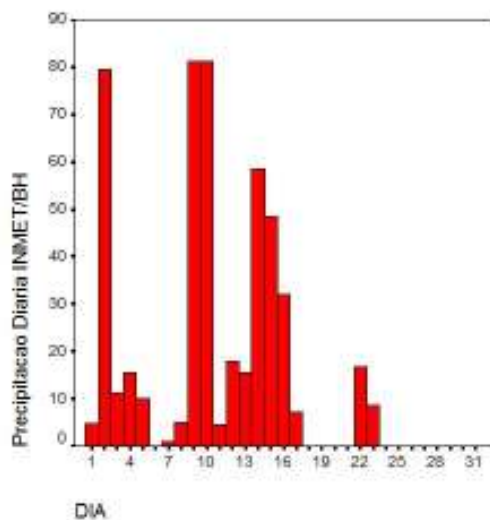


GRÁFICO 30 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

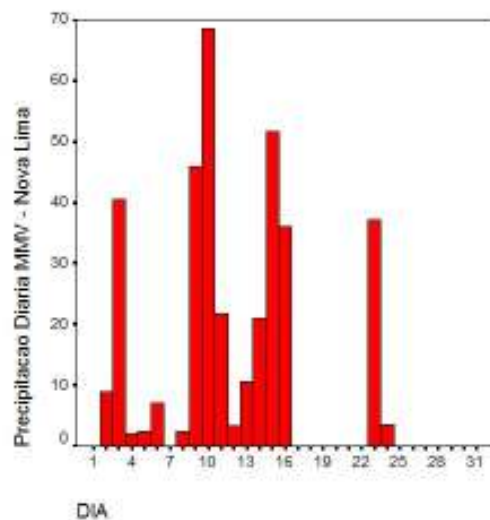


GRÁFICO 31 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Nova Lima.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
Acesso em: 25 mar. 2005.

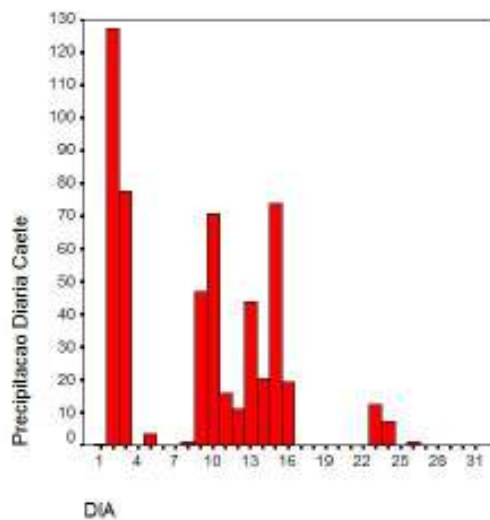


GRÁFICO 32 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Caeté.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
Acesso em: 25 mar. 2005.

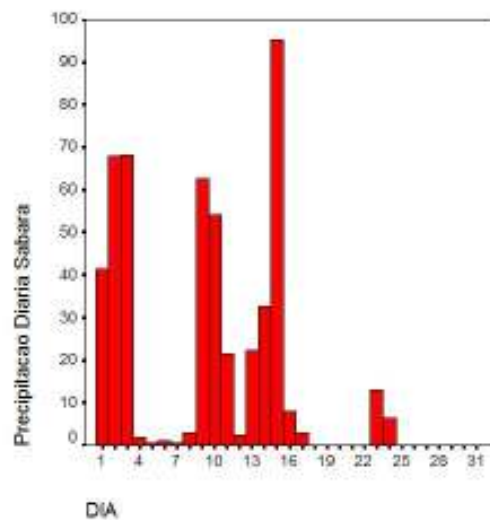


GRÁFICO 33 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Sabará.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
Acesso em: 25 mar. 2005.

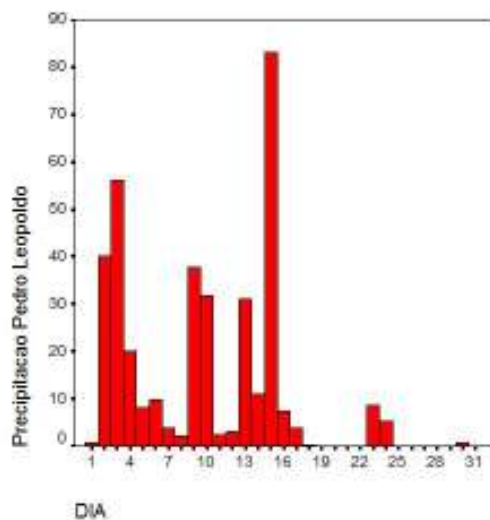


GRÁFICO 34 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Pedro Leopoldo.

Fonte: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)  
 Acesso em: 25 mar. 2005.

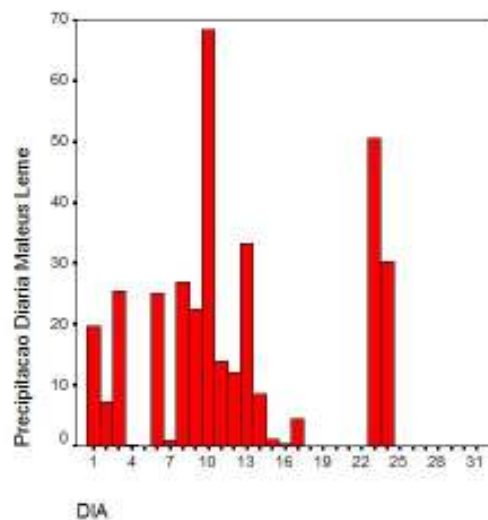


GRÁFICO 35 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Mateus Leme.

Fonte: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)  
 Acesso em: 25 mar. 2005.

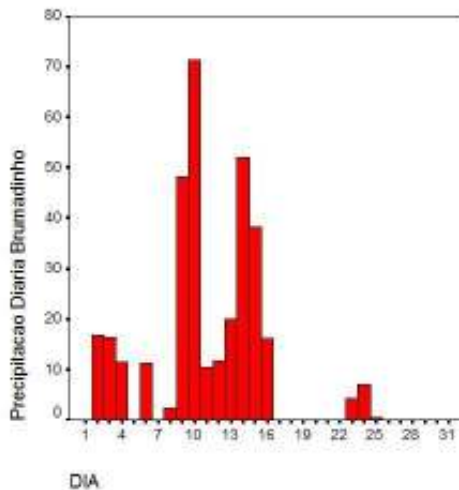


GRÁFICO 36 – Histograma de precipitação em mm de janeiro de 2004 em Brumadinho.

Fonte: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)  
 Acesso em: 25 mar. 2005.

Segundo o CLIMANÁLISE (2004, v. 19, n. 1), o último sistema frontal do mês de dezembro que atuava em Torres-RS deslocou-se até o sul da Bahia, passou pelo interior do Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo e Minas Gerais entre os dias 1º a 3, e no período de 3 a 6 permaneceu estacionário em Caravelas-BA. Nota-se nos GRAF. 30 a 36 que no dia 2 as chuvas foram extremamente fortes em praticamente todas as localidades analisadas. Essas chuvas decorreram do sistema frontal que atingiu a costa sudeste do Brasil no dia 1º de janeiro, quando os ventos observados em superfície foram do quadrante SW/W/N nos três horários de observação, como mostra a TAB. 5.

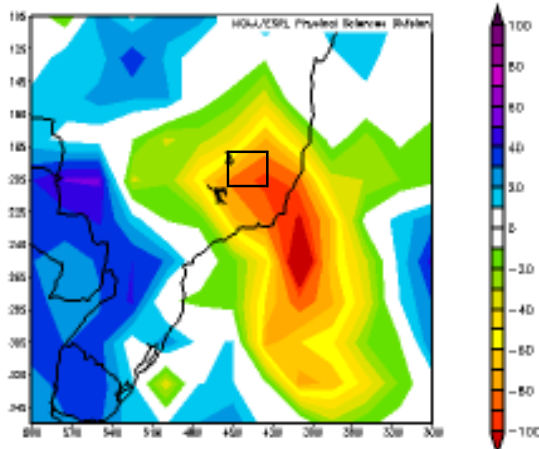
A banda de nebulosidade associada à interação da convecção tropical ao SF representada pela anomalia negativa de ROL foi identificada do Estado de Rondônia ao litoral fluminense, passando pela RMBH no sentido NW-SE. No dia 3, através da seqüência de imagens de satélite IR, observou-se o deslocamento da banda de nebulosidade em direção ao NE brasileiro e o sul de Minas sob a atuação do APM.

Os campos de ventos representaram o escoamento predominante em baixos níveis de NE do dia 1º a 7. As variáveis observadas em superfície mostraram que a pressão atmosférica média diária apresentou tendência positiva do dia 2 a 6, a UR média diária houve uma queda de 17% durante esse período. A nebulosidade diminuiu dia 4 às 24h TMG, tendo no dia 6 apenas 5 décimos de cobertura do céu. Por conseqüência, a temperatura máxima apresentou tendência positiva entre os dias 3 e 6 (GRAF. 37 a 40).

A partir do dia 7, observou-se tendência inversa nas variáveis de superfície; o escoamento em baixos predominou de NW a partir do dia 8, assim como se verifica na TAB. 5, mudança na direção do vento às 18h TMG. No dia 9, registraram-se chuvas fortes a extremamente fortes na RMBH, dado o alinhamento da convecção tropical a um novo SF que entrou em processo de ciclogênese no sul do país e deslocou-se até a Região Sudeste brasileira, representado na carta sinótica (ANEXO B). A anomalia negativa de ROL mostra a organização da faixa de nebulosidade, assim como a intensificação na costa do Estado do Rio de Janeiro, prolongando-se pelo continente no sentido NW-SE até aproximadamente 54º Oeste (FIG. 22). A nebulosidade aumentou em todo Estado de Minas Gerais (FIG. 23), com

o deslocamento do sistema frontal para a Região Sudeste. A seqüência de imagens IR desse dia ainda permitiu verificar, mediante o deslocamento da nebulosidade e do formato circular das nuvens cirros, que, em altos níveis, houve o deslocamento do cavado que atuava no sul do país acoplado à circulação da Alta da Bolívia, o que reforça os pressupostos teóricos estabelecidos por Quadro (1994), ou seja, a AB associada ao cavado a leste dos Andes, em 500 hPa.

Esse autor também sugeriu que em eventos de ZCAS, o escoamento em 850h é influenciado pela Cordilheira dos Andes e pelo posicionamento do ASAS, com confluência dos ventos a SW do ASAS. Nas FIG. 24 e 25 mostrou-se o escoamento em baixos níveis, por intermédio das componentes zonal e meridional do vento. Notou-se que, no eixo da banda de nebulosidade, o escoamento predominou de NW-SE sobre a RMBH. A configuração da componente zonal indicou que a Região Metropolitana esteve sob a zona de convergência nesse dia 9, resultando em grandes acúmulos de precipitação registrados no dia 10.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
FIGURA 22 – Campo de anomalia de ROL em  $W/m^2$  - 9 de janeiro de 2004, topo da atmosfera.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).  
Acesso em: 30 dez. 2006.

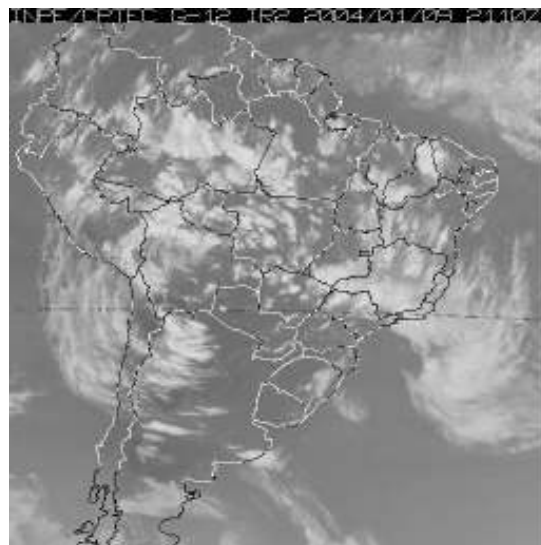
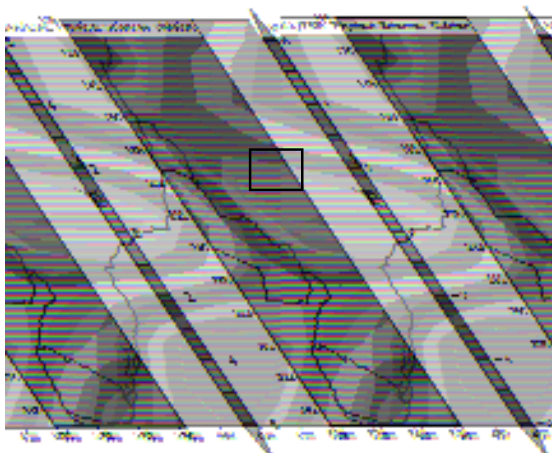


FIGURA 23 – Imagem IR GÓES-12 em 9/1/2004 às 21h10 TMG.

Fonte: Disponível em:  
<http://satelites.cptec.inpe.br>.  
Acesso em: 15 ago. 2006.

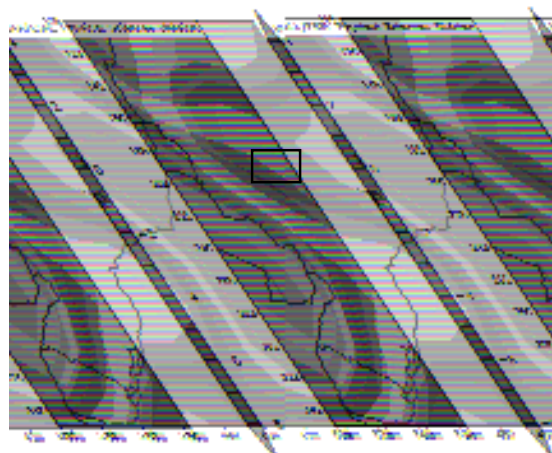


□ Quadrante geográfico da RMBH.  
 FIGURA 24 – Campos de vento médio zonal em m/s em 850hPa para 9/1/2004.

Fonte de dados: Disponível em:

[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).

Acesso em: 30 dez. 2006.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
 FIGURA 25 – Campos de vento médio meridional m/s em 850hPa para 9/1/2004.

Fonte de dados: Disponível em:

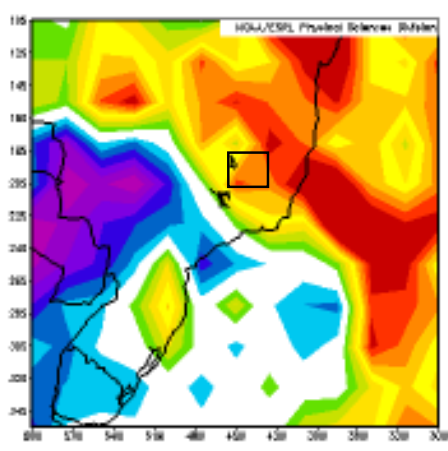
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).

Acesso em: 30 dez. 2006.

Segundo o CLIMANÁLISE (2004, v. 19, n. 1), o segundo e maior evento de ZCAS do mês se configurou a partir do dia 10. A seqüência de cartas sinóticas indicou que o SF permaneceu estacionário do dia 9 a 17, próximo a 20° S na costa brasileira. Os campos de ROL representaram a banda de nebulosidade desde o norte do Mato Grosso ao Oceano Atlântico durante o período, porém no dia 11 a faixa de anomalias negativas teve um pequeno deslocamento em direção ao NE brasileiro, em relação ao dia anterior. Portanto, nos GRAF. 30 a 36, notou-se diminuição da precipitação nos dias 11 e 12, sendo registradas chuvas fracas a moderadas em toda a RMBH. No dia 12, o campo de anomalias de ROL já indicou o aumento da faixa de anomalias negativas no interior do continente. Essa flutuação da banda de nebulosidade também pode ser verificada nos campos das componentes do vento pela zona de convergência, onde o escoamento predominou de NW na RMBH durante todo esse período. No dia 13, foi registrado aumento de precipitação em toda área de estudo.

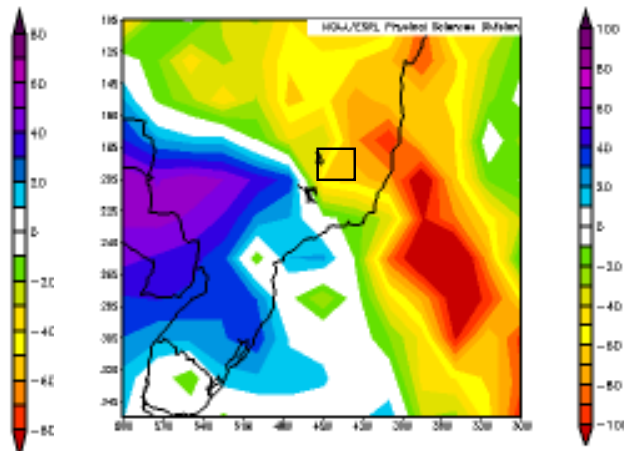
No dia 14, os padrões atmosféricos de escala sinótica são semelhantes ao dia anterior. Na FIG. 26, o máximo de anomalia negativa se estendeu do Oceano Atlântico Sul ao Brasil Central, passando pelo Estado de Minas Gerais, ou seja,

enorme concentração de nuvens de grande desenvolvimento vertical, que acarretou altos totais pluviométricos registrados no dia 15 em quase todas as localidades analisadas, aproximadamente 40 mm em Brumadinho, 50 mm em Belo Horizonte e Nova Lima, 74 mm em Caeté, 85 mm em Pedro Leopoldo e 95 mm em Sabará. Os campos de vento mostraram escoamento de NW sobre grande parte do Brasil. No dia 15, observou-se diminuição da nebulosidade e pequeno deslocamento no sentido SW-NE (FIG. 27). Os campos de vento representaram padrão parecido com o dia anterior. Entretanto, observou-se o deslocamento da zona de convergência das componentes norte/sul, assim como no campo de ROL.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
FIGURA 26 – Campo de anomalia de ROL em  $W/m^2$  - 14 de janeiro de 2004, topo da atmosfera.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).  
Acesso em: 30 dez. 2006.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
FIGURA 27 – Campo de anomalia de ROL em  $W/m^2$  - 15 de janeiro de 2004, topo da atmosfera.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).  
Acesso em: 30 dez. 2006.

As imagens IR (FIG. 28 e 29) indicaram que a banda de nebulosidade se deslocou ao longo do dia 15. No dia 16, as chuvas foram classificadas como fortes em Belo Horizonte e Nova Lima, moderadas em Caeté e Brumadinho e fracas nas outras localidades. A observação da nebulosidade em superfície indicou que o percentual de cobertura do céu diminuiu nos horários de sinóticos de 18h e 24h TMG nos dias 15 e 16, a UR apresentou uma diminuição de 10%, em relação ao dia

14, e a pressão atmosférica iniciou sua maior tendência positiva nesse dia 16 (GRAF. 37 a 40). O campo de ROL representou esse deslocamento, onde se verificou diminuição da anomalia negativa no quadrante entre 18° a 20° S e 42° a 45° W. Nos campos de vento zonal e meridional, o escoamento em baixos níveis passou a predominar de SW, após oito dias de escoamento preponderantemente de NW, com o estacionamento do sistema desde o dia 9. No dia 17, já não houve registro de precipitação na maioria das localidades analisadas. As variáveis de superfície mostraram que houve outra queda de 10% na UR, a nebulosidade das 18h TMG foi maior que das 12h TMG, o que é típico dos dias de verão, dado o aquecimento diurno, e a nebulosidade das 24h TMG foi próxima de zero, o que não ocorria desde o dia 1° de janeiro.

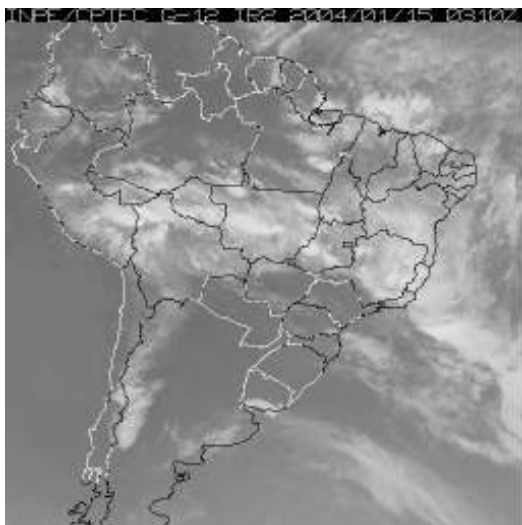


FIGURA 28 – Imagem IR GÓES-12 em 15/1/2004 as 03h10 TMG.

Fonte: Disponível em:  
<http://satelites.cptec.inpe.br>.  
Acesso em: 15 ago. 2006.

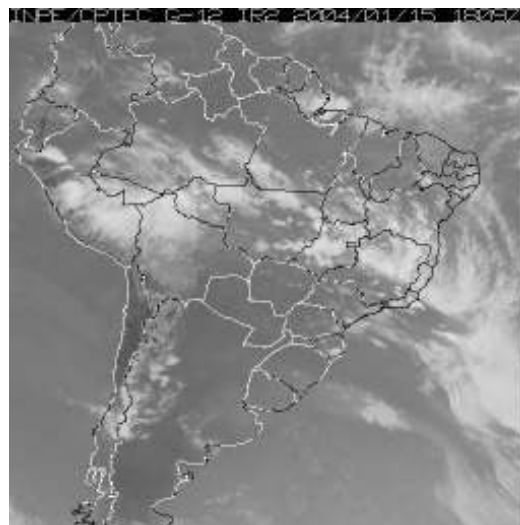


FIGURA 29 – Imagem IR GÓES-12 em 15/1/2004 as 18h09 TMG.

Fonte: Disponível em:  
<http://satelites.cptec.inpe.br>.  
Acesso em: 15 ago. 2006.

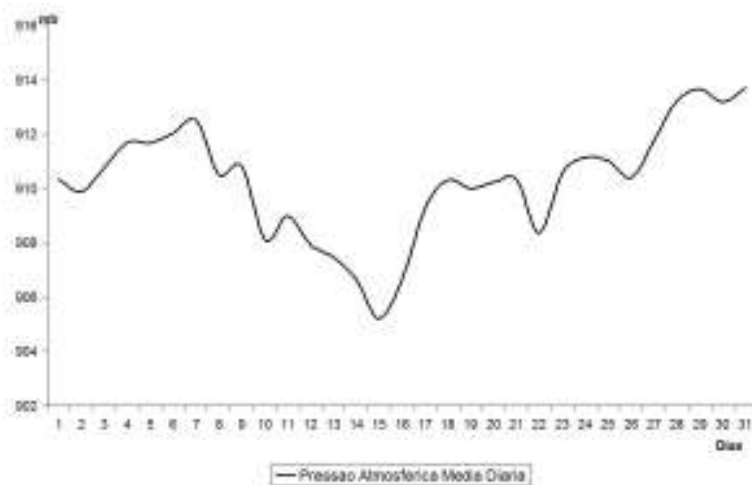


GRÁFICO 37 – Linha poligonal da pressão atmosférica média diária a superfície de janeiro de 2004 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

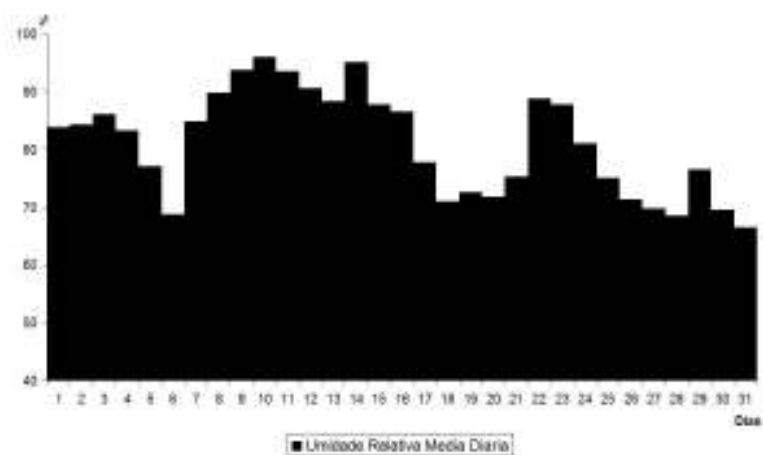


GRÁFICO 38 – Histograma de umidade relativa do ar média diária de janeiro de 2004 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

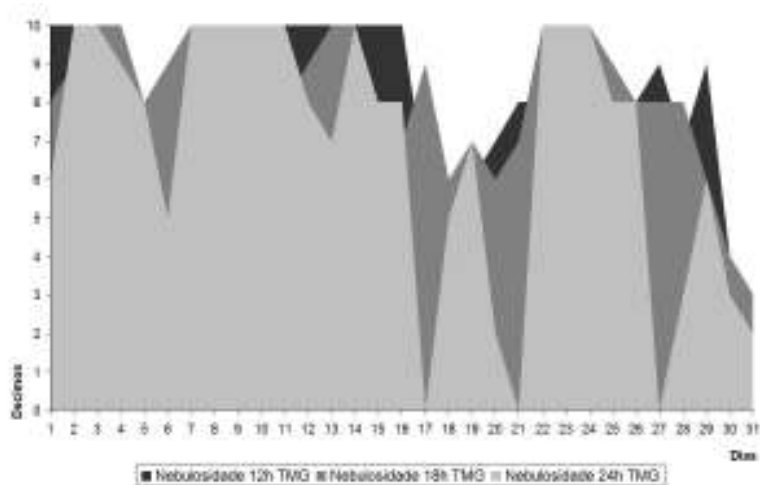


GRÁFICO 39 – Histograma de nebulosidade de janeiro de 2004 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5° Disme/INMET.

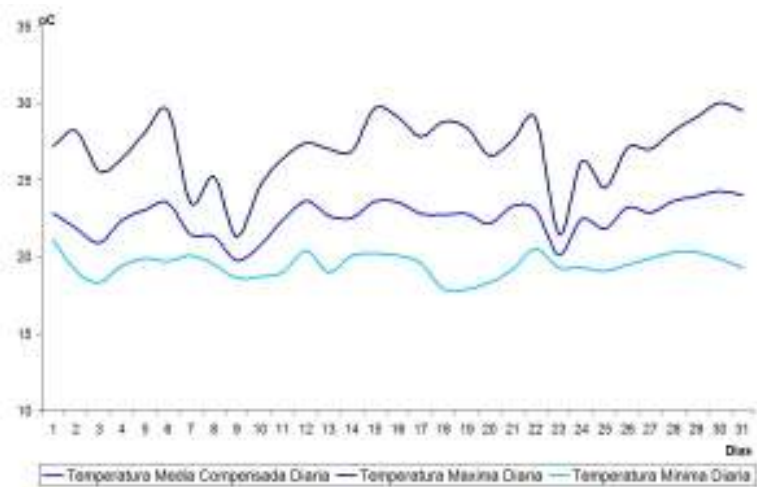


GRÁFICO 40 – Linha poligonal da temperatura média compensada, temperatura máxima e mínima de janeiro de 2004 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5° Disme/INMET.

TABELA 5  
Direção e sentido do vento em superfície em Belo Horizonte – Janeiro de 2004

Dia / Horario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
12h TMG	↗	↗	↗	↖	↖	↖	←	←	↔	↘	
18h TMG	↓	↖	↑	↖	↖	←	←	→	↓	←	
24h TMG	→		↖	↗		←	←	←	←		
Dia / Horario	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
12h TMG	↓	↗	←	↑		→	↖	←	←	←	
18h TMG	↘	↖	↖	↖	→	↖	↖	↑	↖	↖	
24h TMG	↖		←				↗	←	↖	←	
Dia / Horario	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
12h TMG	↖	←	↖	↖	←	↖	←	↖	↖	↖	↖
18h TMG	↖	↗	↖	↖	←	↖	←	↖	↖	↖	↖
24h TMG	←	←	←	←	←	↖	←	←	↖	←	←

Fonte de Dados: 5º Disme/INMET.

### 5.3.3.1 Os impactos sócio-ambientais do episódio de chuvas de 2 a 16 de janeiro de 2004

Durante a primeira quinzena de 2004 choveu 140 mm a mais que a média climatológica para o mês de janeiro em Belo Horizonte. O Jornal ESTADO DE MINAS, durante o período, apresentou inúmeras reportagens sobre os impactos sócio-ambientais causados pelo acúmulo de precipitação. Na FIG. 30, lê-se que nos dias 2 e 3 choveu o volume médio de dez dias, o que acarretou inundações na Vila São José, região noroeste de Belo Horizonte. Na FIG. 31 sugeriu-se que a causa do problema foi a presença de entulhos deixados pela Prefeitura de Belo Horizonte, que não permitiu a vazão da enxurrada.

## Volume de 10 dias em duas madrugadas

Nas madrugadas dos últimos dois dias, choveu um terço da média prevista para o mês de janeiro, de acordo com o MG Tempo Cemig/Puc Minas. Segundo o meteorologista Rubran dos Reis, desde a última quarta-feira foi enviado para a Defesa Civil um alerta vermelho, que indica chuvas fortes em pontos determinados da capital.

Reis explica que uma frente fria que chegou em Minas Gerais no primeiro dia do ano provocou temporais nas regiões Central, Zona da Mata e Leste do Estado. “Essa frente fria ficou parcialmente estacionada e ainda há possibilidade de chover moderadamente hoje”, explica.

FIGURA 30 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 4 jan. 2004.

Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 28 fev. 2007.

## Moradores põem culpa na prefeitura por inundação

A solidariedade de vizinhos e amigos foi o que restou aos moradores da vila São José, região Noroeste de Belo Horizonte, que tiveram casas destruídas e perderam roupas e móveis durante a chuva que atingiu a capital na noite de antontem e madrugada de ontem. Os moradores denunciam que técnicos da Defesa Civil não estiveram no local e a solução encontrada para evitar uma tragédia maior foi a união de todos. Eles ainda dizem que a inundação foi provocada pelo entulho - de casas que foram destruídas pela Prefeitura de Belo Horizonte, em dezembro - que impediu o escoamento da água.

O pedreiro Torquato Ferreira da Silva, de 64 anos, com o auxílio de algumas ferramentais, abriu vários buracos nas paredes das casas para dar vazão à água. “Se não fosse ele e outros vizinhos, que socorram os meus dois filhos, de 5 e 3 anos, teria perdido tudo” desabafou a babá Zélia Pereira dos Santos, de 32, lembrando que a água chegou a quase um metro de altura. “Mais de 12 horas depois do temporal, ninguém da Defesa Civil veio aqui para avaliar as condições das paredes”, reclamou.

O secretário de Coordenação de Gestão da Regional Noroeste, Saulo Luis Amaral, informou que o entulho decorrente da demolição de 190 casas está sendo retirado. “Já foram removidos 120 caminhões e o trabalho continua amanhã. A dificuldade é que o local é de difícil acesso, mas a parte do córrego já tinha sido limpa”, explicou. Segundo Amaral, 348 famílias que moram na vila foram incluídas no Proas, programa que vai indenizar cada

uma delas em R\$ 12,5 mil, a partir de fevereiro. A canalização do córrego, que transbordou, deve ocorrer a partir de março.

FIGURA 31 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 4 jan. 2004.

Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 28 fev. 2007.

A Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC) estabelece seus planejamentos de ações com base nos alertas meteorológicos enviados pelos órgãos de previsão do tempo. No dia 5, foi destacada a previsão de chuvas fortes e contínuas somente a partir do dia 20, como se pode observar na FIG. 32. Os histogramas de precipitação (GRAF. 30 a 36), porém, indicaram que a precipitação foi forte a extremamente forte em praticamente toda a RMBH a partir do dia 9. No dia seguinte, o Jornal apresentou centenas de reportagens sobre os danos causados pelas chuvas. Houve mortes, principalmente na Região Leste e na Zona

da Mata Mineira, remoção de algumas famílias das áreas de risco em Belo Horizonte, escorregamentos no Bairro Taquaril, no Aglomerado Morro das Pedras, no Aglomerado da Serra e em alguns bairros de Venda Nova, cancelamentos de vôos nos principais aeroportos, queda de energia em várias regiões da cidade, etc. O Jornal ainda destacou que nos últimos dois dias o nível da água na Lagoa da Pampulha havia subido 60 cm em relação ao nível normal.

## Temporais dão trégua até o dia 20

Após as tempestades e os estragos, aumento da temperatura e interrupção das chuvas fortes. O coordenador do MG Tempo Cemig/PUC Minas, Ruiبران dos Reis, prevê uma semana típica de verão, com dias quentes, principalmente a partir de quarta-feira, e pancadas rápidas de chuva no final da tarde.

A frente fria que provocou os temporais do último final de semana já começa a se enfraquecer, mas nova temporada de chuvas intensas está prevista para depois do dia 20.

FIGURA 32 – Reportagem do  
Jornal ESTADO  
DE MINAS, 5 jan.  
2004.

Fonte: Disponível em:  
[www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 28 fev.  
2007.

No dia 16 de janeiro, o Jornal ESTADO DE MINAS apresentou um balanço dos maiores impactos causados pelas chuvas em MG na primeira quinzena (FIG. 33). Comparado ao balanço divulgado no dia 4 de janeiro de 2004 (referente ao período de agosto a dezembro de 2003 – FIG. 34), houve os enormes prejuízos econômicos e sociais causados num curto período pelos dois eventos sucessivos de ZCAS. O número de mortos e feridos no Estado triplicou, e o de desabrigados aumentou 5,6 vezes, em quinze dias, comparado a seis meses anteriores. A FIG. 33 ainda mostra que a região que apresentou maior número de mortes foi a Zona da Mata Mineira, seguida pela Região Leste. Por meio da anomalia negativa de ROL, notou-se que uma faixa de anomalias negativas mais intensas esteve presente a leste de aproximadamente 45° de longitude oeste, abarcando o lado oriental do Estado de Minas. Esse fato, provavelmente, desencadeou maior acúmulo de precipitação e maior número de mortes na Zona da Mata Mineira e na Região Leste. Segundo Monteiro (1969), o estacionamento da frente polar atlântica por três dias esta associado aos resultados de dois séculos de usos destrutivos das terras, principalmente nas *franjas* da serra do Mar.



FIGURA 33 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 16 jan. 2004.

Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 28 fev. 2007.

<b>BALANÇO DA DEFESA CIVIL DE MINAS GERAIS</b>	
<b>DE 28 DE AGOSTO DE 2003 ATÉ ONTEM</b>	<b>DO 28 DE AGOSTO ATÉ 30 DE DEZEMBRO DE 2003</b>
<b>Mortes: quatro</b>	<b>Feridos: 14</b>
Uma vítima em Araguari, por descarga elétrica	Pessoas desalojadas: 1.555
Uma em Belo Horizonte, arrastada por enxurrada	Pessoas desabrigadas: 235
Uma em Nova Lima, arrastada por enxurrada	Casas danificadas: 1.196
Uma em Açucena, por soterramento (*)	Casas destruídas: 68
	(*) Primeira vítima de 2004

FIGURA 34 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 4 jan. 2004.

Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 28 fev. 2007.

#### **5.3.4 As chuvas de dezembro de 2004**

Os GRAF. 41 a 47 representam os histogramas de precipitação, onde foram registrados dois casos de chuvas persistentes que perduraram, em média, 21 dias do mês de dezembro de 2004. O CLIMANÁLISE (2004, v. 19, n. 12) destacou que, na região central de Minas Gerais, houve anomalia positiva de precipitação dada a atuação de dois eventos de ZCAS (9 a 14 e 21 a 25). Ao contrário de grande parte do País, as chuvas se elevaram acima da média nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, oeste de Mato Grosso e sul de Rondônia, exatamente o eixo NW-SE da banda de nebulosidade associada à ZCAS.

A análise dos histogramas indicou que houve um caso de 5 a 13 de dezembro e outro de 18 a 25. Na TAB. 2 vê-se que os episódios associados a eventos de ZCAS ocorreram, em média, dos dias 9 a 13 e 19 a 25. Os GRAF. 41 a 47 indicaram que o segundo evento acarretou maior acúmulo de precipitação em toda a RMBH.

O primeiro episódio de chuvas foi objeto de análise rítmica, por ser representativo dos eventos que se encontram na TAB. 2. Esse caso acumulou em

média espacial, 85 mm e ocorreu, em cinco dias seguidos, valores próximos da mediana das duas variáveis para os casos representados nessa Tabela. O segundo, pertencente ao Q5, acumulou 208 mm, e durou em torno de sete dias.

Os gráficos seguintes indicaram que as chuvas foram fracas a moderadas nesse primeiro episódio em Belo Horizonte, Mateus Leme e Pedro Leopoldo e moderadas a fortes nas demais localidades. Nesse período, Caeté acumulou maior quantidade de precipitação entre os dias 9 e 13 (104,1 mm), seguida por Nova Lima (103,7 mm) e depois por Sabará (93 mm), localidades que se encontram situadas a leste da Serra do Curral.

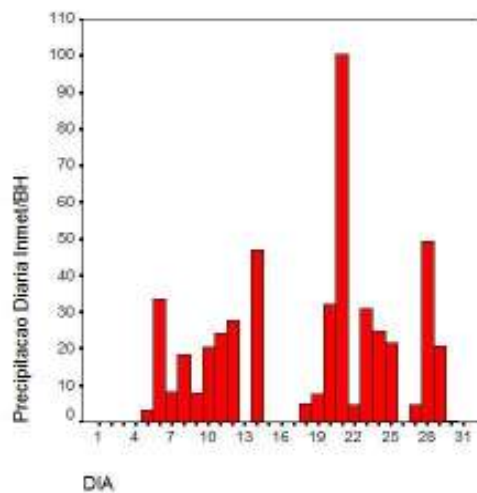


GRÁFICO 41 – Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Belo Horizonte

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

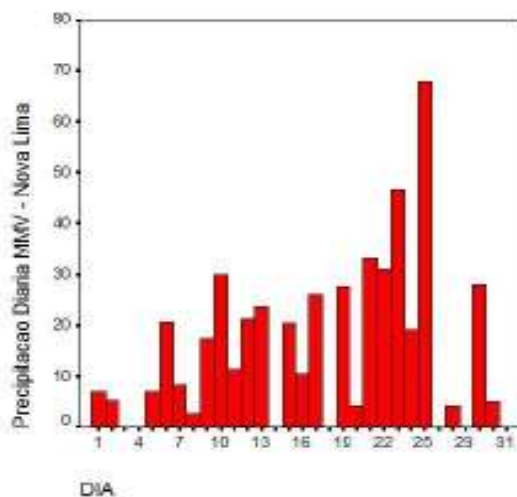


GRÁFICO 42 – Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Nova Lima.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)  
 Acesso em: 5 abr. 2005.

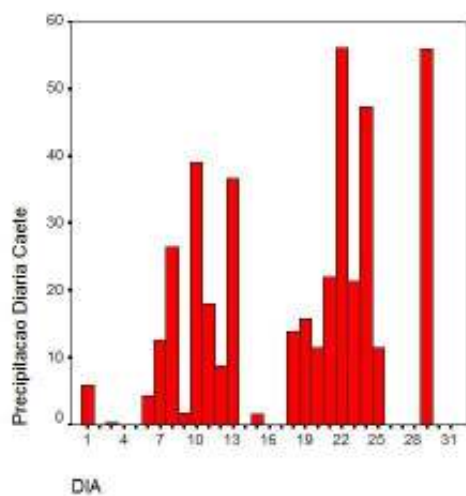


GRÁFICO 43 – Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Caeté.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 5 abr. 2005.

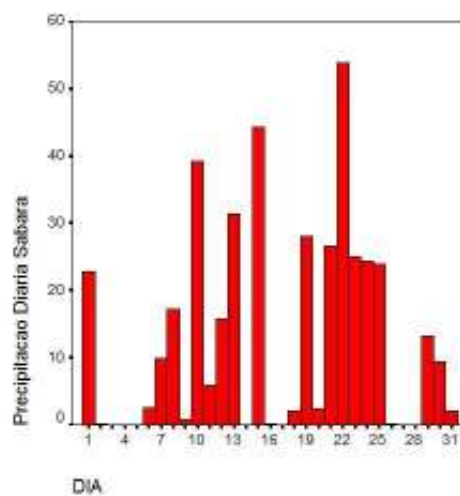


GRÁFICO 44 – Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Sabará.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 5 abr. 2005.

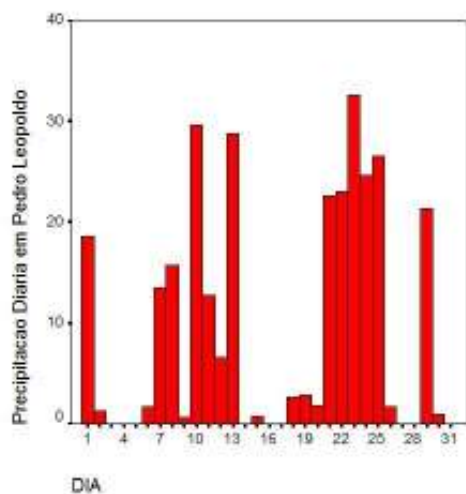


GRÁFICO 45 – Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Pedro Leopoldo.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 5 abr. 2005.

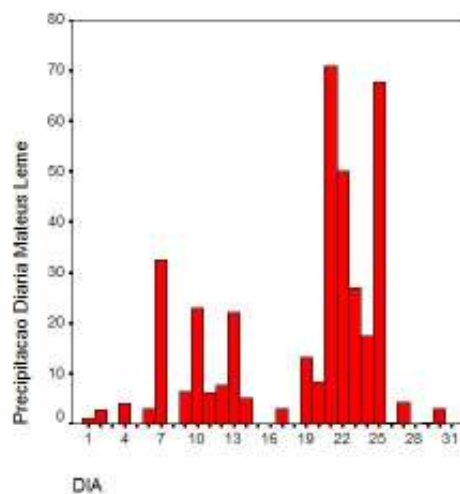


GRÁFICO 46 – Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Mateus Leme.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 5 abr. 2005.

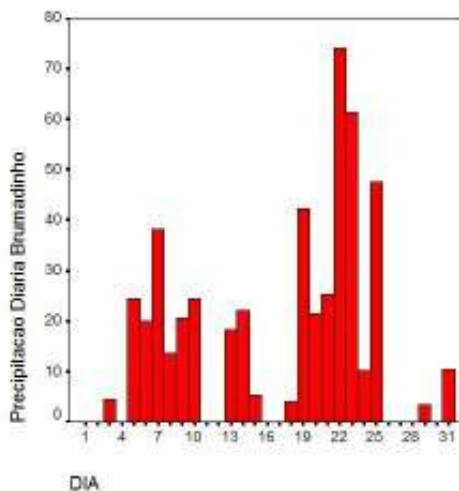


GRÁFICO 47 – Histograma de precipitação em mm de dezembro de 2004 em Brumadinho.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 5 abr. 2005.

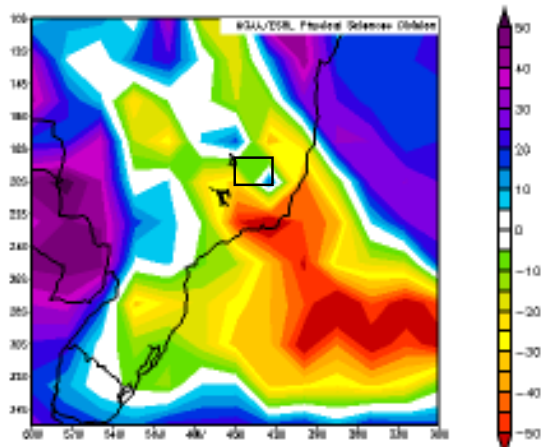
As chuvas ocorridas no período de 9 a 13 de dezembro deveram-se ao primeiro SF do mês que penetrou no Rio Grande do Sul no dia 4. Segundo o CLIMANÁLISE (2004, v. 19, n. 12), esse sistema permaneceu estacionário entre o litoral de Torres-RS e Paranaguá-PR nos dias 5 a 8. A análise sinótica do período mostrou que, no dia 9, o SF atingiu a Região Sudeste brasileira, organizando a convecção tropical ao longo do seu eixo. A estacionaridade desse sistema até o dia 13 configurou a ZCAS que, por meio da análise dos campos de ROL, apresentou sua maior atividade sobre o Oceano Atlântico. Durante todos os dias do evento, o escoamento foi de NW, mensurado nos campos das componentes zonal e meridional do vento, assim como observado na TAB. 6.

As variáveis meteorológicas de superfície observadas no 5º Disme/INMET em Belo Horizonte delinearam o padrão atmosférico associado a eventos de precipitação persistente, já verificados nos outros episódios. A primeira tendência negativa da pressão atmosférica média diária ocorreu entre os dias 5 e 12 (GRAF. 48). A UR foi superior a 75% nos casos de chuvas do mês e durante o episódio, chegou a registrar 91% no dia 12 (GRAF. 49). A temperatura máxima apresentou

tendência negativa do dia 5 a 11, dado o aumento de nebulosidade às 24h TMG desde o dia 4 (GRAF. 50 e 51). A presença de nuvens nos dias chuvosos impede que a radiação solar de ondas curtas aqueça a superfície, pois as nuvens são altamente refletoras dessa radiação. Em contrapartida, nos períodos noturnos, a nebulosidade impede a perda de radiação de onda longa emitida pela superfície, para o espaço. Então, aquece a atmosfera e reduz as variações de temperatura mínima.

O dia 10 caracterizou-se pela maior quantidade de precipitação acumulada na maior parte das localidades, vista nos GRAF. 41 a 47. A carta sinótica das 12h TMG (ANEXO B) mostrou que o SF atingiu a costa sudeste na altura de 20°S, com presença de células de baixa pressão em todo o território continental, ou seja, a expansão da massa equatorial continental (cE), resultante do aquecimento durante o verão no HS. O campo de anomalias de ROL (FIG. 35) indicou que as anomalias negativas da banda de nebulosidade associada ao SF, e sua interação com a convecção tropical, se estenderam do Oceano Atlântico ao sul do Estado do Piauí, com maior anomalia negativa na porção sul-oceânica até a costa do Estado do Rio de Janeiro. Na RMBH, as anomalias negativas de ROL foram próximas da média, e anomalias positivas foram registradas na porção SE da área de estudo (situada entre as coordenadas 18° a 20° sul e 42 a 45° oeste).

As imagens IR dos horários de 0h a 6h TMG (FIG. 36) desse dia mostraram o aumento de nebulosidade na Região central do Estado de Minas, assim como a banda de nebulosidade no sentido NW-SE, desde o Estado do Amazonas até o Oceano Atlântico. Segundo o CLIMANÁLISE (2004, v. 19, n. 12), a Alta da Bolívia esteve bem configurada durante todo o mês de dezembro. Na FIG. 36, notou-se o giro anticiclônico por meio das nuvens cirros na Região NW da Amazônia e no Peru. A imagem ainda permitiu identificar, pela disposição da nebulosidade, o cavado na Região Sul do Brasil e a ausência de nebulosidade sugeriu atuação do VCAN na região nordestina brasileira.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
 FIGURA 35 – Campo de anomalia de ROL em  $W/m^2$  - 10 de dezembro de 2004, topo da atmosfera.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).  
 Acesso em: 3 jan. 2007.

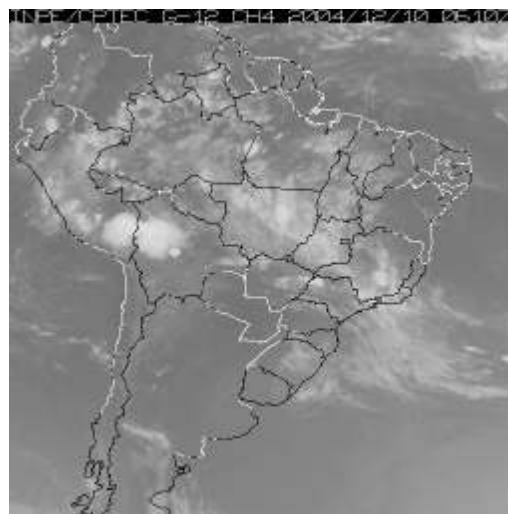
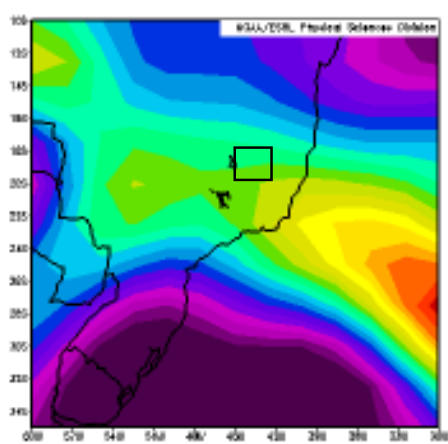


FIGURA 36 – Imagem IR GOES-8 em 10/12/2004 às 6h10 TMG.

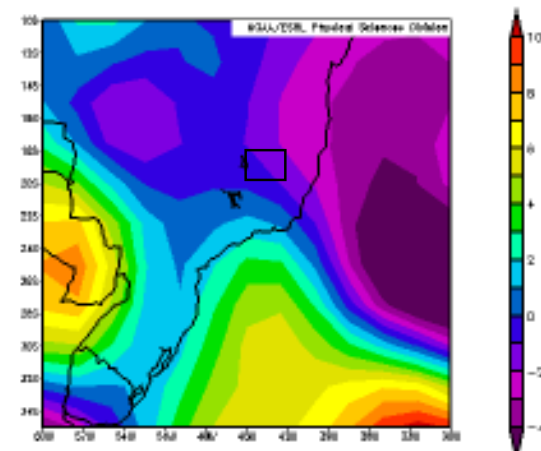
Fonte: Disponível em:  
<http://satelites.cptec.inpe.br>.  
 Acesso em: 5 set. 2006.

Os campos das componentes do vento (FIG. 37 e 38), zonal e meridional, mostraram que o escoamento predominou de NW na RMBH, assim como nos outros dias do episódio. A componente meridional é bem ilustrativa da zona frontal entre as massas de ar. Houve deslocamento em relação ao dia anterior, como observado no campo de anomalia de ROL e nas imagens de satélite.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
 FIGURA 37 – Campos de vento médio zonal em m/s em 850hPa para 10/12/2004.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov). Acesso em: 3 jan. 2007.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
 FIGURA 38 – Campos de vento médio meridional em m/s em 850hPa para 10/12/2004.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov). Acesso em: 3 jan. 2007.

Nos dias 11 e 12, o sistema permaneceu estacionário, o que acarretou queda da temperatura máxima em 7°C (GRAF. 50), aumento da UR em 11% (GRAF. 49), ou seja, aumento da nebulosidade (GRAF. 51). No dia 13, essas variáveis apresentaram comportamentos contrários – por exemplo, a UR diminuiu 24,5%. Na carta sinótica, observou-se que o SF encontrava-se em oclusão na costa sudeste do Brasil. O campo de ROL indicou que não houve anomalia no quadrante geográfico da RMBH, porém os campos de vento revelaram que o escoamento ainda predominava de NW, como na TAB. 6. No dia 14, não houve registro de precipitação na maioria das localidades analisadas.

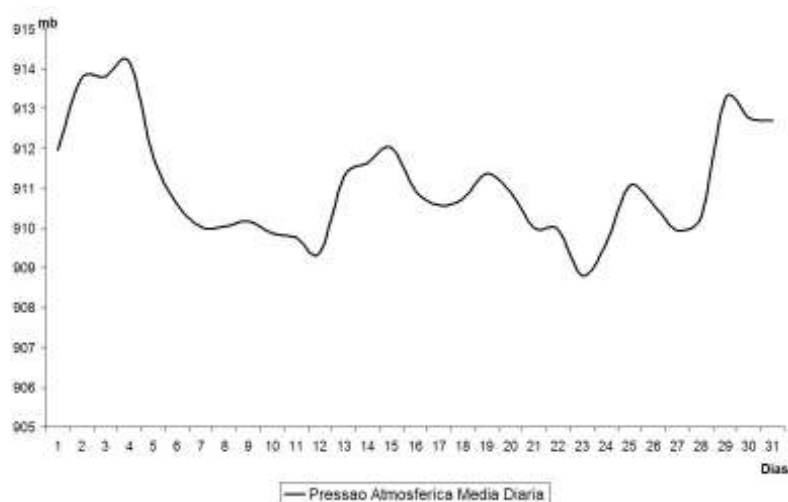


GRÁFICO 48 – Linha poligonal da pressão atmosférica média diária a superfície de dezembro de 2004 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

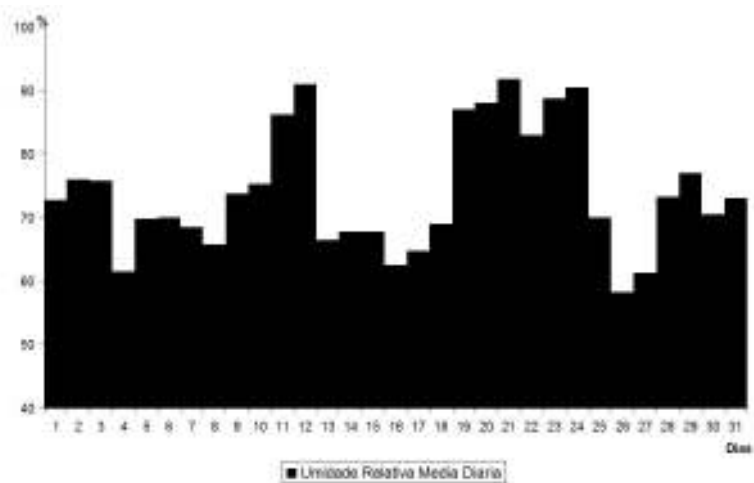


GRÁFICO 49 – Histograma de umidade relativa do ar de dezembro de 2004 em Belo Horizonte.  
Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

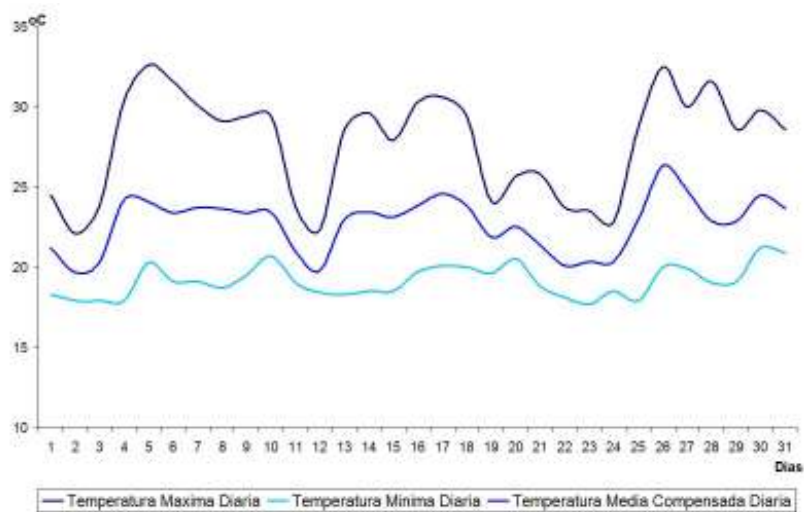


GRÁFICO 50 – Linha poligonal da temperatura média compensada, temperatura máxima e mínima de dezembro de 2004 em Belo Horizonte.  
Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

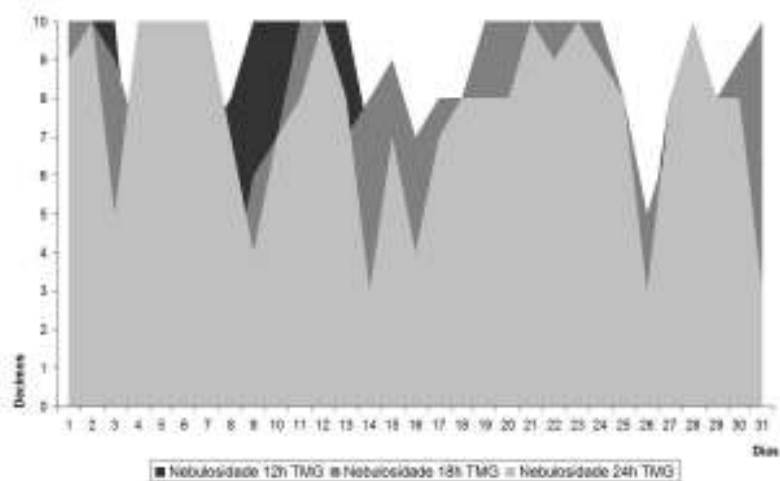


GRÁFICO 51 – Histograma de nebulosidade de dezembro de 2004 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

TABELA 6

Direção e sentido do vento em superfície em Belo Horizonte – Dezembro de 2004

Dia / Horário	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
12h TMG	←	↙	←	↙	↙	↙	←	↙	↓	↘	
18h TMG	←	↙	↙	↙	↘	←	→	↘	→	↘	
24h TMG	←	←	↙	↙	↙	←	↘	↑	←	↘	
Dia / Horário	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
12h TMG	↘	↘	↘	←	↙	↙	↙	←	←	↙	
18h TMG	↘	↘	↘	↘	↘	↙	↘	←	↙	↑	
24h TMG	→	←	↙	↙	↙	←	↘	←	→	↘	
Dia / Horário	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
12h TMG	↘	↑	←	←	←	↙	↓	↙	↙	←	↘
18h TMG	→	↙	↙	↘	↘	↙	↙	↘	↙	↙	←
24h TMG	↙	↙	↙	↘	←	←	↑	↙	←	←	↘

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

### 5.3.4.1 Os impactos sócio-ambientais do episódio de chuvas de 9 a 13 de dezembro de 2004

Além dos impactos sócio-ambientais freqüentes na RMBH durante os episódios de chuvas persistentes, há também aqueles relacionados à organização urbana. O Jornal ESTADO DE MINAS freqüentemente denuncia o caos no trânsito na cidade de Belo Horizonte durante os episódios de chuvas. Na FIG. 39, lê-se que as chuvas causadas pelo primeiro evento de ZCAS do mês não causaram danos sócio-ambientais na RMBH, porém 85 mm (média espacial em cinco dias) foram suficientes para atrapalhar a fluidez do trânsito na cidade e nas principais rodovias de acesso a capital.

#### ● CHUVA

A frente fria que atuou em Belo Horizonte e região metropolitana provocando chuva no final de semana se desloca, a partir de hoje, para as regiões Norte, Nordeste e Leste do Estado. Apesar do grande volume de água que atingiu as cidades da Grande BH (foto), o Corpo de Bombeiros e a Defesa Civil de vários municípios não registraram ocorrências graves de desabamentos ou alagamentos. Mas o trânsito ficou complicado em alguns pontos. Na região da Pampulha, em Belo Horizonte, o trânsito ficou complicado no cruzamento das avenida Antônio Carlos e Otacílio Negrão de Lima. A água tomou conta da pista dificultando a passagem de veículos. Na BR-381 em Ravena, na Grande BH, um caminhão-baú tombou na pista, no início da tarde. O trânsito ficou interditado nos dois sentidos até às 16h causando pelo menos cinco quilômetros de congestionamento. A PRF informou que a retirada da carga terminou no final da tarde, mas o trânsito continuou complicado. Até às 19h, a passagem dos carros era feita de forma alternada porque o caminhão ainda continuava na beira da pista. O motorista não se feriu.



RENATO WEIL

FIGURA 39 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 13 dez. 2004.

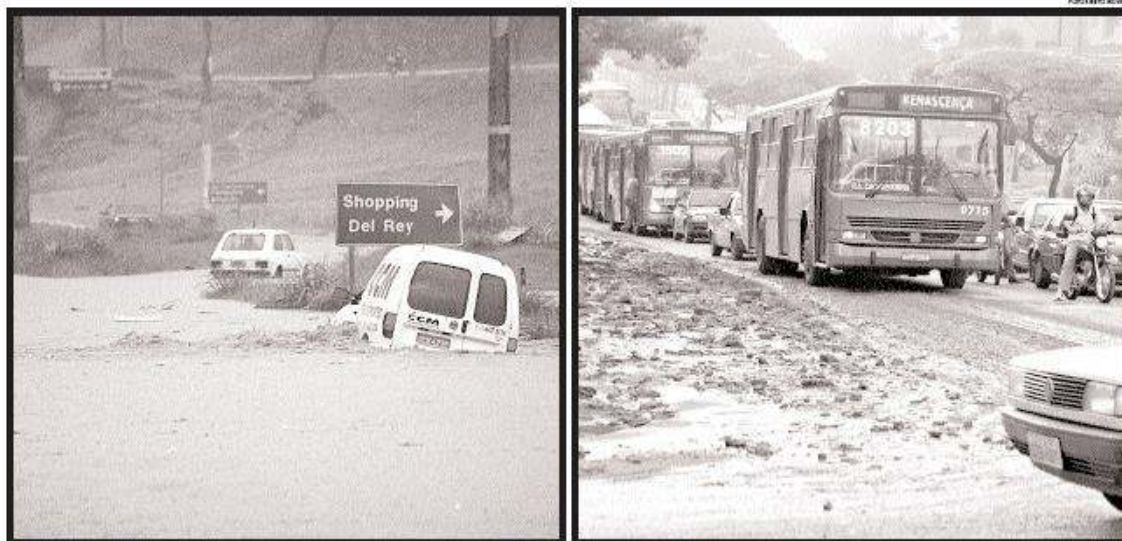
Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 28 fev. 2007.

Segundo o CLIMANÁLISE (2004, v. 19, n. 12), o evento de ZCAS perdurou de 9 a 14 nesse mês de dezembro. Os GRAF. 41 a 47 indicaram que não houve precipitação, na maioria das localidades analisadas, no dia 14. Nos GRAF. 48 a 51 foi visto que, no dia 13, a pressão voltou a subir, a UR teve queda de aproximadamente 25%, a temperatura máxima aumentou 6°C e, no dia 14, a nebulosidade diminuiu nos três horários de observação. Entretanto, no GRAF. 41 registrou-se 47 mm de chuvas, em Belo Horizonte, nesse dia 14 e o noticiário foi muito maior que nos dias anteriores. Na FIG. 40, exemplificaram-se as conseqüências dessa chuva que, segundo as reportagens, durou 70 minutos e causou interrupção de energia elétrica em 11 bairros, congestionamentos com mais de 6 km de engarrafamento e alagamentos das principais avenidas, por exemplo, da Avenida Antônio Carlos, no entroncamento com a Avenida Pedro II, assim como vários pontos da cidade. Segundo o Jornal, o principal problema foi a insuficiência de canais de recolhimento da enxurrada e, ainda, o entupimento das poucas bocas-de-lobo e bueiros nas vias públicas.

No campo de ROL do dia 14, ficou evidente, ainda, o predomínio da faixa de anomalias negativas, desde o norte do Brasil ao litoral do Espírito Santo - Bahia. Essa faixa abarcou o lado oriental da RMBH sendo que, no dia anterior, não ocorreram anomalias negativas sobre a região de estudo, pois havia desconexão entre a banda de nebulosidade característica da convecção tropical e a associada ao SF. A seqüência de imagens IR do dia 13 mostrou o deslocamento do SF para o norte de Minas, com predominância de céu claro sobre a região central e sul de Minas. Assim como verificado nos campos de ROL, as imagens de satélite IR do dia 14 mostraram que a banda de nebulosidade, que predominou desde o Estado do Piauí ao Litoral do Espírito, recuou sobre o Estado de Minas Gerais. O campo de anomalias de ROL do dia 15 revelou que a faixa de anomalias ainda predominou na costa sudeste do Brasil até aproximadamente 48° W, porém, no restante do território nacional, foram verificadas anomalias positivas de ROL, ou seja, a desconfiguração do fenômeno ZCAS.



Motoristas passaram grande susto, diante das fortes enxurradas, mas ninguém ficou ferido. Comerciantes sofreram perdas e alguns carros foram danificados em acidentes



Carros são levados pela forte enxurrada, no Anel Rodoviário, perto do cruzamento com a avenida Carlos Luz, no região da Pampulha. Na Amazonas, esquina de Francisco Sá, lama cobre a pista e dificulta o tráfego

FIGURA 40 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 15 dez. 2004.  
 Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 28 fev. 2007.

### **5.3.5 As chuvas de novembro de 2005**

Novembro, como se pode observar na TAB. 2, foi o mês de maior frequência no Q3. O terceiro caso de chuvas desse mês em 2005 (dias 18 a 21) esteve próximo da mediana dos eventos de precipitação (TAB. 2). Esse episódio perdurou por quatro dias de chuva seguidos, com 95 mm, e representou um evento típico de precipitação persistente na RMBH.

Esse mês apresentou quatro episódios de chuvas. O primeiro acumulou, em média espacial, 69 mm, o segundo 43 mm, o terceiro, 95 mm, e, o último, 49 mm. Segundo o CLIMANÁLISE (2005, v. 20, n. 11), as chuvas no mês de novembro excederam a média histórica em praticamente todo o Estado de Minas Gerais, assim como toda a Região Sudeste do Brasil.

Nos GRAF. 52 a 58 mostraram-se que as chuvas foram extremamente fortes somente no terceiro episódio do mês, em praticamente todas as localidades, exceto em Pedro Leopoldo, onde as chuvas foram fortes a extremamente fortes em pelo menos um dia de cada caso e o dia 9 foi o mais chuvoso. Segundo o CLIMANÁLISE (2005, v. 20, n. 11), houve três episódios de ZCAS: 10 a 15, 17 a 21 e 24 a 28. Os histogramas de precipitação sugeriram que o fenômeno foi mais atuante na RMBH no período de 17 a 21, pela regularidade temporal e espacial das chuvas.

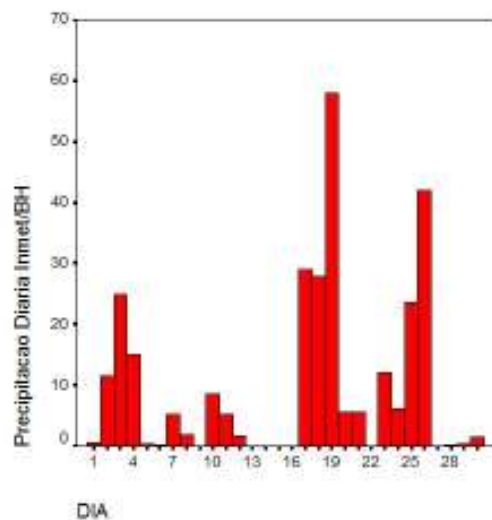


GRÁFICO 52 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Belo Horizonte.  
Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

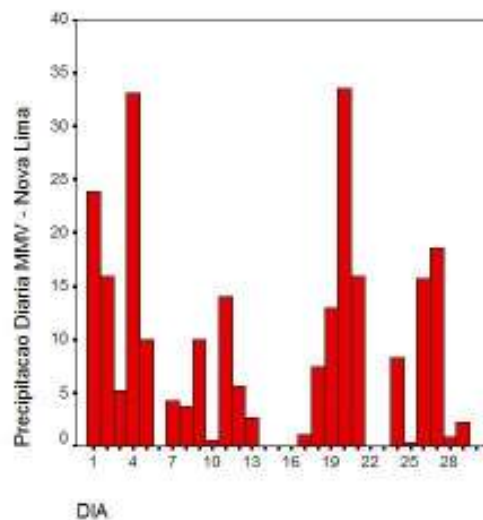


GRÁFICO 53 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Nova Lima.  
Fonte de dados: Disponível em: [www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
Acesso em: 10 maio 2005.

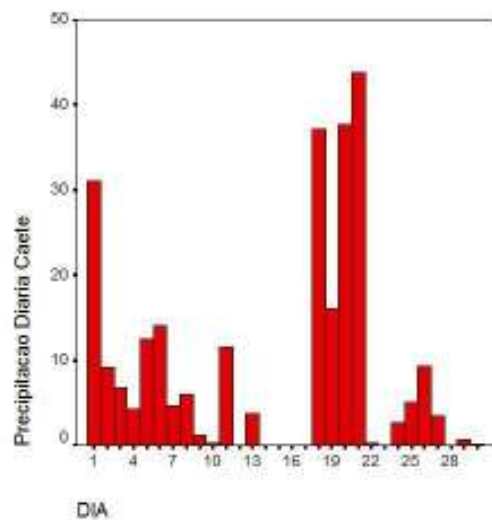


GRÁFICO 54 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Caeté.  
Fonte de dados: Disponível em: [www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
Acesso em: 10 maio 2005.

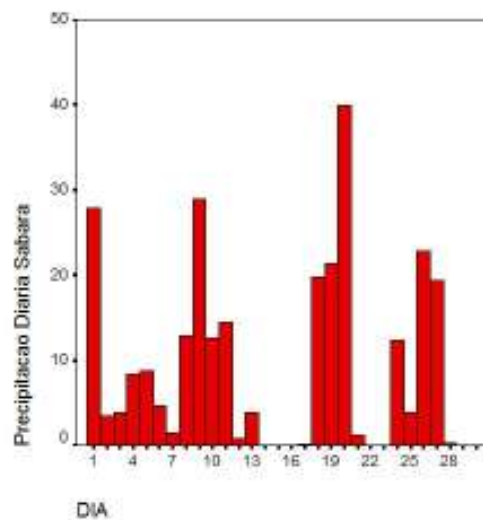


GRÁFICO 55 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Sabará.  
Fonte de dados: Disponível em: [www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
Acesso em: 10 maio 2005.

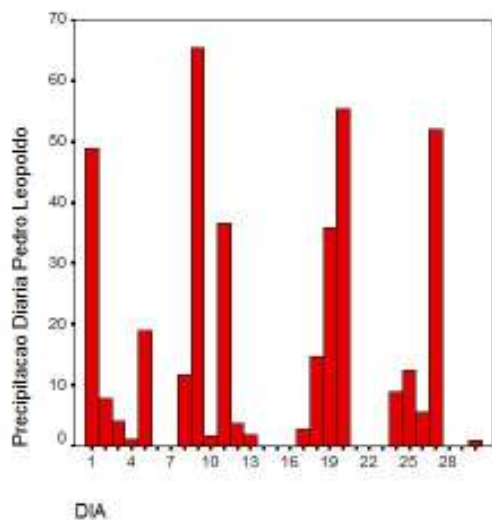


GRÁFICO 56 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Pedro Leopoldo.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 10 maio 2005.

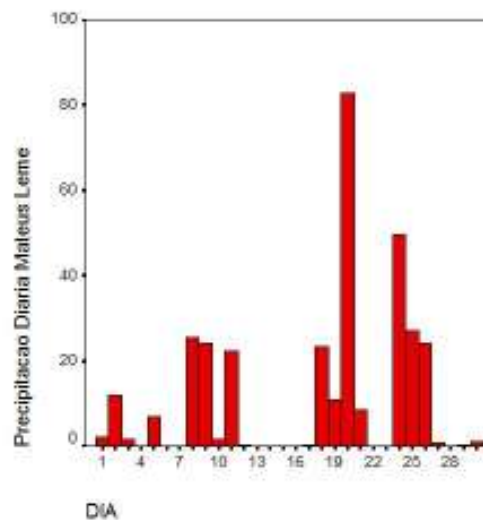


GRÁFICO 57 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Mateus Leme.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 10 maio 2005.

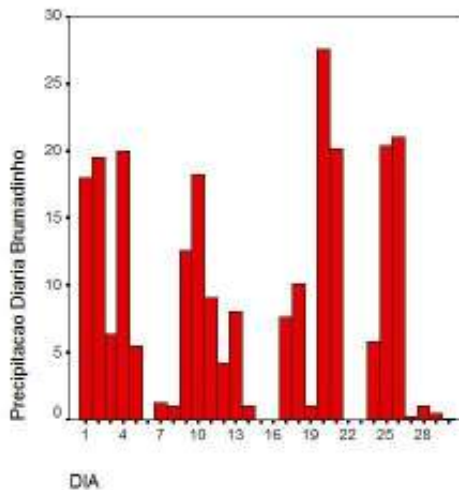


GRÁFICO 58 – Histograma de precipitação em mm de novembro de 2005 em Brumadinho.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br).  
 Acesso em: 10 maio 2005.

No CLIMANÁLISE (2005, v. 20, n. 11) destacou-se que, nos três eventos de ZCAS, alguns aspectos do modelo conceitual não foram verificados. O segundo evento de ZCAS no mês de novembro de 2005 apresentou, segundo o boletim, o escoamento padrão-associado à ZCAS em 200hPa, ou seja, a Alta da Bolívia e o Cavado sobre o Nordeste. Entretanto, o campo de temperatura de brilho médio não apresentou uma faixa organizada de nebulosidade.

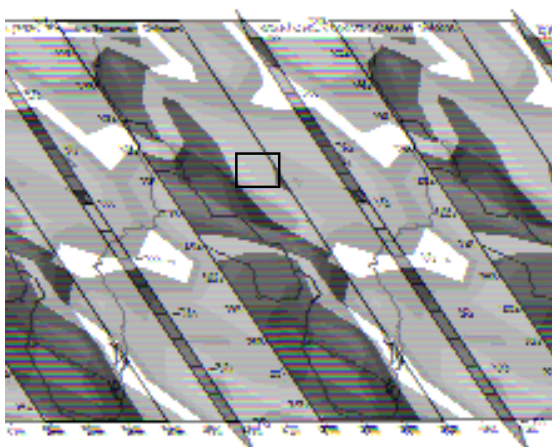
Na maioria das localidades vistas nos GRAF. 54 a 60, as chuvas foram registradas do dia 17 ao dia 21, segundo evento de ZCAS. No dia 17, houve atuação do quarto SF, que penetrou no sul do Brasil no dia 16. Esse sistema teve rápido deslocamento na costa sul-sudeste, onde organizou a convecção tropical e permaneceu estacionário nos dias 18 e 19 sobre os Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. O quinto SF estava no Rio Grande do Sul no dia 19 e, ao longo desse dia, deslocou-se até a Região Sudeste. A imagem de satélite IR às 18h TMG indicou que esse sistema avançou e reforçou o antigo SF, que se configurou como uma frente quente.

No dia 20, houve acúmulo espacial médio de 50 mm de chuvas na RMBH. Nos GRAF. 57 e 56, notou-se 82,5 mm em Mateus Leme e 55 mm em Pedro Leopoldo. Nas outras localidades, as chuvas foram classificadas como moderadas a fortes, com exceção de Belo Horizonte, que registrou apenas 5,5 mm, embora no dia anterior tenha sido registrado, aproximadamente, 60 mm.

No GRAF. 59 viu-se a variação da pressão atmosférica média diária. Observou-se que as quedas de pressão ocorreram nas vésperas de registro ou intensificação das precipitações. No GRAF. 60 notou-se que, no dia 17, a UR aumentou 20% em relação ao dia anterior. No período que antecedeu o terceiro evento de precipitação, houve queda de 8,5°C na temperatura máxima e não houve variabilidade significativa na mínima (GRAF. 61). Entre os dias 20 e 21, ocorreu nova queda na temperatura máxima (5,2°C), já que a nebulosidade apresentou variações de 50% no horário das 18h TMG no dia 20 (GRAF. 62), quando a UR apresentou uma queda de 11,5%.

A carta sinótica do dia 19 às 12h TMG (ANEXO B) apresentou o SF próximo a 25° S, associado à CT. No campo de ROL (FIG. 41), são apresentados duas bandas de nebulosidade: uma, no sentido meridional sobre o Oceano, e outra

no sentido zonal, sobre o continente. A seqüência de imagens de satélite mostrou o deslocamento do SF, semelhante ao indicado pelas anomalias de ROL. Na imagem IR das 21h TMG (FIG. 42) destaca-se a banda de nebulosidade no sentido NW-SE desde o Estado do Amazonas ao Oceano Atlântico. Minas Gerais teve, praticamente, todo território coberto com nuvens convectivas, o que acarretou as chuvas registradas no dia seguinte às 9h local. Na FIG. 42 foi possível identificar, por meio da nebulosidade, o cavado na Região Sul do País.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
 FIGURA 41 – Campo de anomalia de ROL em  $W/m^2$  - 19 de novembro de 2005, topo da atmosfera.  
 Fonte de dados: Disponível em: [www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).  
 Acesso em: 24 jan. 2007.

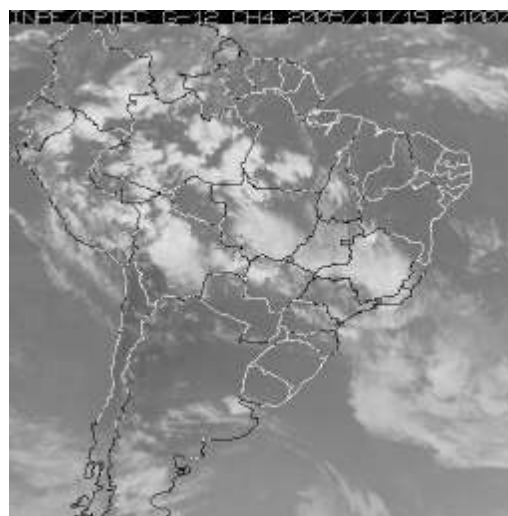
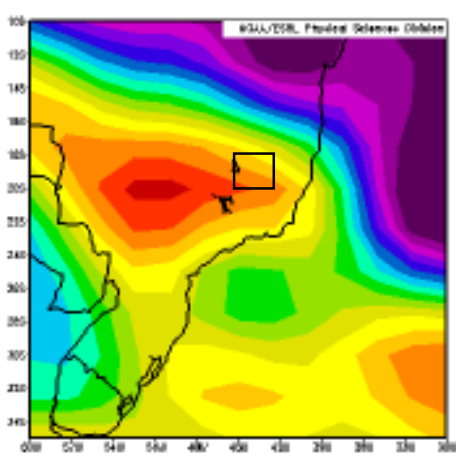


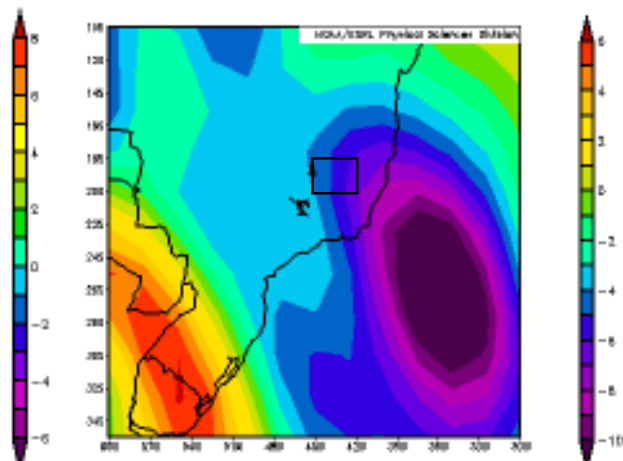
FIGURA 42 – Imagem IR GÓES-12 em 19/11/2005 às 21h TMG.  
 Fonte: Disponível em: <http://satelites.cptec.inpe.br>.  
 Acesso em: 2 set. 2006.

Os campos das componentes (zonal e meridional) do vento permitiram inferir que o escoamento predominou de NW no dia 19 (FIG. 43 e 44). A zona de convergência dos ventos norte/sul, no campo meridional, situou-se na Região Sul brasileira. Na componente zonal, a zona de convergência dos ventos encontrou-se ao norte de  $20^{\circ}$  S. A região de valores negativos na componente zonal representa a área sem nebulosidade visto na FIG. 42. A faixa entre essas zonas de convergência (das duas componentes) é a região de maior nebulosidade, sob a qual se encontrava a RMBH.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
 FIGURA 43 – Campos de vento médio zonal em m/s em 850hPa para 19/11/2005.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).  
 Acesso em: 24 jan. 2007.



□ Quadrante geográfico da RMBH.  
 FIGURA 44 – Campos de vento médio meridional em m/s em 850hPa para 19/11/2005.

Fonte de dados: Disponível em:  
[www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov).  
 Acesso em: 24 jan. 2007.

No dia 20, o campo de ROL revelou ausência de anomalia na RMBH. Houve aumento de anomalias positivas em grande parte do território brasileiro, no sentido meridional. As variáveis observadas em superfície mostraram que houve redução de 11,5% de UR e a temperatura aumentou 2°C. A imagem IR das 12h TMG (FIG. 45) indicou redução da nebulosidade, com presença de nuvens baixas associadas à retaguarda do SF. Na imagem IR das 18h TMG (FIG. 46) vê-se que alguns núcleos convectivos aumentaram no Brasil Central e Minas Gerais, alinhados ao SF que predominou no Oceano, próximo à costa do Espírito Santo e da Bahia. Os campos de vento, zonal e meridional, registraram que o escoamento passou a ser, predominantemente, de SE. A componente meridional indicou que a zona de convergência dos ventos norte/sul avançou para Sudeste. No dia 21, foram registradas chuvas moderadas em Caeté e Brumadinho, postos pluviométricos situados na porção leste da RMBH, e chuvas fracas nas outras localidades. No dia seguinte, não houve registro de precipitação em nenhum dos locais de coleta.

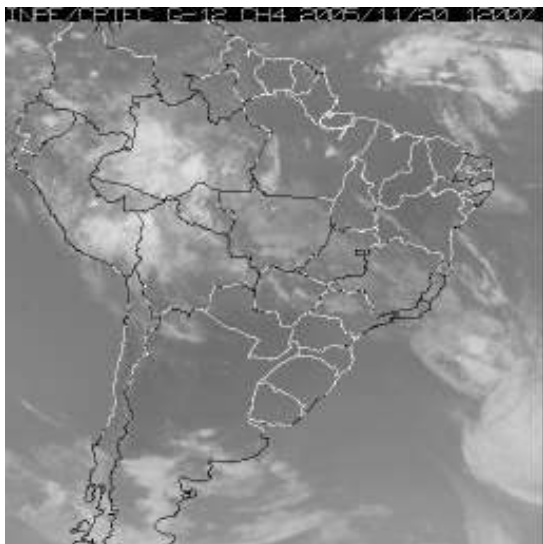


FIGURA 45 – Imagem IR GÓES-12 em 20/11/2005 às 12h TMG.

Fonte: Disponível em:  
<http://satelites.cptec.inpe.br>  
 Acesso em: 2 set. 2006.

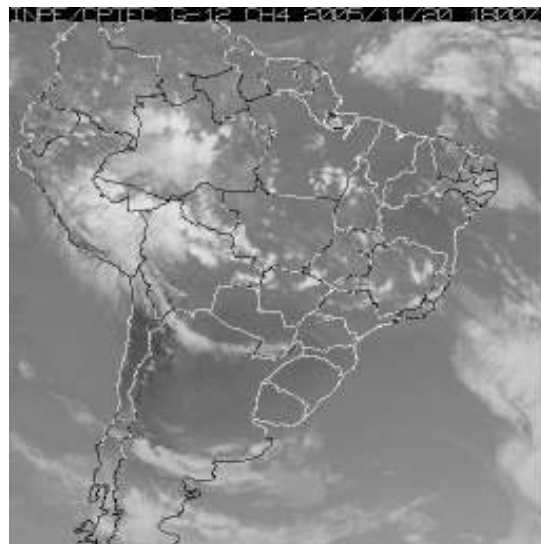


FIGURA 46 – Imagem IR GÓES -12 em 20/11/2005 às 18h TMG.

Fonte: Disponível em:  
<http://satelites.cptec.inpe.br>  
 Acesso em: 2 set. 2006.

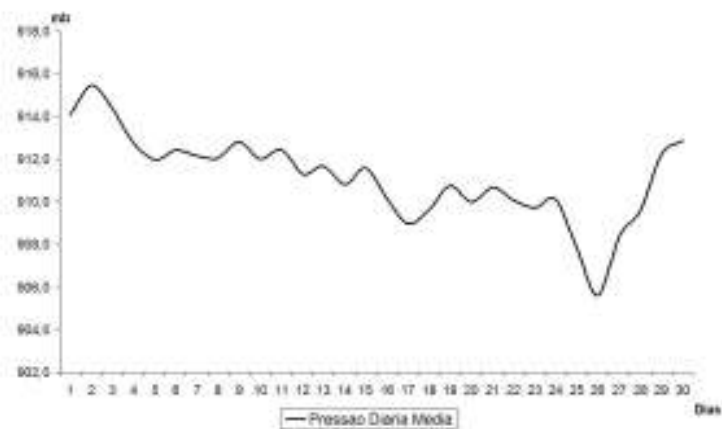


GRÁFICO 59 – Linha poligonal da pressão atmosférica média diária a superfície de novembro de 2000 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

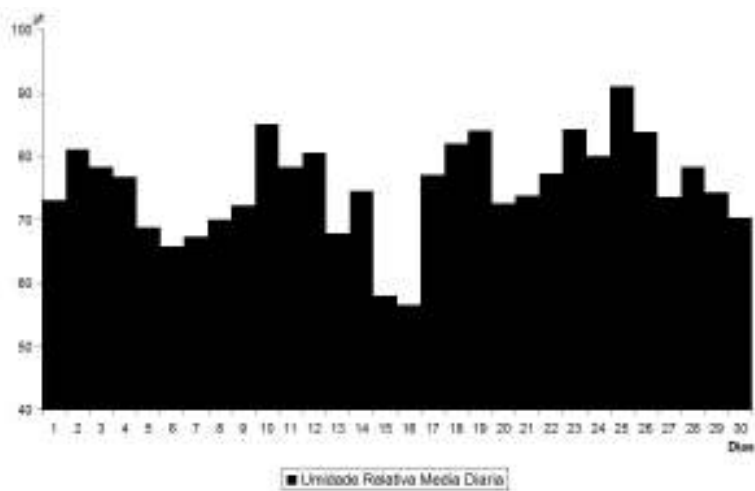


GRÁFICO 60 – Histograma de umidade relativa do ar média diária de novembro de 2005 em Belo Horizonte.  
Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

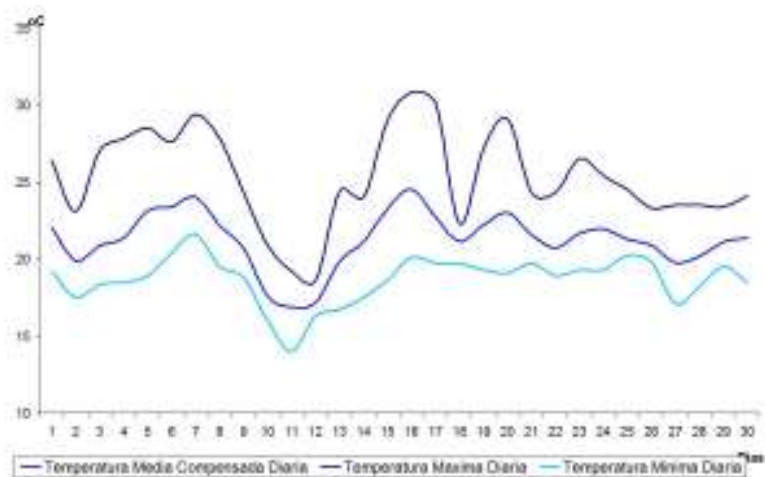


GRÁFICO 61 – Linha poligonal da temperatura média compensada, temperatura máxima e mínima de novembro de 2005 em Belo Horizonte.  
Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

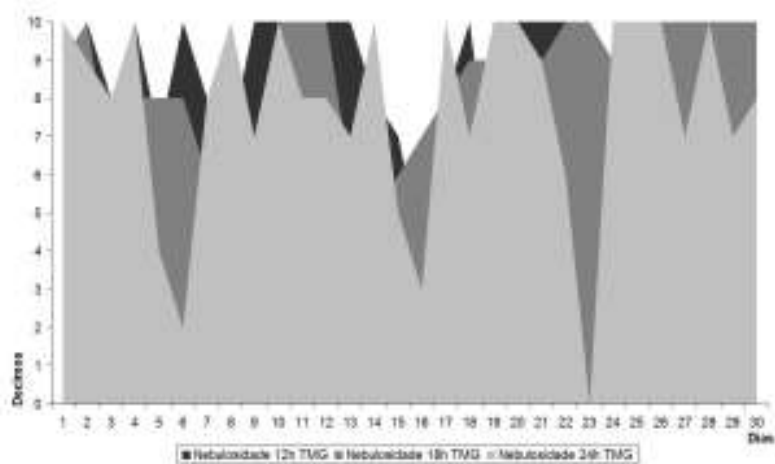


GRÁFICO 62 – Histograma de nebulosidade de novembro de 2005 em Belo Horizonte.

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

TABELA 7

Direção e sentido do vento em superfície em Belo Horizonte – Novembro de 2005

Dia / Horário	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12h TMG	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
18h TMG	←	←	←	←	↓	←	←	←	←	←
24h TMG	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
Dia / Horário	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12h TMG	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
18h TMG	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
24h TMG	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
Dia / Horário	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
12h TMG	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
18h TMG	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
24h TMG	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←

Fonte de dados: 5º Disme/INMET.

### 5.3.5.1 Os impactos sócio-ambientais do episódio de chuvas de 19 a 21 de novembro de 2005

No mês de novembro, o volume de reportagens sobre os impactos das chuvas foi menor que em dezembro e janeiro, quando houve maior número de episódios de chuvas e ainda maior acúmulo de água no solo. Na FIG. 47 lê-se que o segundo evento de ZCAS continente sul-americano deixou seus estragos em Belo Horizonte, tais como quedas de energia e de árvores e engarrafamentos no trânsito.

ESTADO DE MINAS • SABADO, 19 DE NOVEMBRO DE 2005

24

GERAIS

#### CIDADE INUNDADA

Chuvas destroem telhado, interdita maternidade e causam acidentes em toda a cidade. Motorista é ferido em queda de árvore. A previsão é de mais água no fim de semana

## Temporal provoca estragos

Iranian Fianon

A forte chuva que castigou a Região Metropolitana de Belo Horizonte, na madrugada de ontem, destruiu um telhado da Maternidade Hilda Brandão, do grupo Santa Casa de Misericórdia, na rua Álvares Maciel, bairro Santa Fígúnia, região Oeste da capital. Gestantes que estavam em trabalho de parto foram transferidas para outros hospitais. O bloco cirúrgico ficou interditado até amanhã e a regularização do atendimento a pacientes em estado grave será normalizado segunda-feira. No Anal Rodoviário, foram registrados mais de dez acidentes envolvendo veículos pequenos e caminhões. Na Avenida Antônio Carlos, em frente ao Conjunto do IAPF, no bairro São Cristóvão, uma árvore caiu na tarde de ontem, em cima de um carro, deixando ferido o motorista Hélio Sena (65 anos), de 52 anos.

Segundo os bombeiros que levaram para o Hospital Civilion Behrens, Hélio trafegava normalmente, no sentido Fampulha/Centro, quando de repente, a árvore, de cerca de 12 metros, tombou e caiu em cima do Santana Quartum, placa QPW 6598, de Belo Horizonte, atingindo o motorista em cheio. Um bombeiro disse que a árvore



Defesa Civil alerta para a ocorrência de chuva forte e raios, hoje, principalmente em Belo Horizonte e na região metropolitana

re poderia estar podre, já que não tinha raízes profundas. Médicos do Odilon Behrens informaram que Hélio teve paralisia nos braços e pernas, mas que o

quadro poderia mudar. Ele foi transferido no fim da tarde para o Hospital Mater Dei.

Os mineiros podem preparar guarda-chuvas para este fim

de semana. Até a noite de amanhã, as chuvas devem continuar em todo o estado, menos nas regiões Norte e Nordeste, nas quais elas só devem chegar na

madrugada de domingo. Um comunicado da Secretaria Nacional de Defesa Civil (sede) alerta para a ocorrência de chuvas fortes e raios, hoje, nas re-

giões Sul, Leste, Centro e Centro de Minas, inclusive Belo Horizonte e região metropolitana, além de outros cinco estados brasileiros, e para a possibilidade de alagamentos e deslizamentos de terra nessas áreas.

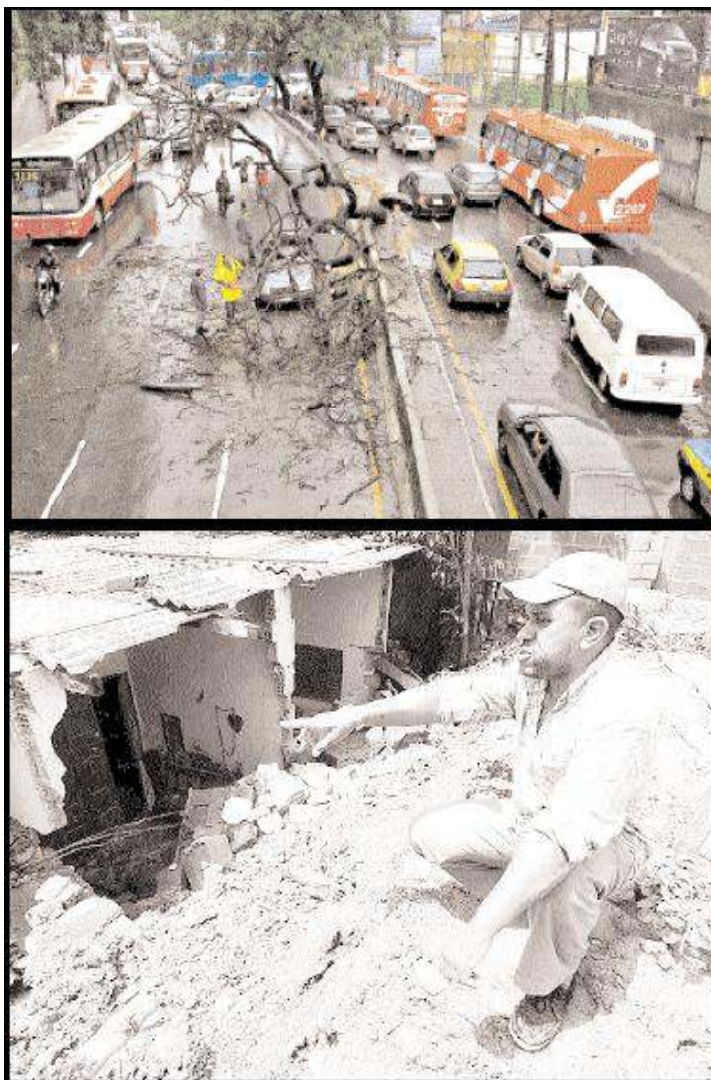
De acordo com o meteorologista Rubran dos Reis, do MG Tempo (emig/PTC) Minas, apesar das chuvas em todo o estado, as temperaturas devem ficar estáveis, variando entre a máxima de 26 graus e a mínima de 17 graus. As chuvas que atingem o estado desde quinta-feira são provocadas por uma frente fria que vem da Região Sul do país e que, até domingo, deve chegar ao Noroeste de Minas, perdendo força ras demais áreas do estado. A previsão para a próxima semana em Belo Horizonte é de tempo nublado ou parcialmente nublado na maior parte do dia e pancadas de chuvas nos fins de tarde.

Segundo levantamentos do MG Tempo, os bairros da capital mais atingidos pelas chuvas da madrugada de ontem foram Nova Suíssa, na região Oeste e Coração Eucarístico, no Noroeste onde choveu mais de 30 milímetros em cerca de 12 horas. No acumulado de novembro, as chuvas chegaram a 102 milímetros na capital, 45% do previsto para o mês.

FIGURA 47 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 19 nov. 2005.

Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 20 mar. 2007.

Nas últimas estações chuvosas, observou-se a diminuição de reportagens sobre os impactos sócio-ambientais na RMBH, fato que pode estar associado ao crescimento de medidas mitigadoras adotadas pela Defesa Civil em Belo Horizonte. Segundo a Prefeitura do Município, desde 1994 foi criado o Programa Estrutural em Área de Risco (PEAR), que trabalha com o monitoramento e a convivência com o risco de deslizamento, enchentes, etc. Zanatta (2007) ressaltou que como é inviável à PBH reconstruir todas as casas em locais impróprios para ocupação, são realizadas, periodicamente, obras de infra-estrutura, melhoria de acessos e apoio a obras individuais, assim como a realização de intervenções emergenciais, colocação de lonas plásticas em encostas e a remoção temporária ou definitiva das famílias. Segundo a Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte (URBEL), nos últimos anos, houve a diminuição de 5 mil moradias em situação de risco, embora 22% da população de Belo Horizonte ainda inspire cuidados. Na FIG. 48 exemplificaram-se os principais problemas enfrentados pela população nesse período de 18 a 21 de novembro de 2005, como queda de árvore com vítima na Avenida Antônio Carlos, falta de energia elétrica em vários municípios da RMBH e deslizamento de encosta no Bairro São Pedro, que destruiu três cômodos de uma residência no dia 20, depois de quatro dias de chuva, como mostrou o GRAF. 52.

**NO ESCURO**

*Até a manhã de ontem, alguns bairros e municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte ainda estavam sem luz, devido à forte chuva de sábado à noite. As áreas mais prejudicadas foram Nova Lima, Ibirité, Brumadinho e Neves. Na capital, grande parte dos bairros Santa Efigênia e Gutierrez também ficou no escuro. Até o fim da tarde de ontem, o fornecimento de energia ainda não tinha sido normalizado em Betim e Sarzedo.*

FIGURA 48 – Reportagem do Jornal ESTADO DE MINAS, 21 nov. 2005.  
Fonte: Disponível em: [www.buscaem.estaminas.com.br](http://www.buscaem.estaminas.com.br). Acesso em: 20 mar. 2007.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, buscou-se identificar o padrão atmosférico local em baixos níveis durante episódios de chuvas persistentes e a possível influência do fenômeno ZCAS. O padrão atmosférico em baixos níveis associado à precipitação é típico de verão – associação do SF a CT –, o que desencadeia queda da pressão na vanguarda do SF, altas taxas de umidade relativa, aumento da nebulosidade e queda de temperatura, particularmente a máxima. Dentre as variáveis de superfície, a direção do vento apresentou maior relação com a ocorrência do fenômeno ZCAS, atualmente conhecido como o principal fenômeno atmosférico de escala sinótica desencadeador de chuvas persistentes e intensas nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste.

A climatologia dos casos de chuvas persistentes mostrou que as precipitações ocorrem na RMBH preferencialmente em novembro, dezembro e janeiro, e, com menor frequência, nos meses de fevereiro e março. Esses episódios ocorrem preferencialmente em três, quatro e cinco dias de chuvas seguidos. Os casos com maior número de dias seguidos são menos recorrentes, porém acumulam maior quantidade de precipitação, o que ocasiona sérios problemas sócio-ambientais, principalmente nas áreas construídas ilegalmente.

A análise estatística permitiu verificar que o critério (chuvas diárias acima de 1 mm, em 80% dos postos pluviométricos e por, pelo menos, três dias consecutivos) utilizado para identificar os casos de chuvas persistentes foi satisfatório, uma vez que a climatologia dos casos estudados foi coincidente com a climatologia vista em Nimer (1979), para os totais mensais de chuvas da Região Sudeste. A distribuição dos casos em categorias do número de dias de chuvas, associada à identificação de episódios de ZCAS, sugeriu que, quanto maior esse número de dias, maior a relação com o fenômeno. A identificação dos episódios de ZCAS também mostrou que ela ocorreu nos meses de maior persistência da precipitação na RMBH.

A análise rítmica permitiu identificar o padrão atmosférico que ocorreu durante os episódios no verão na RMBH. Independentemente dos sistemas

atmosféricos de larga-escala ou escala sinótica, as variáveis meteorológicas, observadas em superfície, ou *elementos fundamentais do clima* (MONTEIRO, 1969), mostraram um comportamento típico. A pressão atmosférica apresentou tendências negativas antes e durante o episódio, e, antes do cessar das chuvas, reverteu sua tendência. O percentual de UR aumentou significativamente nos períodos chuvosos e, durante dias sem chuva, apresentou valores próximos daqueles climatológicos de inverno (secos), o que foi verificado na estatística descritiva, onde a maioria dos casos apresentou UR média superior a 70%. A temperatura máxima sofre influência do aumento de nebulosidade, apresentando tendências negativas. A temperatura mínima não apresenta grandes variações com a nebulosidade.

A velocidade do vento não foi comentada nos casos estudados por meio da análise rítmica, por apresentar pequenas variações na climatologia, como se mostrou na TAB. 1. A direção do vento, analisada por meio dos campos das componentes zonal e meridional, na análise rítmica, mostrou que, em eventos de ZCAS ou padrões atmosféricos típicos, o escoamento em baixos níveis predominou de NW na RMBH. Em episódios sem ocorrência de ZCAS, verificados no CLIMANÁLISE, o escoamento predominante foi de NE. Os ventos, observados em superfície, apresentaram mudança de direção, em um dos horários sinóticos de observação, na vanguarda do sistema e permaneceram durante todo o evento de ZCAS. Em episódios de chuvas com predomínio de SF, o vento mudou de direção na vanguarda e rapidamente voltou a ser do quadrante NE/E/SE durante todo o período de atuação do sistema. Na análise estatística, o vento predominante foi de NE/E/SE em mais de 50% dos casos. Portanto, ressalta-se a importância da técnica análise rítmica na compreensão da dinâmica associada ao padrão atmosférico de chuvas persistentes, onde se observou que a direção dos ventos é a variável indicadora de fenômenos atmosféricos de escala sinótica que atuam na RMBH. Em eventos de ZCAS, ou padrões atmosféricos típicos desse fenômeno, os ventos foram oriundos do quadrante N/NW/W, quando a ZCAS se posicionou ao sul da RMBH.

Os cinco episódios de chuvas persistentes, estudados por meio da análise rítmica, possuem, em comum, a interação da convecção tropical e sistemas frontais, verificados nos campos de ROL e nas imagens de satélite em pelo menos

dois dias durante os casos. Neste trabalho, observou-se que os principais padrões atmosféricos em baixos níveis associados à precipitação persistente na RMBH, são: banda de nebulosidade associada à interação do SF a CT, escoamento em baixos níveis de NW-SE pelo menos durante dois dias, ocorrência de chuvas fortes a extremamente fortes em grande parte da área de estudo, ou seja, padrão atmosférico típico de ZCAS. Segundo Quadro (1994), um dos critérios de classificação desse fenômeno é a persistência da banda de nebulosidade por pelo menos quatro dias, o que justifica a ausência de registro de ZCAS no boletim CLIMANÁLISE.

Outro padrão atmosférico identificado também se caracterizou pela interação da CT ao SF, porém o escoamento em baixos níveis predominou de NE durante todo o episódio, o que não caracterizou o fenômeno ZCAS. Houve caso em que não se identificou a interação da CT ao SF, verificados nos campos de ROL e imagens de satélite, e o escoamento predominou de NW-SE. Sendo coincidente com evento de ZCAS, registrado no CLIMANÁLISE, que se baseou no escoamento em altos níveis.

Observou-se, em todos os episódios, por meio da análise subjetiva de imagens de satélite IR, a possível presença da Alta da Bolívia, do VCAN sobre o Nordeste Brasileiro e o cavado, em 500hPa, a leste dos Andes sobre a Região Sul do Brasil, quando a banda de nebulosidade se encontrava na Região Sudeste, preferencialmente sobre a área de estudo, em concordância com Quadro (1994). Observou-se, também, que a banda de nebulosidade em eventos de ZCAS pode sofrer pequenas flutuações espaciais que ocasionou flutuações temporais da precipitação, com reduções dos totais diários durante episódios de chuvas persistentes.

Os impactos sócio-ambientais causados por essas chuvas independem do fenômeno atmosférico associado, porém os maiores impactos observados ocorreram com maior número de dias seguidos, ou seja, associado à saturação do solo e à intensidade da precipitação diária. Essas chuvas, normalmente, ocorreram sob efeito da ZCAS ou padrão atmosférico típico desse fenômeno. Os principais danos normalmente aconteceram em áreas de risco. Em Belo Horizonte, é notória a diminuição de reportagens sobre “os estragos das chuvas”, pois os trabalhos de

mitigação dos impactos executados pela PBH parecem apresentar resultados. Porém, já é bastante conhecido na comunidade científica que os municípios do entorno de Belo Horizonte vêm apresentando crescimento demográfico maior que a capital. No último verão, as vítimas fatais das chuvas ocorreram em Vespasiano e Sabará. Por outro lado, nos últimos episódios de chuvas, observaram-se antigos problemas verificados por Ferreira (1996) nos verões de 1978/79 e 1984/85, como alagamentos de ruas e avenidas em Belo Horizonte. Atualmente, os enormes congestionamentos ocasionados pela precipitação são fatos recorrentes na capital mineira nos últimos anos.

Sugere-se, pela análise feita, que futuros estudos sobre chuvas persistentes na RMBH atenham-se à categoria acima de quatro dias de chuvas e nos meses de maior ocorrência de precipitação, novembro, dezembro e janeiro. As precipitações associadas à ZCAS parecem ocasionar maiores danos à sociedade, já que normalmente acarretam maior acúmulo de precipitação diária em toda a RMBH, gerando diversos impactos sócio-ambientais. O entendimento da dinâmica atmosférica, particularmente a ZCAS, assim como sua climatologia, é de grande relevância para auxiliar a Coordenadoria de Defesa Civil em suas atividades.

A sondagem dos impactos causados por essas chuvas também sugeriu que futuros trabalhos atenham sua análise à intensidade da precipitação e à sua relação com os fenômenos atmosféricos de escala sinótica, como também ao registro de ocorrências de desabamentos, enchentes, deslizamentos de encostas, etc. O fenômeno ZCAS desencadeia maiores danos à sociedade, não só pela ocorrência de chuvas em vários dias seguidos, mas também pelo grande acúmulo diário.

Outra análise importante, para que os responsáveis pelo planejamento urbano possam viabilizar os recursos necessários à mitigação dos impactos nas áreas mais necessitadas da RMBH, onde normalmente ocorrem os maiores prejuízos, não só econômicos, mas também sociais, é a produção de um mapa temático que permita visualizar as áreas onde normalmente ocorre maior quantidade de precipitação acumulada, associada à inserção de áreas de risco no espaço metropolitano.

E, ainda, a abrangência desse estudo para outras cidades de Minas Gerais, principalmente nas regiões leste e Zona da Mata Mineira, como Governador Valadares, Caratinga e Juiz de Fora, que normalmente apresentam grandes impactos sócio-ambientais. Os campos de anomalia de ROL sugeriram que a região oriental do Estado de Minas parece ser a mais afetada pela ZCAS, devido à intensidade da nebulosidade associada.

## REFERÊNCIAS

ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. *Revista Geonomos*, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p.17-22, dez. 1998.

ARAÚJO, H. A.; RODRIGUES, R. S. *Regiões características do Estado da Bahia para previsão de tempo e clima*. Salvador: SEINFRA-SRH-GEREI, out. 2000.

AYOADE, J. O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. Tradução de M.J. Z. Santos. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 332 p.

BARROSO, T. P. *Caracterização climática dos padrões de ventos associados a eventos extremos de precipitação na região de Belo Horizonte-MG*. 2004. 61 f. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J. C.; MARTINEZ, F. *Introdução à estatística: enfoque informático com o pacote estatístico SPSS*. Porto Alegre: Artmed, 2004. 255 p.

BJERKNES, V.; SOLBERG, H. Les conditions météorologiques de formation de la pluie: le cycle de vie des cyclones et de la circulation atmosphérique expliquée par la théorie de front polaire. Paris: Memorial O.M.M., 6 *apud* MONTEIRO, C. A. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: USP, 1975, 181 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. *Normais climatológicas (1961-1990)*. Brasília: INMET, 1992. 84p.

BRITTO, F.; SOUZA, J. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. *São Paulo em Perspectiva*, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 48-63, out./dez. 2005. Disponível em: <[www.seade.gov.br/produtos/spp/v19n04/v19n0403.pdf](http://www.seade.gov.br/produtos/spp/v19n04/v19n0403.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2007.

CLIMANÁLISE ESPECIAL. Cachoeira Paulista: CPTEC-INPE, out. 1996. Disponível em: <[www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/index1.shtml](http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/index1.shtml)>. Acesso em: 10 out. 2006.

CLIMANÁLISE: boletim de monitoramento e análise climática. Cachoeira Paulista: CPTEC-INPE, 2000. Mensal. ISSN: 0103-0019 CDU-555.5. Disponível em: <[www.cptec.inpe.br/revclima/boletim/](http://www.cptec.inpe.br/revclima/boletim/)>. Acesso em: 15 jul. 2005 a 30 abr. 2007.

CLIMANÁLISE: boletim de monitoramento e análise climática. São José dos Campos: INEMET-INPE, Ed. Especial, out. 1986.

COSTA, L. C. É chegada a hora do plantio em MG. *Estado de Minas*, 8 nov. 2000. Caderno Agropecuário.

CUPOLILLO, F. *Períodos de estiagem durante a estação chuvosa no Estado de Minas Gerais: espacialização e aspectos dinâmicos relacionados*. 1997. 148 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

FEDOROVA, N. *Meteorologia sinótica*. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária – UFPel, 2001, v. 2. 242p.

FERREIRA, A. G. *Meteorologia prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 188 p.

FERREIRA, A. M. *SPSS: Manual de Utilização*. Portugal: Escola Superior Agrária de Castelo Branco, 1999. 143 p.

FERREIRA, N.; SANCHES, M.; SILVA DIAS, M. A. F. Composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em períodos de El Nino e La Nina. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 19, n. 1, p. 89-98, 2004.

FERREIRA, V. O. *eventos pluviais concentrados em Belo Horizonte-MG: caracterização genética e impactos físico-ambientais*. 1996. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.

FRANÇA, J. L.; VASCONCELLOS, A. C. de. *Manual para normalização de publicações técnico-científicas*. Colaboração: Maria Helena de Andrade Magalhães, Stella Maris Borges. 8. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007, 255 p.

GUSMÃO, A. M. Alta da Bolívia. *Revista Climanálise*. Cachoeira Paulista, Ed. Especial, p. 143-146, out. 1996.

GUSMÃO, A. M.; GANDU, A. W. A Zona de Convergência do Atlântico Sul. *Revista Climanalise*. Cachoeira Paulista, Ed. Especial, p. 140-142, out. 1996.

HANN, J. Handbook of climatology. New York, MacMillan, 1903 *apud* MONTEIRO, C. A. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: USP, 1975, 181 p.

KOUSKY, V. E.; ELIAS, M.; SILVA, V. B. S. *O tempo e o clima na América do Sul*. Brasília: INMET, 2001. p. 67.

MAIA, L. F. P. G. *Alguns aspectos dinâmico-climatológicos em Minas Gerais*. 1986. 164f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

MATOS, R.; LIMA, C. F.; BRAGA, F. G. Dispersão demográfica nas periferias da Região Metropolitana de Belo Horizonte. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 2003. Campinas. *Anais...* Campinas: ABEP, 2003. Disponível em: <[www.abep.nepo.unicamp.br/docs/eventos/transdisciplinar/mig\\_matos.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/eventos/transdisciplinar/mig_matos.pdf)> Acesso em: 20 maio 2007.

MOLION, L. C. B.; KOUSKY, V. E. *Climatologia da dinâmica da troposfera sobre a Amazônia*. São José dos Campos: INPE, jun. 1985 *apud* QUADRO, M. F. L. *Estudo de episódios de zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul*. 1994. 94f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

MONTEIRO, C. A. *A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica a análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil*. São Paulo: USP, 1969. 68 p.

MONTEIRO, C. A. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. *Climatologia*. São Paulo, Instituto de Geografia da USP n. 1, 1971, 21 p.

MONTEIRO, C. A. *Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991. 233 p.

MONTEIRO, C. A. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: USP, 1975, 181 p.

MOREIRA, A. A. M. *A Influência da circulação de macroescala sobre o clima de Belo Horizonte: estudo sobre as possíveis influências do fenômeno El Niño sobre o clima*

local. 1999. 189 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

MOREIRA, J. L. B. *Estudo da distribuição espacial das chuvas em Belo Horizonte e seu entorno*. 2002. 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 421 p.

NOBRE, C. A. Ainda sobre a Zona de Convergência do Atlântico Sul: a importância do oceano Atlântico. *Revista Climanalise*, v. 3, n. 4, p. 30-33, abr. 1988.

OLIVEIRA, A. S. *Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia*. 1986. 114 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.

PARIZZI, G. Ocupação irregular é o maior problema. *Jornal O Tempo*. Belo Horizonte, 5 fev. 2003.

PÉDELABORDE, P. *Le climat du bassin parisien: essai d'une méthode rationnelle de climatologie physique*. Paris: Libr. de Médecis, 1957. v. 2, 539 p. *apud* RIBEIRO, C. M. O desenvolvimento da climatologia dinâmica no Brasil. *Revista de Geografia e Ensino*, Belo Horizonte, Ano 1, n. 2, 1982.

QUADRO, M. F. L. *Estudo de episódios de zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul*. 1994. 94 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

REIS, R. J. *et al.* Determinação das áreas de potencial de riscos de precipitações intensas em Belo Horizonte. *Caderno de Geografia*, Belo Horizonte, v. 14, n. 23, p. 127-134, dez. 2004.

RIBEIRO, C. M. O desenvolvimento da climatologia dinâmica no Brasil. *Revista de Geografia e Ensino*, Belo Horizonte, Ano 1, n. 2, 1982.

SANCHES, M. B.; SILVA DIAS, M. A. F. da. Análise sinótica de verão: a influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1996, Campos do Jordão. *Anais Eletrônicos*. CD-ROM.

SANTOS, L. M. *O meio natural em Belo Horizonte: caracterização e análise de potencial para uso e ocupação preservacionista*. 2001. 207 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

SATYAMURTY, P. *et al.* Campos diagnósticos associados ao episódio de chuvas fortes na região da Serra da Mantiqueira do começo do ano 2000. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, Rio de Janeiro. *Anais Eletrônicos*. CD-ROM.

SATYAMURTY, P.; RAO, V. B. Zona de Convergência do Atlântico Sul. *Revista Climanalise*. v. 3, n. 3, p. 31-35, mar. 1988.

SERRA, A. Circulação superior. *Revista Brasileira de Geografia* v. 15, n. 4, p. 517-596; v. 16, n. 1, p. 3-75. Rio de Janeiro: IBGE; Conselho Nacional de Geografia, 1953/54 *apud* MONTEIRO, C. A. *A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica a análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil*. São Paulo: USP, 1969. 68 p.

SERRA, A. Meteorologia do nordeste brasileiro. Tese preparada para a IV Assembléia Geral do Pan-Americano de Geografia e História. IBGE, Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro, 1945 *apud* MONTEIRO, C. A. *A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica a análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil*. São Paulo: USP, 1969. 68 p.

SERRA, A. Previsão do tempo. *Boletim Geográfico*, 6 (68): 822-904. IBGE, Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, 1948 *apud* MONTEIRO, C. A. *A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica a análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil*. São Paulo: USP, 1969. 68 p.

SORRE, M. *Les fondements de la géographie humaine*. 3. ed. Paris: Librairie Armand Colin, 1951. t. I: Les fondements biologiques, chap. 1º: Le Climat *apud* MONTEIRO, C. A. *A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica a análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil*. São Paulo: USP, 1969. 68 p.

TARIFA, J. R. *Fluxos polares e as chuvas de primavera: verão no Estado de São Paulo*. 1975. 93f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas e Filosofia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. *Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras*. São Paulo: Nobel, 1992. 374 p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. *Meteorologia e climatologia*. 2. ed. Brasília: INMET, 2001. 515 p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: Imprensa Universitária; UFV, 1991. 448p.

VILLELA, J. R. A Zona de Convergência do Atlântico Sul: o novo fenômeno explica chuvas que marcaram o verão. *Scientific American Brasil*, ed. 11, p. 14-15, abr. 2003.

XAVIER, H.; OLIVEIRA, L. Áreas de risco de deslizamento de encostas em Belo Horizonte. *Caderno de Geografia*, Belo Horizonte, v. 6, n. 8, p. 53-70, dez. 1996.

ZANATTA, R. A gota d'água. *Manuelzão*, Belo Horizonte, Ano 10, n. 38, p. 10, fev. 2007.

ZAVATINI, J. A. *Estudos do clima no Brasil*. Campinas: Alínea, 2004. 398 p.

## ANEXOS

## ANEXO A

TABELA 8  
Os episódios de chuvas persistentes na RMBH 1970-2005

(Continua)

CASO	ANO	MES	DIAS	nDIAS	CHUVA ACUM	%ESTACOES	DIR. VENTO	VEL VENTO	URM	TMC	TX	TN
1	1970	1	14-16	3	40	97	NE	01	77	24	27	19
2	1970	1	19-23	5	97	91	NE	01	83	22	26	18
3	1970	2	20-21	3	81	94	NE	01	87	22	25	19
4	1970	10	3-5	3	74	92	S	01	81	21	23	16
5	1970	10	22-24	3	65	92	SW	01	81	23	25	18
6	1970	12	16-18	3	68	90	NW	01	79	25	28	19
7	1971	11	22-25	4	126	85	E	01	92	18	21	15
8	1972	1	24-26	3	54	94	N	01	87	22	26	19
9	1972	3	2-4	3	54	92	SE	01	88	22	27	19
10	1972	11	14-16	3	66	95	E	01	88	22	28	19
11	1972	11	19-22	4	78	94	SE	01	91	21	24	20
12	1972	12	22-28	7	160	98	NE	01	84	22	26	19
13	1973	1	16-18	3	33	90	NW	01	88	22	27	20
14	1973	3	9-12	4	155	95	E	01	92	21	26	19
15	1973	12	4-7	4	50	91	NE	01	84	23	28	19
16	1973	12	24-27	4	82	96	E	02	89	22	27	19
17	1973	12	29-31	3	41	90	E	02	88	23	27	19
18	1974	3	10-14	5	40	93	E	01	87	22	26	19
19	1974	4	12-14	3	29	94	E	01	91	21	26	18
20	1974	12	5-8	4	99	96	E	01	88	18	21	16
21	1974	12	22-30	9	196	100	N	01	92	20	24	18
22	1975	1	1-5	5	79	96	E	01	85	20	25	17
23	1975	1	9-11	3	37	93	N	01	79	23	28	18
24	1975	2	2-4	3	51	100	NE	01	92	22	26	19
25	1975	5	6-8	3	40	95	SE	01	83	19	26	16

(Continua)

CASO	ANO	MES	DIAS	nDIAS	CHUVA ACUM	%ESTACOES	DIR. VENTO	VEL VENTO	URM	TMC	TX	TN
26	1975	11	10-12	3	68	100	NW	02	86	21	26	18
27	1975	11	24-29	6	132	99	E	01	92	20	25	17
28	1976	2	1-4	4	51	90	SE	01	87	21	26	17
29	1976	2	24-26	3	50	89	E	01	86	21	25	18
30	1976	3	27-29	3	55	93	E	01	76	22	27	17
31	1976	7	1-4	4	43	88	E	02	84	15	20	12
32	1976	9	13-17	5	72	99						
33	1976	9	27-29	3	37	89						
34	1976	11	18-23	6	165	97	SE	01	92	21	25	19
35	1976	12	2-4	3	41	100	SE	00	85	22	26	18
36	1976	12	9-14	6	81	96	E	01	88	20	25	17
37	1976	12	18-30	13	153	96	NW	01	85	22	27	18
38	1977	1	16-21	6	131	95	NE	01	87	21	27	17
39	1977	1	23-2	11	269	97	N	01	89	22	27	19
40	1977	3	18-20	3	70	96	SE	01	80	22	28	18
41	1977	11	16-27	12	176	95	E	01	82	22	27	19
42	1977	12	22-26	5	64	96	SE	02	85	21	25	17
43	1978	1	3-5	3	43	100	E	04	87	20	25	17
44	1978	1	7-17	11	256	94	N	02	87	22	26	19
45	1978	2	6-8	3	44	90	E	03	83	22	28	17
46	1978	2	13-15	3	159	100	E	02	92	21	24	18
47	1978	2	22-24	3	49	98	NE	02	88	21	26	18
48	1978	3	4-7	4	62	100	E	02	88	21	25	18
49	1978	4	21-23	3	56	92	E	04	84	20	26	15
50	1978	5	28-31	4	45	95	N	01	91	17	21	15
51	1978	10	15-20	6	99	96	NE	01	85	22	26	19
52	1978	11	11-13	3	51	98	N	02	89	21	25	18
53	1978	11	23-25	3	107	100	NE	02	85	21	27	18
54	1978	11	27-29	3	67	98	E	02	83	21	25	18
55	1978	12	10-13	4	54	92	SE	02	84	20	23	17

(Continua)

CASO	ANO	MES	DIAS	nDIAS	CHUVA ACUM	%ESTACOES	DIR. VENTO	VEL VENTO	URM	TMC	TX	TN
56	1978	12	16-18	3	40	96	W	01	88	21	27	17
57	1979	1	4-8	5	56	96	SE	01	83	20	25	17
58	1979	1	12-14	3	26	94	SE	02	82	21	26	17
59	1979	1	18-24	7	112	99	E	02	88	21	26	18
60	1979	1	26-9	15	523	99	E	01	89	21	26	18
61	1979	2	14-16	3	72	100	N	01	92	21	25	18
62	1979	2	19-22	4	85	98	NE	01	87	22	27	20
63	1979	3	14-16	3	85	100	E	02	89	22	27	18
64	1979	4	4-6	3	23	92	N	02	86	23	28	19
65	1979	10	14-16	3	30	96	NE	02	80	21	25	17
66	1979	11	24-27	4	140	97	S	01	88	21	27	16
67	1979	12	3-5	3	37	88	N	02	85	24	29	19
68	1979	12	18-28	11	254	99	E	01	94	22	26	19
69	1980	1	11-14	4	134	100	E	01	95	20	24	18
70	1980	1	16-18	3	97	100	NE	01	97	21	25	19
71	1980	1	24-27	4	45	94	N	02	94	23	29	19
72	1980	2	17-20	4	27	90	N	03	93	21	25	18
73	1980	4	3-8	6	116	98	N	01	95	22	26	19
74	1980	11	11-14	4	94	97	S	01	88	20	25	17
75	1980	11	24-26	3	44	91	E	01	89	22	27	19
76	1980	12	1-14	13	342	95	N	01	91	22	27	19
77	1980	12	29-3	6	95	91	N	01	89	21	25	18
78	1981	1	10-16	7	214	100	N	01	93	21	25	19
79	1981	1	22-27	5	49	94	E	01	88	22	26	19
80	1981	2	7-11	3	43	88	NE	02	83	22	28	18
81	1981	3	7-10	4	46	95	N	01	89	23	29	20
82	1981	3	27-31	5	44	94	E	01	94	21	25	18
83	1981	11	10-15	6	202	99	W	01	97	20	24	18
84	1981	11	30-3	3	43	85	E	01	93	23	28	19
85	1981	12	8-14	7	102	89	E	02	92	21	26	18

(Continua)

CASO	ANO	MES	DIAS	nDIAS	CHUVA ACUM	%ESTACOES	DIR. VENTO	VEL VENTO	URM	TMC	TX	TN
86	1981	12	28-6	8	216	95	N	01	92	20	24	17
87	1982	1	21-27	7	182	98	E	02	92	21	26	18
88	1982	2	28-3	4	61	93	E	02	85	23	28	19
89	1982	3	8-15	8	120	98	N	01	89	22	26	19
90	1982	3	23-25	3	69	96	N	01	96	21	25	19
91	1982	4	14-16	3	31	93	NE	01	94	20	26	16
92	1982	11	17-19	3	36	87	W	01	80	23	30	19
93	1982	12	3-9	5	50	84	W	01	91	21	26	18
94	1982	12	16-31	15	227	97	S	1	89	22	27	19
95	1983	1	1-15	13	248	97	S	01	89	22	27	19
96	1983	1	24-27	4	65	100	W	02	89	22	26	19
97	1983	2	2-4	3	27	96	W	01	90	21	25	18
98	1983	2	10-14	5	156	95	S	02	91	22	27	19
99	1983	3	4-8	5	85	92	W	01	92	22	25	19
100	1983	7	19-21	3	34	93	W	01	91	17	23	14
101	1983	9	11-14	4	23	87	E	02	78	20	25	17
102	1983	10	13-15	3	61	91	SW	01	77		23	
103	1983	10	18-25	8	98	92	NE	1	68		21	
104	1983	11	2-4	3	58	93	SW	02	75	25	27	23
105	1983	11	12-25	13	200	93	SW	01	83	25	31	22
106	1983	12	2-4	3	62	96	SE	02	89	20	24	18
107	1983	12	7-16	9	211	99	W	01	88	21	26	18
108	1983	12	22-27	6	72	93	SE	01	83	22	27	19
109	1984	1	23-26	3	29	96	NE	01	80	23	29	20
110	1984	3	8-11	4	27	94	NE	02	74	25	32	21
111	1984	11	21-5	10	234	98	E	01	85	21	26	17
112	1984	12	8-17	8	221	99	N	01	88	22	27	19
113	1984	12	30-3	5	68	91	N	01	82	23	29	19
114	1985	1	7-10	4	123	98	N	01	90	21	25	18
115	1985	1	16-1	17	432	97	N	01	90	22	26	19

(Continua)

CASO	ANO	MES	DIAS	nDIAS	CHUVA ACUM	%ESTACOES	DIR. VENTO	VEL VENTO	URM	TMC	TX	TN
116	1985	2	23-4	8	208	95	E	01	87	22	27	19
117	1985	3	11-19	8	157	92	E	01	86	22	28	19
118	1985	10	30-5	6	102	98	E	01	81	22	26	18
119	1985	11	26-30	5	47	94	SE	01	80	21	24	18
120	1985	12	1-5	4	38	94	E	01	68	20	25	16
121	1985	12	22-3	12	246	99	N	01	87	21	25	18
122	1986	1	6-12	7	140	96	E	01	91	22	26	19
123	1986	1	13-15	3	58	96	E	01	83	22	26	19
124	1986	1	29-7	5	89	95	N	01	78	22	28	18
125	1986	2	15-19	5	65	98	N	01	91	22	27	19
126	1986	3	2-4	3	66	90	E	01	75	23	29	19
127	1986	11	12-14	3	62	98	S	02	88	15	19	12
128	1986	12	10-16	6	118	97	E	01	87	22	27	19
129	1986	12	22-31	10	239	97	N	01	90	20	23	18
130	1987	1	25-28	4	45	95	W	01	75	22	27	18
131	1987	3	8-11	4	172	94	N	01	91	21	25	19
132	1987	4	4-7	4	55	95	E	01	90	20	23	18
133	1987	10	29-31	3	15	81	NE	01	69	23	29	19
134	1987	11	26-29	4	61	97	NW	01	82	23	27	20
135	1987	12	4-15	12	330	98	N	01	87	21	25	19
136	1987	12	18-21	4	122	94	W	01	87	22	26	20
137	1988	1	12-13	9	126	99	W	01	82	22	26	18
138	1988	1	31-12	13	276	95	NE	01	79	22	28	19
139	1988	3	3-6	4	88	95	S	01	85	23	28	20
140	1988	3	17-19	3	51	92	W	01	80	23	28	19
141	1988	11	21-24	4	45	94	N	02	84	21	25	19
142	1988	12	2-4	3	30	92	E	01	86	20	25	18
143	1988	12	10-25	14	195	92	N	02	87	22	27	19
144	1989	1	2-5	4	72	95	E	01	83	22	27	19
145	1989	1	7-9	3	30	93	NW	01	88	22	28	19

(Continua)

CASO	ANO	MES	DIAS	nDIAS	CHUVA ACUM	%ESTACOES	DIR. VENTO	VEL VENTO	URM	TMC	TX	TN
146	1989	1	15-18	3	27	87	S	01	77	24	31	20
147	1989	2	3-15	12	180	91	N	01	85	22	28	19
148	1989	3	5-7	3	70	94	N	01	86	23	28	20
149	1989	3	13-16	4	80	97	N	01	88	22	28	19
150	1989	11	10-14	5	109	98	E	01	93	20	23	18
151	1989	11	18-21	4	30	94	E	03	88	21	24	19
152	1989	12	11-19	8	255	93	E	02	91	20	22	19
153	1989	12	30-5	7	115	90	N	01	87	22	26	20
154	1990	2	13-16	4	77	88	W	02	86	23	28	20
155	1990	2	22-26	5	60	88	W	01	87	22	26	19
156	1990	12	12-14	3	73	93	SE	02	79	24	28	20
157	1991	1	4-6	3	62	93	NW	02	84	21	25	18
158	1991	1	10-19	10	339	98	W	01	89	21	24	19
159	1991	1	26-29	4	134	98	E	01	87	21	26	19
160	1991	2	15-17	3	44	90	E	02	81	23	28	20
161	1991	3	22-25	4	102	95	E	01	88	21	25	19
162	1991	11	1-3	3	47	93	N	01	84	21	25	19
163	1992	1	13-25	13	363	96	N	01	94	21	24	19
164	1992	1	29-31	3	22	80	E	02	81	22	26	20
165	1992	2	3-6	4	113	90	NE	03	87	20	22	17
166	1992	9	5-7	3	21	84	E	02	84	19	22	17
167	1992	10	28-31	4	35	87	NE	01	88	22	26	20
168	1992	11	1-6	6	131	99	E	02	89	20	23	18
169	1992	11	9-11	3	48	89	E	01	79	21	27	18
170	1992	12	11-13	3	131	87	E	02	84	21	24	19
171	1992	12	18-21	4	77	85	W	01	83	22	26	18
172	1992	12	27-29	3	55	89	NE	01	89	21	24	18
173	1993	1	4-7	4	74	88	W	01	86	22	27	19
174	1993	1	20-23	4	45	88	N	01	87	22	27	19
175	1993	2	14-16	3	35	87	E	02	86	21	25	19

(Continua)

CASO	ANO	MES	DIAS	nDIAS	CHUVA ACUM	%ESTACOES	DIR. VENTO	VEL VENTO	URM	TMC	TX	TN
176	1993	12	10-12	3	66	94	W	01	82	22	27	19
177	1993	12	18-24	7	113	93	NE	02	86	20	23	18
178	1993	12	28-15	15	301	93	NW	01	84	21	26	18
179	1994	3	2-4	3	40	85	SE	01	87	21	25	18
180	1994	3	20-23	4	48	84	W	01	84	22	27	19
181	1994	12	7-9	3	39	94	E	02	80	22	26	19
182	1994	12	22-26	5	194	94	NW	01	88	22	26	19
183	1995	1	27-3	6	91	90	E	01	82	22	27	20
184	1995	2	8-20	10	157	88	W	01	79	23	27	19
185	1995	3	14-16	3	108	100	E	01	81	20	25	16
186	1995	11	1-4	4	66	95	E	01	87	18	20	16
187	1995	12	13-15	3	212	94	E	02	86	21	25	19
188	1995	12	24-4	12	311	97	NW	02	86	21	26	19
189	1996	1	9-13	5	116	98	E	01	80	21	25	18
190	1996	2	25-27	3	32	91	E	01	74	24	29	20
191	1996	3	3-6	4	45	88	E	01	73	24	28	20
192	1996	11	1-5	5	199	96	W	02	92	20	25	18
193	1996	11	15-23	9	235	94	E	01	93		24	18
194	1996	12	12-15	4	69	100	W	02	88	23	28	20
195	1996	12	20-31	12	225	94	N	01	84	22	26	19
196	1997	1	2-7	6	326	99	NW	01	91	21	24	19
197	1997	3	1-5	5	112	96	N	01	85	22	25	19
198	1997	11	23-30	8	139	97	NW	01	78	23	28	20
199	1997	12	1-3	3	38	98	W	02	80	23	27	19
200	1997	12	8-18	10	178	94	E	02	80	22	27	20
201	1998	1	7-12	6	113	98	E	01	82	22	27	20
202	1998	1	17-20	4	76	89	E	01	80	21	26	18
203	1998	2	16-19	4	99	100	N	01	87	22	25	20
204	1998	10	27-31	5	57	95	E	01	37	21	27	19
205	1998	11	3-5	3	59	95	E	01	83	21	25	18

(Continua)

CASO	ANO	MES	DIAS	nDIAS	CHUVA ACUM	%ESTACOES	DIR. VENTO	VEL VENTO	URM	TMC	TX	TN
206	1998	11	9-12	4	66	95	E	02	75	21	25	17
207	1998	11	20-23	3	41	89	E	02	74	22	28	18
208	1998	12	6-8	3	36	93	W	02	78	23	28	19
209	1998	12	16-18	3	63	98	E	01	87	21	27	19
210	1998	12	28-7	11	157	98	W	01	82	23	27	20
211	1999	1	28-31	4	60	93	W	01	74	23	29	19
212	1999	2	24-4	9	135	98	E	01	84	22	26	20
213	1999	3	10-13	4	60	90	W	02	80	22	27	19
214	1999	10	19-21	3	24	91	E	02	74	21	26	18
215	1999	10	23-27	3	41	96	E	02	77	18	22	15
216	1999	11	6-15	8	152	98	E	02	81	20	24	17
217	1999	11	20-25	4	91	100	E	02	73	21	25	17
218	1999	12	5-7	3	68	93	NW	01	77	21	25	18
219	1999	12	8-16	7	87	99	W	02	78	22	27	19
220	2000	1	1-5	5	105	96	NW	02	85	22	25	19
221	2000	1	20-22	3	38	89	E	02	76	23	29	20
222	2000	1	25-3	10	253	96	N	01	84	22	26	19
223	2000	2	6-10	5	109	96	E	01	81	22	26	19
224	2000	3	10-13	4	116	100	E	01	85	21	25	19
225	2000	3	16-19	4	32	92	E	01	84	22	26	20
226	2000	11	4-8	5	92	97	NE	02	80	20	23	17
227	2000	11	12-18	7	131	97	NE	01	85	20	24	19
228	2000	11	27-7	9	101	96	NE	01	78	22	27	19
229	2000	12	18-22	3	130	96	W	01	71	23	28	19
230	2000	12	28-31	4	60	92	E	01	81	23	27	19
231	2001	1	1-4	4	103	98	W	00	86	22	25	19
232	2001	1	21-24	4	58	94	NE	01	78	23	28	19
233	2001	3	10-13	4	57	95	E	01	79	22	26	20
234	2001	10	8-10	3	25	93	E	02	82	19	22	17
235	2001	10	20-22	3	57	95	SW	01	75	22	27	18

(Continua)

CASO	ANO	MES	DIAS	nDIAS	CHUVA ACUM	%ESTACOES	DIR. VENTO	VEL VENTO	URM	TMC	TX	TN
236	2001	11	1-5	5	66	96	W	02	76	21	27	18
237	2001	11	12-21	9	116	97	NE	01	80	22	26	20
238	2001	12	17-20	4	121	98	W	01	86	23	27	20
239	2001	12	24-3	11	195	97	E	01	85	21	25	19
240	2002	1	14-20	6	135	97	E	01	79	22	26	19
241	2002	1	25-3	7	120	92	W	01	72	24	29	20
242	2002	2	8-11	4	111	95	E	01	86	22	25	19
243	2002	2	16-25	10	147	96	E	01	82	22	27	20
244	2002	3	15-17	3	27	86	W	01	72	24	30	20
245	2002	9	22-26	5	71	96	E	01	79	18	22	16
246	2002	11	1-8	7	97	93	E	01	77	21	27	18
247	2002	12	7-18	12	279	98	E	01	84	22	26	19
248	2002	12	24-26	3	36	91	SE	01	80	24	30	21
249	2002	12	30-9	10	254	97	W	01	88	22	26	19
250	2003	1	14-22	9	316	100	W	01	85	22	27	19
251	2003	3	12-20	9	109	94	E	01	79	23	28	20
252	2003	4	5-7	3	19	84	E	01	75	23	28	20
253	2003	11	1-3	3	52	87	N	02	69	21	27	18
254	2003	12	1-8	8	152	95	E	01	76	23	28	19
255	2004	1	2-16	13	345	98	E	01	89	22	27	19
256	2004	2	8-12	5	109	99	E	02	89	19	22	17
257	2004	2	15-19	5	60	93	E	01	88	22	27	20
258	2004	2	21-24	3	66	95	E	02	80	23	27	19
259	2004	3	4-7	4	43	96	NE	01	78	22	26	19
260	2004	4	11-13	3	25	90	SE	01	82	21	24	19
261	2004	12	9-13	5	85	94	NW	02	79	22	27	19
262	2004	12	19-25	7	208	100	NE	01	86	21	25	19
263	2005	1	17-20	4	61	96	E	01	85	23	27	20
264	2005	1	27-31	5	48	96	E	02	78	22	26	20
265	2005	2	18-20	3	61	88	SE	02	74	23	30	19

												(Conclusão)	
CASO	ANO	MES	DIAS	nDIAS	CHUVA ACUM	%ESTACOES	DIR. VENTO	VEL VENTO	URM	TMC	TX	TN	
266	2005	3	1-6	6	175	96	E	01	86	21	25	19	
267	2005	3	16-19	3	35	90	NE	01	79	24	29	20	
268	2005	5	23-26	4	39	93	E	01	83	20	24	17	
269	2005	11	1-5	5	69	96	E	02	76	21	27	18	
270	2005	11	8-11	4	43	95	SE	02	76	19	23	17	
271	2005	11	18-21	4	95	96	NE	02	78	22	26	19	
272	2005	11	24-27	3	49	95	SE	02	79	21	24	19	
273	2005	12	7-10	4	57	95	E	02	78	21	25	18	
274	2005	12	11-15	5	140	96	E	01	84	20	24	18	

nDias = n° de dias consecutivos de chuvas

CHUVA ACUM = precipitação média espacial acumulada no período

%ESTACOES = percentual das estações com ocorrência de precipitação

DIR. VENTO = direção predominante do vento durante o período

VEL VENTO = velocidade média do vento do período

URM = umidade relativa do ar média do período

TMC = temperatura do ar média compensada do período

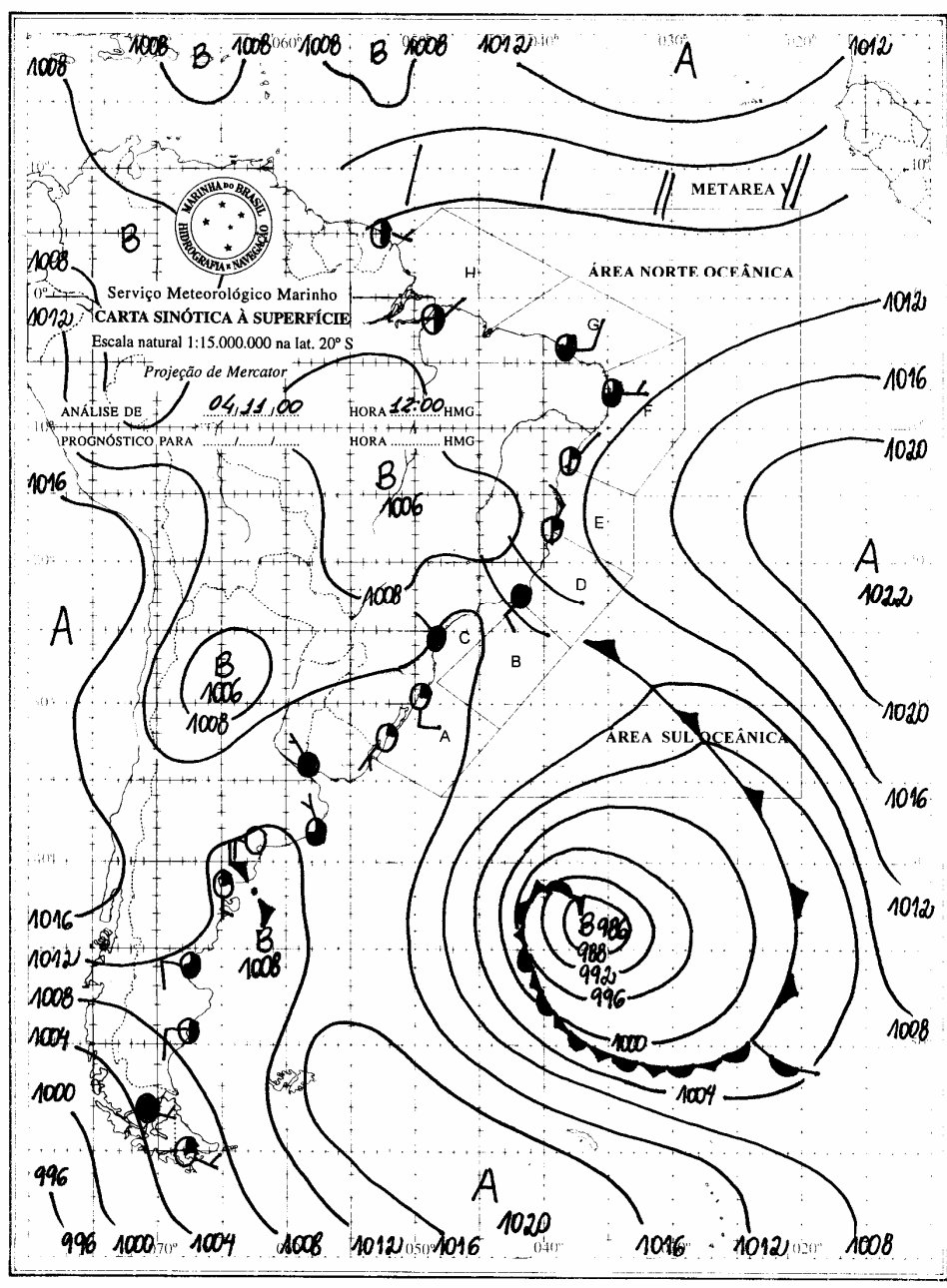
TX = temperatura máxima média do período

TN = temperatura mínima média do período

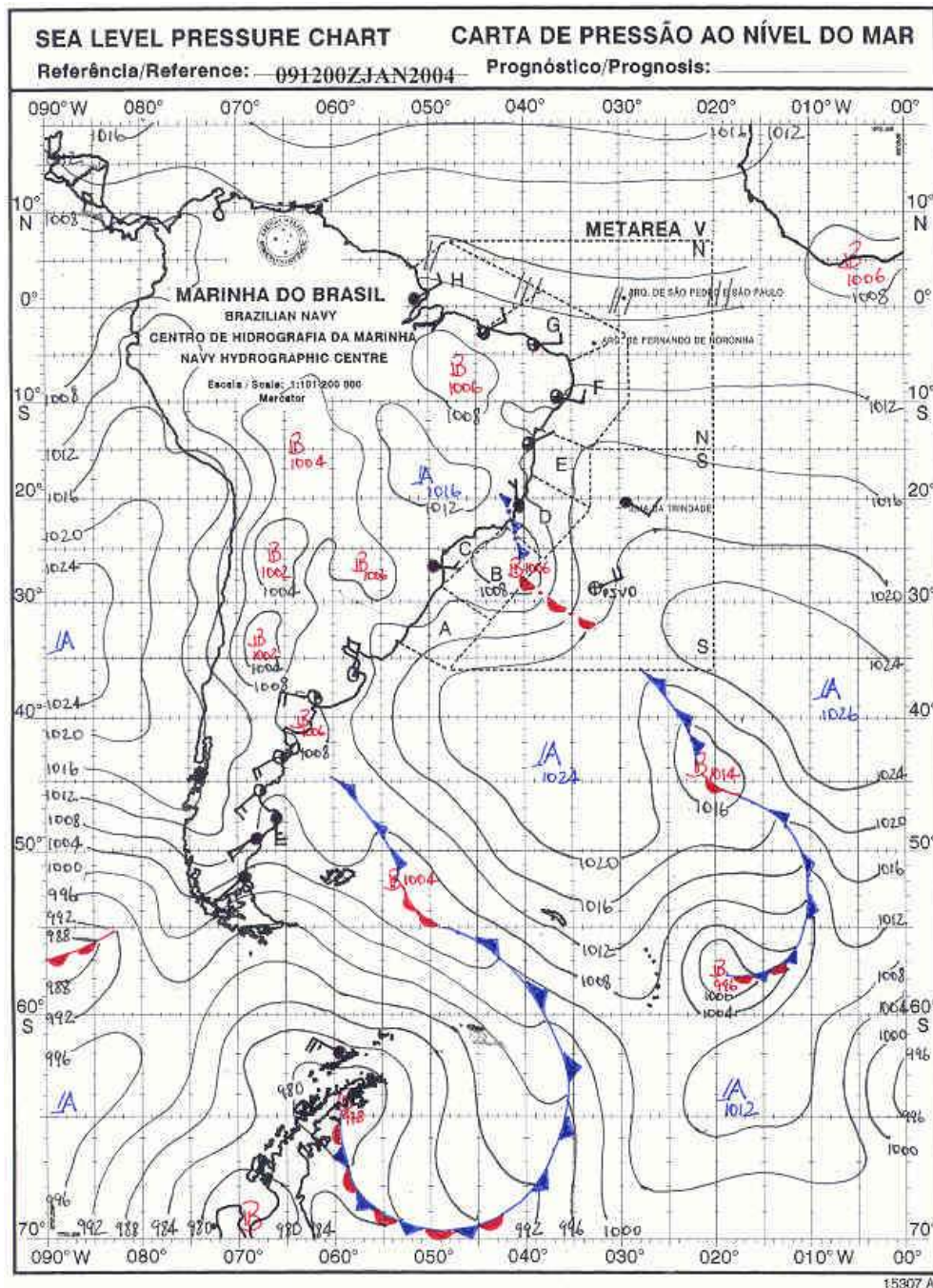
Fonte de dados: 5° Disme/INMET e ANA



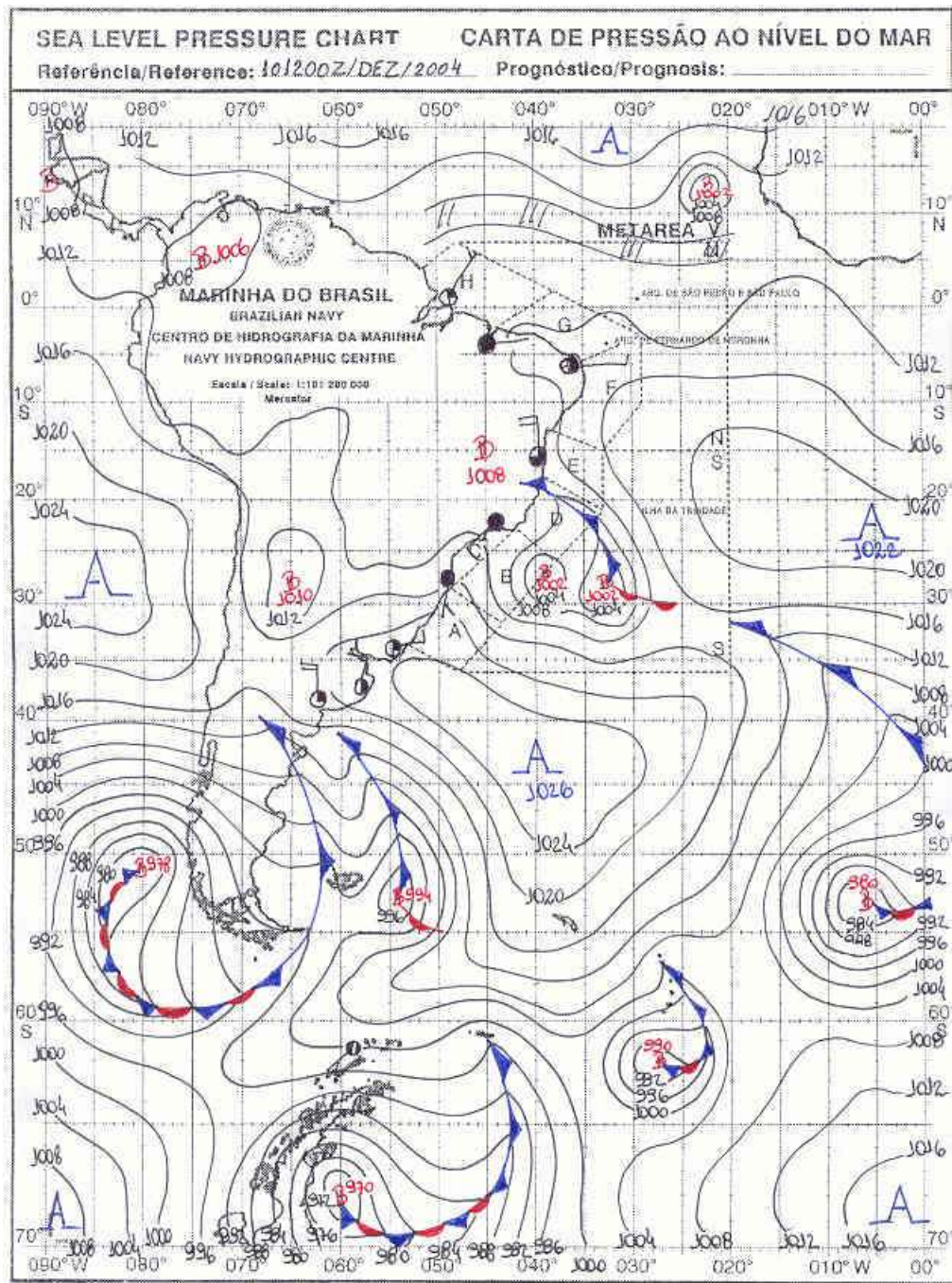
4 de novembro de 2000 – 12h TMG



9 de janeiro de 2004 – 12h TMG



10 de dezembro de 2004 – 12h TMG



19 de novembro de 2005 – 12h TMG

