

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

GEÓRGIA JORGE PELLEGRINA

**PRECIPITAÇÃO E MOVIMENTOS DE MASSA: CONTRIBUIÇÃO À EMISSÃO DE
ALERTA NOS MUNICÍPIOS DE COIMBRA – PORTUGAL E CAMPINAS (SP) –
BRASIL.**

Rio Claro – SP

2015

GEÓRGIA JORGE PELLEGRINA

**PRECIPITAÇÃO E MOVIMENTOS DE MASSA: CONTRIBUIÇÃO À EMISSÃO DE
ALERTA NOS MUNICÍPIOS DE COIMBRA – PORTUGAL E CAMPINAS (SP) –
BRASIL.**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia, área de Climatologia.

Orientadora: Iara Regina Nocentini André

Rio Claro – SP

2015

GEÓRGIA JORGE PELLEGRINA

**PRECIPITAÇÃO E MOVIMENTOS DE MASSA: CONTRIBUIÇÃO À EMISSÃO DE
ALERTA NOS MUNICÍPIOS DE COIMBRA – PORTUGAL E CAMPINAS (SP) –
BRASIL.**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia, área de Climatologia.

Orientadora: Iara Regina Nocentini André

Rio Claro, 13 de novembro de 2015

Banca Examinadora:

**José Gilberto de Souza
IGCE-UNESP/Rio Claro–SP**

**Antonio Carlos Tavares
IGCE UNESP/Rio Claro–SP**

**Lucí Hidalgo Nunes
IGUC – UNICAMP/Campinas - SP**

**Nelson Jesuz Ferreira
DAS-INPE/Cachoeira Paulista–SP**

**Shigetoshi Sugahara
IPMet-UNESP/Bauru-SP**

**Lúcio Cunha
CEGOT-UC/Coimbra–PT**

Às minhas filhas que sempre foram minhas grandes incentivadoras

Aos meus pais pelo apoio

À minha avó Izolina que estaria hoje, repleta de orgulho, e que foi a responsável pelo
brilhante exemplo de determinação e força em minha vida!

Agradecimento

Desejo expressar o meu agradecimento a Deus por direcionar meu caminho e luta na conclusão deste trabalho, por manter-me forte e motivada em todas as fases desta jornada, e a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a elaboração desta pesquisa, especialmente:

Às minhas filhas por estarem presente em todas as conquistas importantes da minha vida, sempre me apoiando e incentivando, compreendendo as lutas e dificuldades, e superando a dor da saudade quando estive em Coimbra.

À Profa. Iara Nocentini André, pela amizade acima de tudo, orientação, paciência e estímulo no desenvolvimento e conclusão deste trabalho;

Ao amigo e colega de trabalho, o pesquisador Shigetoshi Sugahara, pelas inúmeras orientações e sugestões e por ter acompanhado de perto cada passo do trabalho sempre com incentivo, dedicação e paciência.

Ao Prof. Lúcio Cunha da Universidade de Coimbra, onde recebi todo o apoio e orientação para o trabalho desenvolvido em Coimbra.

Aos professores do curso de pós-graduação, pelo conteúdo transmitido.

Ao amigo de trabalho Hermes de Godoy França, pela disponibilidade e ajuda na geração de produtos dos radares.

Ao amigo Elio Antonio Ferreira Marques, pela disponibilidade e ajuda na pesquisas dos jornais em Coimbra.

Aos amigos portugueses pela calorosa acolhida, em especial, Anabela Ramos, Isabel Paiva, Cátia Leal e Antonio Paulino.

Ao IPMet pela oportunidade de realizar esta pesquisa e aprimorar-me profissionalmente.

À CAPES pela bolsa concedida destinada ao doutorado sanduíche em Coimbra – Portugal.

Ao Instituto Geofísico da Universidade de Coimbra, pela presteza e disponibilidade de atenção e pelos dados cedidos da estação meteorológica de Coimbra.

Ao CEPAGRI e CIIAGRO pela disponibilidade em ceder os dados das estações meteorológicas.

O conhecimento ilustra, mas a experiência assimilada traz a sabedoria. Quem estuda pensa que sabe; quem experimenta descobre quanto ainda precisa aprender.

Zíbia Gasparetto

RESUMO

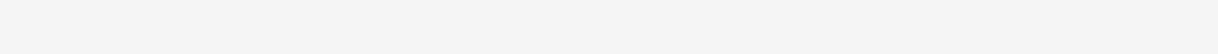
Este trabalho analisa desastres naturais (desastres geológicos, meteorológicos, hidrológicos, climatológicos e biológicos) ocorridos em várias partes do globo terrestre, relacionado ao número de mortos. Em várias partes do mundo, as inundações (desastres hidrológicos) seguidas dos movimentos de massa (desastres geológicos) são os desastres que causaram grandes danos com vítimas fatais deflagrados pela precipitação, é o caso de algumas regiões no Brasil e em Portugal. Para a emissão de alerta, foi necessário estabelecer relações entre precipitação e os movimentos de massa para os municípios estudados, Coimbra – PT e Campina – SP/Brasil. Foi importante distinguir os eventos atmosféricos atuantes nas duas localidades, o efeitos da sua distribuição no tempo, precipitações prolongadas, de pequenos quantitativos e/ou de forte intensidade, assim como o comportamento da chuva ao longo de um certo período. O estudo levou em consideração a variabilidade climática, associado com ENOS e NAO no comportamento da precipitação, respectivamente em Campinas-SP e Coimbra-PT, e os sistemas meteorológicos atuantes em cada uma das regiões estudadas. Os resultados das análises demonstraram que o ENOS não apresentou alteração consistente nos volumes de precipitação em Campinas, enquanto que o NAO- contribuiu para os altos volumes de precipitação na região de Coimbra. A relação entre precipitação e movimentos de massa para os municípios de Campinas e Coimbra, foi estabelecido por critérios de volumes acumulados de precipitação em 3, 5 e 10 dias anteriores aos eventos nas estações meteorológicas, e 24, 48 e 72 horas anteriores aos eventos com o uso do radar meteorológico do IPMet somente para Campinas. Assim, foi possível estabelecer critérios para emissão de alerta mediante acompanhamento da precipitação por pluviômetro e por produtos de chuva acumulada gerados pelo radar meteorológico, para o município de Campinas. O radar meteorológico mostrou ser uma importante ferramenta na gestão de risco de movimentos de massa devido a sua alta resolução espacial e temporal, além de monitorar a precipitação, sua intensidade e o seu deslocamento.

PALAVRAS-CHAVE: Movimentos em Massa. Variabilidade Climática. Emissão de Alerta. Precipitação. Radar Meteorológico.

ABSTRACT

This work analyzes natural disasters (geological, meteorological, hidrological, climatological and biological) which occurred in various parts of the world, related to number of deaths. In various parts of the world, the floods (hidrological disasters) followed by the mass movement (geological disasters) are the disasters which caused great damage with fatal victims triggered by precipitation, it is the case of some regions of Brazil and in Portugal. For warning issuance, it was necessary to establish the relationships between precipitation and mass movement for the studied locations, Coimbra – PT and Campinas – SP/Brazil. It was important to distinguish the effects of rain distribution in time: long-lasting rain, low rain and/or high intensity rain, as well as the behavior of rain over a certain period. The study took into account climate variability, associated with ENSO and NAO, in the behavior of rainfall respectively in Campinas-SP and Coimbra-PT, and weather systems operating in each of the studied regions. The tests results showed that ENSO has not consistently changed precipitation volumes in Campinas, while NAO has contributed to the high volumes of precipitation in the region of Coimbra. The relationship between rainfall and mass movements for the municipalities of Campinas and Coimbra was established by criteria of accumulated volumes of precipitation in 3,5 and 10 days prior to the events at meteorological stations, and 24, 48 and 72 hours prior to the events by use of weather radar IPMET only for Campinas. Thus, it was possible to establish criteria for alert issued by monitoring the rain gauge precipitation and by accumulated precipitation products generated by the weather radar for the city of Campinas. The weather radar proved to be an important tool for the mass movement risk management due to its high spatial and temporal resolution, besides monitoring precipitation, its intensity and its displacement.

KEYWORDS: Mass Movements. Climate Variability. Alert issued. Precipitation. Weather Radar.



Lista de Figuras

Figura 1 - Distribuição dos tipos de desastres naturais por continente, entre 1900 a 2006.....	7
Figura 2 - Tendência mundial dos desastres naturais.....	8
Figura 3 - Número de eventos geológicos, hidrológicos, biológicos dos principais Desastres Naturais já ocorridos no mundo baseados no Quadro 2, no período 79 dC a 2014.....	23
Figura 4 - Desastres geológicos, hidrológicos, biológicos, meteorológicos, climatológicos e número de mortos registrado no mundo, de acordo com o Quadro2.....	24
Figura 5 - Desastres geológicos, hidrológico e meteorológicos e número de mortos no mundo registrados no Quadro 2.....	25
Figura 6 - Número de eventos e número de mortos em desastres geológicos, climatológicos, hidrológicos e meteorológicos registrados no Quadro 2.....	26
Figura 7 - Mortos por tipo de Desastres no Brasil (%), período 1991 a 2010.....	27
Figura 8 - Mortos e Afetados por Região do Brasil (%), período 1991 a 2010	28
Figura 9 - Ocorrência de Mortos por deslizamentos por estado da Federação, Brasil, período 1928 a 2013.....	31
Figura 10 - Eventos de Movimentos de Massa no estado de São Paulo, no período de setembro/2009 a fevereiro/2010.....	32
Figura 11 - Distribuição mensal das ocorrências de cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes em Portugal Continental, período 1865 a 2010.....	34
Figura 12 - Movimentos de massa em Portugal Continental.....	35
Figura 13 - Fluxograma do desenvolvimento desta pesquisa.....	38
Figura 14 - Fotografias dos artigos de eventos de movimentos de massa em Coimbra.....	39
Figura 15 - Overlay do município de Campinas inserido nos produtos do radar meteorológico com a localização geográfica das duas estações meteorológicas, CEPAGRI e CIIAGRO.....	42
Figura 16 - Imagem do CAPPI do radar meteorológico de Bauru (IPMet) com overlay do município de Campinas.....	43
Figura 17 - Exemplo de queda de blocos.....	57
Figura 18 - Exemplo de tombamento.....	57
Figura 19 - Tipos de escorregamento: (a) Escorregamento Planar, (b) Escorregamento Circular, (c) Escorregamento em Cunha.....	59
Figura 20 - Exemplo de rastejo.....	60
Figura 21 - Área de cobertura dos radares do IPMet, localizados em Bauru e Presidente Prudente, com o alcance de 240 km para o produto CAPPI e 450 km para o produto PPI.....	68
Figura 22 - Esquema de Construção de um CAPPI.....	70
Figura 23 - Caminho do feixe em zero graus do PPI.....	71

Figura 24 - Imagens de radar que não representam chuva. (a) Ecos de Terreno, Revoadas de Pássaros, (b) Super-refração, (c) Queimadas.....	72
Figura 25 - Localização de Coimbra em Portugal.....	74
Figura 26 - Freguesias do Concelho de Coimbra.....	75
Figura 27 - Localização das ocorrências DISASTER de cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes 1865 a 2010.....	78
Figura 28 - Localização do município de Campinas no estado de São Paulo.....	80
Figura 29 - Esboço do Mapa de Tipos de Terreno do Município de Campinas.....	83
Figura 30- Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH-5) no estado de São Paulo (Os números indicam as represas do Sistema Cantareira: 1= Jaguari e Jacareí, 2=Cachoeira e 3=Atibaia).....	84
Figura 31 - Movimentos em vertentes em Coimbra no período entre Janeiro de 2000 a Março de 2013.....	87
Figura 32 - Diferentes tipos de movimentos em massa no período de janeiro de 2000 a março de 2013: Abatimento (preto), Desabamento (vermelho), Deslizamento (verde).....	88
Figura 33 - Movimentos em vertentes em Coimbra no inverno de 2000/2001 (vermelho) e os demais (preto) no período de 2002 a 2013.....	89
Figura 34 - Precipitação total mensal média, para o período 1941-2012, em Coimbra - Portugal.....	100
Figura 35 - Número mensal médio de dias chuvosos (>0.1mm), para o período de 1941-2012, em Coimbra, Portugal.....	100
Figura 36 - Distribuição de frequência cumulativa da precipitação diária em Coimbra, 2000-2012.....	101
Figura 37 - Ilustração esquemática da fase positiva da NAO +.....	103
Figura 38 - Ilustração esquemática da fase negativa da NAO +.....	104
Figura 39 - Série temporal mensal de índice de NAO.....	105
Figura 40 - Diagrama de dispersão para índice NAO de inverno versus precipitação total de inverno (DJF) em Coimbra, para o período de 1950-2012, com a reta ajustada pelo método dos mínimos quadrados.....	106
Figura 41 - Campos médios de PNMM e desvio destes em relação à correspondente média climatológica, para inverno de 2004/2005 que foi caracterizado como fase positiva da Oscilação do Atlântico Norte. A unidade é em hPa (hecto Pascal).....	107
Figura 42 - Campos médios de PNMM e desvio destes em relação à correspondente média climatológica, para inverno de 2009/2010 que foi caracterizado como fase negativa da Oscilação do Atlântico Norte. A unidade é em hPa (hecto Pascal).....	108
Figura 43 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2000 em Coimbra.....	109
Figura 44 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2001.....	110
Figura 45 - Total de precipitação acumulada em Portugal Continental nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2001.....	111

Figura 46 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2002.....	113
Figura 47 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2003.....	114
Figura 48 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2004.....	114
Figura 49 - Distribuição espacial da média anual da precipitação (a) e desvios em relação ao valor médio 1961-1990 (b).....	115
Figura 50 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2005.....	116
Figura 51 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2006.....	117
Figura 52 - Percentagem de água no solo em 31 de outubro de 2006.....	118
Figura 53 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2007.....	119
Figura 54 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2008.....	120
Figura 55 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2009.....	120
Figura 56 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2010.....	121
Figura 57 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em Coimbra - Ano 2011.....	122
Figura 58 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em Coimbra - Ano 2012.....	123
Figura 59 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em Coimbra - Ano 2013.....	124
Figura 60 - Precipitação mensal média (mm) em Campinas, para o período 1941-2004.....	127
Figura 61 - Número médio de dias chuvosos, para o período 1941-2004 em Campinas.....	128
Figura 62 - Índice de ENSO produzido pelo NOAA.....	129
Figura 63 - Precipitação anual (mm) em Campinas de 1961 a 1990, com a indicação de anos de El Niño (círculo vermelho) e La Niña (círculo azul). A linha horizontal cheia indica média para todo o período e as linhas horizontais pontilhadas, um desvio padrão para cima e para baixo da média.....	130
Figura 64 - Desvio de precipitação em mm em relação à média climatológica para Novembro/2003 (Climatologia INMET: 1961-1990).....	131
Figura 65 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2003 – Campinas.....	132
Figura 66 - Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 06 de novembro de 2003 às 14h31.....	134

Figura 67 - Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 07 de novembro de 2003 às 15h46.....	134
Figura 68 - Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 12 de novembro de 2003 às 16h31.....	135
Figura 69 - Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 13 de novembro de 2003 às 06h46.....	135
Figura 70 - Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 15 de novembro de 2003 às 17h16.....	136
Figura 71 - Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 17 de novembro de 2003 às 07h23.....	136
Figura 72 - Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 17 de novembro de 2003 às 15h01.....	137
Figura 73 - Imagem de satélite – Goes 12, do dia 17 de novembro de 2003.....	137
Figura 74 - Imagens dos produtos de chuva acumulada gerados pelo radar meteorológico do IPMet, para 24, 48, 72 e 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CEPAGRI, no dia 17 de novembro de 2003.....	138
Figura 75 - Imagens dos produtos de chuva acumulada gerados pelo radar meteorológico do IPMet, para 24, 48, 72 e 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CIIAGRO, no dia 17 de novembro de 2003.....	139
Figura 76 - Imagem de Satélite Goes-12 do dia 13 de outubro de 2004, às 18:10 Z.....	140
Figura 77 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2004 – Campinas.....	141
Figura 78 - (a) Precipitação total (mm) em Janeiro de 2005. (b) Desvio de precipitação (mm) em relação à média climatológica de Janeiro/2005 (Climatologia INMET: 1961-1990).....	143
Figura 79 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2005 – Campinas.....	144
Figura 80 - (a) Precipitação total (mm) em Março de 2005. (b) Desvio de precipitação (mm) em relação à média climatológica para Março de 2005 (Climatologia INMET: 1961-1990).....	145
Figura 81 - (a) Imagem de satélite Goes-12 das 21Z10 do dia 04 de janeiro de 2005. (b) - Imagem de satélite Goes-12 das 03Z10 do dia 24 de março de 2005.....	148
Figura 82 - Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 04/01/2005 às 18h16, horário aproximado do evento de movimento de massa ocorrido em Campinas.....	148
Figura 83 - Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 24/03/2005 às 16h16.....	149
Figura 84 - Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CIIAGRO, no dia 05 de janeiro de 2005.....	150
Figura 85 - Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CEPAGRI, no dia 05 de janeiro de 2005.....	150

Figura 86 - Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CIIAGRO, no dia 25 de março de 2005.....	151
Figura 87 - Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CEPAGRI, no dia 25 de março de 2005.....	152
Figura 88 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2006 – Campinas.....	154
Figura 89 - Precipitação Total de Fevereiro e Março de 2006.....	155
Figura 90 - Sequência de imagens de satélite GOES-12 do dia 29 de março de 2006 – 12Z10, 15Z10, 21Z10 e 23Z30.....	157
Figura 91 - Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 29/03/2006 à 01h31.....	158
Figura 92 - Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 29/03/2006 às 10h08.....	158
Figura 93 - Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 29/03/2006 às 11h53.....	159
Figura 94 - Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CEPAGRI, no dia 30 de março de 2006.....	160
Figura 95 - Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CIIAGRO, no dia 30 de março de 2006.....	160
Figura 96 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2007 – Campinas.....	163
Figura 97 - Precipitação Total em todo o Brasil nos meses Dezembro/2006 e Janeiro/2007.....	164
Figura 98 - Imagem de Satélite Goes do dia 05/01/2005 das 00Z10.....	165
Figura 99 - Precipitação acumulada de 24 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CIIAGRO.....	165
Figura 100 - Precipitação acumulada de 48 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CIIAGRO.....	166
Figura 101 - Precipitação acumulada de 72 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CIIAGRO.....	166
Figura 102 - Precipitação acumulada de 96 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CIIAGRO.....	167
Figura 103 - Precipitação acumulada de 24 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CEPAGRI.....	167
Figura 104 - Precipitação acumulada de 48 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CEPAGRI.....	168
Figura 105 - Precipitação acumulada de 72 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CEPAGRI.....	168
Figura 106 - Precipitação acumulada de 96 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CEPAGRI.....	169

Figura 107 - Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2012 – Campinas.....	171
Figura 108 - Imagem de Satélite GOES-12, Infra-4 do dia 04 de junho às 23Z30.....	173
Figura 109 - Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 04/06/2012.....	173
Figura 110 - (a) Precipitação total (mm) em Junho/2012. (b) Desvio de precipitação (mm) em relação à média climatológica para Junho/2012 (Climatologia INMET: 1961 – 1990).....	174
Figura 111 - Precipitação acumulada de 96 horas anterior ao evento do movimento de massa do dia 04/06/2012, com valor acumulado para as coordenadas do CIIAGRO.....	175
Figura 112 - Precipitação acumulada de 96 horas anterior ao evento do movimento de massa do dia 04/06/2012, com valor acumulado para as coordenadas do CEPAGRI.....	176
Figura 113 - Relação entre Precipitação Acumulada por Radar Meteorológico e Totais Diários em estações Meteorológicas.....	177

Lista de Quadros

Quadro 1 - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE).....	9 a 13
Quadro 2 - Desastres Naturais no Mundo.....	14 a 22
Quadro 3 - Eventos de Movimentos de Massa no Brasil (1928-2014)	29 a 30
Quadro 4 - Classificação dos desastres em relação à intensidade.....	46
Quadro 5 - Classificação dos desastres em relação à evolução.....	46
Quadro 6 - Classificação dos desastres em relação à origem.....	47
Quadro 7 - Classificação dos movimentos de massa apresentado por VARNES (1958) apud AHRENDT (2005).....	54
Quadro 8 - Características dos principais grupos de movimentos de massa.....	56
Quadro 9 - Níveis descritos pela Defesa Civil para emissão de alerta.....	66
Quadro 10 - Ocorrências de movimentos de massa notificados pela Defesa Civil no período de 2000 a 2013 em Campinas.....	125

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Síntese dos resultados globais da base de dados <i>Disaster</i> (1865 a 2010).....	33
Tabela 2 - Classificação de Hutchinson (1988).....	55
Tabela 3 - Principais grupos de fatores que influenciam na ocorrência de movimentos de massa.....	63
Tabela 4 - Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2000 em Coimbra.....	90
Tabela 5 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2001 em Coimbra.....	91
Tabela 6 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2002 em Coimbra.....	92
Tabela 7 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2003 em Coimbra.....	93
Tabela 8 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2004 em Coimbra.....	94
Tabela 9 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2005 em Coimbra.....	94
Tabela 10 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2006 em Coimbra.....	95
Tabela 11 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2007 em Coimbra.....	95
Tabela 12 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2008 em Coimbra.....	96
Tabela 13 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2009 em Coimbra.....	96
Tabela 14 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2010 em Coimbra.....	97
Tabela 15 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da	

ocorrência para o ano de 2011 em Coimbra.....	97
Tabela 16 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2012 em Coimbra.....	98
Tabela 17 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2013 em Coimbra.....	98
Tabela 18 - Data e número das ocorrências de movimentos de massa em janeiro de 2001 e os acumulados de precipitação.....	112
Tabela 19 - Data e número das ocorrências de movimentos de massa em março de 2001 e os acumulados de precipitação.....	112
Tabela 20 - Precipitação acumulada no dia da ocorrência, e nos 3º, 5º, 10º e 15º dias que antecederam o evento de movimento de massa, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para todos os eventos. A – Estação Meteorológica do CIIAGRO, B – Estação Meteorológica do CEPAGRI (Unicamp).....	126
Tabela 21 - Acumulado diário de precipitação para o mês de novembro de 2003 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 17/11/2003 – período da tarde.....	133
Tabela 22 - Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 17/11/2003.....	142
Tabela 23 - Acumulado diário de precipitação para os meses de setembro e outubro de 2004 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 13/10/2004 – às 19h40.....	142
Tabela 24 - Acumulado diário de precipitação para os meses de dezembro de 2004 e janeiro de 2005 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 04/01/2005 – no final da tarde.....	146
Tabela 25 - Acumulado diário de precipitação para o mês de março de 2005 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 24/03/2005.....	147
Tabela 26 - Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 04/01/2005.....	152
Tabela 27 - Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 24/03/2005.....	153
Tabela 28 - Acumulado diário de precipitação para o mês de março de 2006 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 29/03/2006 às 11h25.....	156
Tabela 29 - Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 29/03/2006.....	161
Tabela 30 - Acumulado diário de precipitação para o mês de março de 2006 das estações	

meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 05/01/2007.....	162 e 163
Tabela 31 - Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 05/01/2007.....	169
Tabela 32 - Acumulado diário de precipitação para o mês de março de 2006 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 04/06/2012 no período da tarde.....	176
Tabela 33 - Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 04/06/2012.....	184

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAPPI	Constant Altitude Plan Position Indicator
CCM	Complexo Convectivo de Mesoescala
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CEDEC	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CEPAGRI	Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura
CETESB	Centro de Tecnologia de Saneamento Básico
CIAGRO	Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas
COBRADE	Codificação Brasileira de Desastres
CODAR	Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos
COMDEC	Coordenação Municipal de Defesa Civil
CPC	Climate Prediction Center
CPD	Coefficiente de Precipitação para Deslizamentos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo
DDR	Disaster Risk Reduction Programme
ECMWF	European Centre of Medium Range Weather Forecast
ECP	Estado de Calamidade Pública
EM-DAT	Emergency Events Database
ENOS	El Niño Oscilação Sul
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
IG	Instituto Geológico
IGCE	Instituto de Geociências e Ciências Exatas
IGUC	Instituto Geofísico da Universidade de Coimbra
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPMet	Instituto de Pesquisas Meteorológicas
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MSG	Meteosat of Second Generation
NÃO	North Atlantic Oscillation
ND	Natural Disasters

ONU	Organização das Nações Unidas
PDSE	Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior
PIB	Produto Interno Bruto
PPDC	Plano Preventivo de Defesa Civil
PPI	Plan Position Indicator
PNMM	Pressão Atmosférica ao Nível do Mar
RMC	Região Metropolitana de Campinas
SE	Situação de Emergência
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISMADEN	Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UGRH	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNDP	Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”
UNISDR	United Nations-International Strategy for Disaster Reduction
UTC	Universal Time Coordinated
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

1	INTRODUÇÃO	1
2	HISTÓRICO DE DESASTRES NATURAIS	6
2.1	Desastres Naturais no Mundo	6
2.2	Desastres Naturais no Brasil	27
2.3	Desastres Naturais em Portugal	33
3	OBJETIVOS E HIPÓTESE	36
3.1	Objetivo Geral	36
3.2	Objetivos Específicos	36
3.3	Hipótese	36
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
4.1	Coimbra	39
4.2	Campinas	41
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	45
5.1	Desastres Naturais	45
5.2	Riscos Ambientais	49
5.3	Movimentos de Massa	51
5.4	Os principais agentes deflagradores dos Movimentos de Massa	61
5.5	Relação entre chuva e deslizamentos	63
5.6	Características e atributos dos radares meteorológicos do IPMet	67
6	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	73
6.1	Coimbra	73
6.1.1	Características Climáticas de Coimbra	75
6.1.2	Características Geomorfológicas, Geológicas e Hidrológicas de Coimbra	76
6.1.3	Características Geotécnicas de Coimbra	77
6.2	Campinas	79
6.2.1	Características Climáticas de Campinas	80

6.2.2	Características Geomorfológicas, Geológicas e Hidrológicas de Campinas.....	82
6.2.3	Características Geotécnicas de Campinas	84
7	ANÁLISES E RESULTADOS	86
7.1	Ocorrências de Movimentos de massa em Coimbra	86
7.1.1	Análise dos condicionantes atmosféricos associados aos eventos em Coimbra.	99
7.1.2	Análise da Precipitação em Coimbra	99
7.1.3	Precipitação e os movimentos em massa em Coimbra.....	108
7.2	Ocorrências de Movimentos de massa em Campinas	124
7.2.1	Análise dos condicionantes atmosféricos associados aos eventos em Campinas .	126
7.2.2	Análise da Precipitação em Campinas	127
7.2.3	Precipitação e os movimentos em massa em Campinas.....	130
8	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	178
	REFERÊNCIAS	182
	APÊNDICE A – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo jornal: Diário de Coimbra no período de 2000 a 2013	198

1 INTRODUÇÃO

Os processos físicos de intensidades diferentes fazem parte da dinâmica natural do planeta desde a sua existência, como os deslizamentos, terremotos, erupções vulcânicas, inundações e outros. Esses fenômenos sempre ocorreram independentemente da interferência antrópica, porém, quando existe a interação desses fenômenos com as pessoas, e prejuízos econômicos, ambientais ou humanos, ocorrem os desastres naturais. A força motriz desses processos, provém de um ou mais dos seguintes componentes: geológicos, hidrológicos, climatológicos e meteorológicos. Os impactos ocasionados podem ser acentuados por fatores socioeconômicos, a ocupação desordenada com a falta de planejamento urbano e de planos diretores com a implantação de políticas públicas efetivas para a prevenção de desastres naturais (SAITO *et al*, 2015).

Outros contribuintes que levam a um crescente dano ambiental ao aumento da vulnerabilidade e à segurança populacional em países menos desenvolvidos, são a delapidação dos recursos naturais e, em países mais desenvolvidos, a poluição decorrente dos processos das produções agrícola, energética e industrial, do consumo, e dos transportes e, também, a crescente procura por espaços urbanos de forma desordenada (CUNHA; DIMUCCIO, 2002).

Os estudos sobre desastres naturais envolvem uma multiplicidade de conhecimentos transdisciplinares e têm por objetivo principal reunir instrumentos de ação para reduzir a possibilidade de perdas de vidas e bens materiais.

Uma das formas mais apropriadas para compreender o estudo de desastres naturais é a obtenção de banco de dados confiáveis de eventos passados, a fim de estabelecer análises das suas reincidências e relações com fatores e características de cada local.

De acordo com o Emergency Events Database (EM-DAT, 2012), tem ocorrido um aumento na frequência e na intensidade dos desastres naturais em todo o globo, entre os quais aqueles associados aos movimentos de massa. Pode-se relacionar, diretamente, o aumento do número de vítimas com o aumento populacional, a ocupação em áreas de risco e o aumento dos desastres naturais.

Visando contribuir no desenvolvimento de um banco de dados com informações de desastres naturais ocorridos em todo o globo terrestre e com a necessidade do entendimento de seus impactos, principalmente relacionado com o número de vítimas fatais, esta pesquisa teve interesse em conhecer os eventos que tiveram grandes impactos relacionados ao número

de vítimas fatais ao redor do mundo, com informações do tipo de desastres, data, local e número de mortos.

No Brasil, os desastres naturais são relacionados, em sua maioria, com inundações, deslizamentos de terra, temperaturas extremas, tempestades, secas, incêndios florestais, infestações de insetos e epidemias, de acordo com o banco de dados de desastres do EM-DAT (2012). Segundo esse banco de dados, os escorregamentos configuram-se como a segunda causa mais frequente de desastres naturais, sendo inferior apenas às inundações.

A redução de risco de desastres, incluindo movimentos de massa, consiste no trabalho conceitual e prático que coordena esforços sistemáticos voltados à diminuição do grau de exposição às ameaças, e às vulnerabilidades. Ao trabalho de integração da sociedade civil com órgãos governamentais e comunidade científica, denominamos gestão de riscos, que visa coordenar procedimentos a fim de prevenir, evitar e mitigar riscos e desastres (TOMINAGA *et al*, 2009).

As flutuações climáticas do passado são de grande relevância para aumentar o conhecimento das situações atuais e futuras. Informações detalhadas sobre características climáticas de épocas particulares podem ser definidas por registros obtidos de diferentes fontes de dados e de situações e processos que são afetados pelo clima (ARAKI, 2012). Assim, para fortalecer a capacidade de enfrentamento e reduzir o impacto dos desastres naturais é necessário um conjunto de ações para desenvolver sistemas de alerta e disseminá-los adequadamente e com segurança, reduzindo a possibilidade de ocorrência de perda ou dano.

Um sistema de alerta necessita de conhecimento do risco, monitoramento da área e meio de comunicação. Entretanto, é demasiadamente complexo trabalhar com a redução de ameaças, tais como as chuvas intensas e eventos extremos que deflagram os desastres naturais. Eventos extremos são aqueles em que os totais da precipitação num certo período (anual, sazonal, diário), apresentam desvios superiores ou inferiores ao comportamento habitual da área no período analisado causando grandes prejuízos. E as chuvas intensas são consideradas de curta duração e alta intensidade, cuja lâmina precipitada ou intensidade supere um valor mínimo em função do tempo de duração (frequência).

A precipitação é uma variável complexa, sua ocorrência é determinada pela formação e desenvolvimento de fenômenos atmosféricos de escalas variadas (local, meso e sinótico) e suas interações com a superfície por meios de trocas de fluxos de calor e umidade (evaporação e evapotranspiração), sua distribuição temporal é tão variável quanto à distribuição espacial com características distintas para cada região (orografia, brisas

marítimas, terrestres, ilhas de calor, efeitos da urbanização e circulação dos ventos (CALVETTI *et al*, 2006).

É importante destacar que uma parte desta pesquisa foi realizada na Universidade de Coimbra - PT, com o intuito de elaborar um banco de dados dos eventos de movimentos de massa e analisar o comportamento dos sistemas precipitantes para emissão de alerta. Uma pesquisa similar foi realizada em Campinas (SP) – Brasil, embora as regiões mais suscetíveis aos eventos de movimentos de massa no estado de São Paulo estejam localizadas no Vale do Paraíba, litoral e capital. Campinas foi escolhida por apresentar requisitos essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa, com dados históricos consistentes de estações meteorológicas, eventos de movimentos de massa e localizada dentro do alcance quantitativo do radar meteorológico, o que viabilizaria utilizar o radar meteorológico como ferramenta no auxílio para emissão de alertas.

Com problemas muito similares, procurou-se conhecer as atuações de enfrentamento dos desastres naturais e a análise histórica da precipitação em Campinas, no estado de São Paulo-Brasil e Coimbra-Portugal. Há pelo menos dois aspectos interessantes nessas duas localizações, com relação aos movimentos de massa que as afetam: primeiro, as duas localidades selecionadas estão em regiões climaticamente bem distintas, enquanto Campinas recebe maior volume de precipitação nos meses do verão do Hemisfério Sul (Dezembro, Janeiro e Fevereiro –DJF), Coimbra apresenta sua estação chuvosa no inverno do Hemisfério Norte (DJF), outra característica que merece destaque é a geomorfologia e a geologia dos dois municípios que são muito distintas; Coimbra com relevos muito mais acentuados e com características geotécnicas mais suscetíveis aos movimentos de massa que Campinas, favorecendo um número maior de eventos de movimentos de massa; o segundo aspecto é a política de enfrentamento aos desastres naturais distinta, visto que há um maior envolvimento da comunidade, do meio científico, das políticas públicas na integração das ações de prevenção e alerta de desastres naturais no Brasil.

Um exemplo disto é a criação de Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) e, em Campinas um Decreto n.º 17.804 de 12 de dezembro de 2012, que dispõe sobre o PPDC com vistas aos escorregamentos de encostas. Ao considerar a existência de riscos de inundações e escorregamentos no município de Campinas durante o período chuvoso, foi criada uma integração e articulação com o Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil, para o enfrentamento das situações adversas. Os envolvimento são de todas as secretarias da prefeitura (Saúde, Administração, Meio Ambiente, Gestão, Controle, Educação, Habitação, Infra Estrutura, Finanças, Abastecimento de Água e Saneamento), Rede Integrada de

Emergência, Rede Nacional de Radioamadores, Defesa Civil e Corpo de Bombeiros, além de órgãos como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Instituto Geológico (IG), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet), Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), e contribuições das Universidades.

Em Coimbra, há pouca interação entre as universidades com os órgãos de Defesa Civil e o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), com um plano efetivo para contribuição da mitigação dos danos. O IPMA, com sede em Lisboa, é um Instituto Público, com responsabilidades ao nível do território nacional nos domínios do mar e da atmosfera, possui dois radares meteorológicos para monitoramento das chuvas de todo o território português (um radar lotado em Arouca, região do Porto/Norte de Portugal e o outro lotado em Loulé, região do Algarve/Sul de Portugal), mantém serviços de previsão do tempo com elaboração de um “*briefing*” diário com informações precisas e objetivas de alerta para a Defesa Civil, clima, sismologia e geomagnetismo, com a preocupação orientada para salvar vidas e propriedades.

Devido à complexidade de variáveis, como as informações do ambiente físico e do uso e ocupação, a obtenção dos dados, as formas de mensuração e as avaliações de risco geralmente envolvem muita incerteza. Segundo Balaji *et al* (2005), os principais dados requeridos numa avaliação de risco para qualquer local de estudo são:

- Dados sobre perigo: tipo, data, local de ocorrência, magnitude etc.;
- Dados sobre o ambiente físico: geologia, geomorfologia, hidrologia, climatologia, uso da terra etc.;
- Dados sobre a exposição local: infraestrutura urbana, edificações, população, dados socioeconômicos, agropecuários, etc.

Sempre que possível, deve-se utilizar dados quantitativos, de fontes oficiais, longas séries históricas e métodos de análises que envolvam modelos matemáticos, físicos e observações ‘in loco’. A intenção é que essa avaliação torne-se passível de repetição e comparação, refletindo de forma mais transparente a realidade local, e inserindo as informações em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), possibilitando um entendimento dos padrões espaciais e temporais associados aos riscos e desastres para o estado de São Paulo (PELLEGRINA, 2011).

Além disso, é importante correlacionar os volumes pluviométricos e os movimentos de massa. No Brasil, Olga Cruz (1974), Guidicini e Iwasa (1976), Tatizana *et al* (1987a, b), Cerri

et al (1990), Macedo *et al* (2004) e outros autores empenhados em desvendar esses valores com base em registros pluviométricos, estabeleceram métodos para essa relação, com o objetivo principal de instruir equipes técnicas para as ações em situação de risco e reduzir as perdas de vidas.

Nesse contexto, os radares meteorológicos têm um importante papel, pois proporcionam informações sobre a localização e intensidade da precipitação. Com a utilização de radar meteorológico, é possível verificar o deslocamento da chuva e localizar áreas de maior intensidade, subsidiando e orientando os processos de tomada de decisões com vistas à proteção da vida e patrimônio. Assim, o monitoramento da precipitação pelo radar pode ser uma importante ferramenta para prevenção de riscos, emissões de alertas, planejamento de manutenções, alocação de recursos humanos, decisões operacionais, manejo de frotas, planejamento de trabalhos a céu aberto e outros.

Vale lembrar que as redes convencionais de monitoramento da precipitação, devido à baixa resolução espacial e temporal, são incapazes de monitorar sistemas precipitantes.

A identificação de limites críticos de precipitação, associados com as previsões de chuvas e o monitoramento em tempo real, constitui parte fundamental da gestão de riscos e sistemas de emissão de alertas por importantes órgãos, como por exemplo, o CEMADEN, o INPE, a Defesa Civil, com os PPDC, IG, IPT, e por projetos e pesquisadores, como o Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (SISMADEN), TerraMA – Plataforma de monitoramento, análise e alerta a extremos geoambientais, Tominaga *et al* (2008, 2009), Macedo *et al* (2004), Marandola e Hogan (2004), Tatizana *et al* (1987), Marcelino (2008), Kobiyama *et al* (2006), Castro (1998) e muitos outros. Uma vez determinadas as relações entre chuvas e deslizamentos, incluídos também os fatores condicionantes (geomorfologia, geologia, hidrologia), será possível gerar critérios, que, uma vez incorporados a um sistema de alerta, permitirão uma maior precisão em ações mitigadoras.

Neste contexto, a tese está dividida em capítulos: introdução, histórico de desastres naturais, hipótese e objetivos, procedimentos metodológicos, revisão bibliográfica, caracterização dos locais estudados, análises/resultados, conclusão/considerações finais e as referências bibliográficas.

2 HISTÓRICO DE DESASTRES NATURAIS

2.1 Desastres Naturais no Mundo

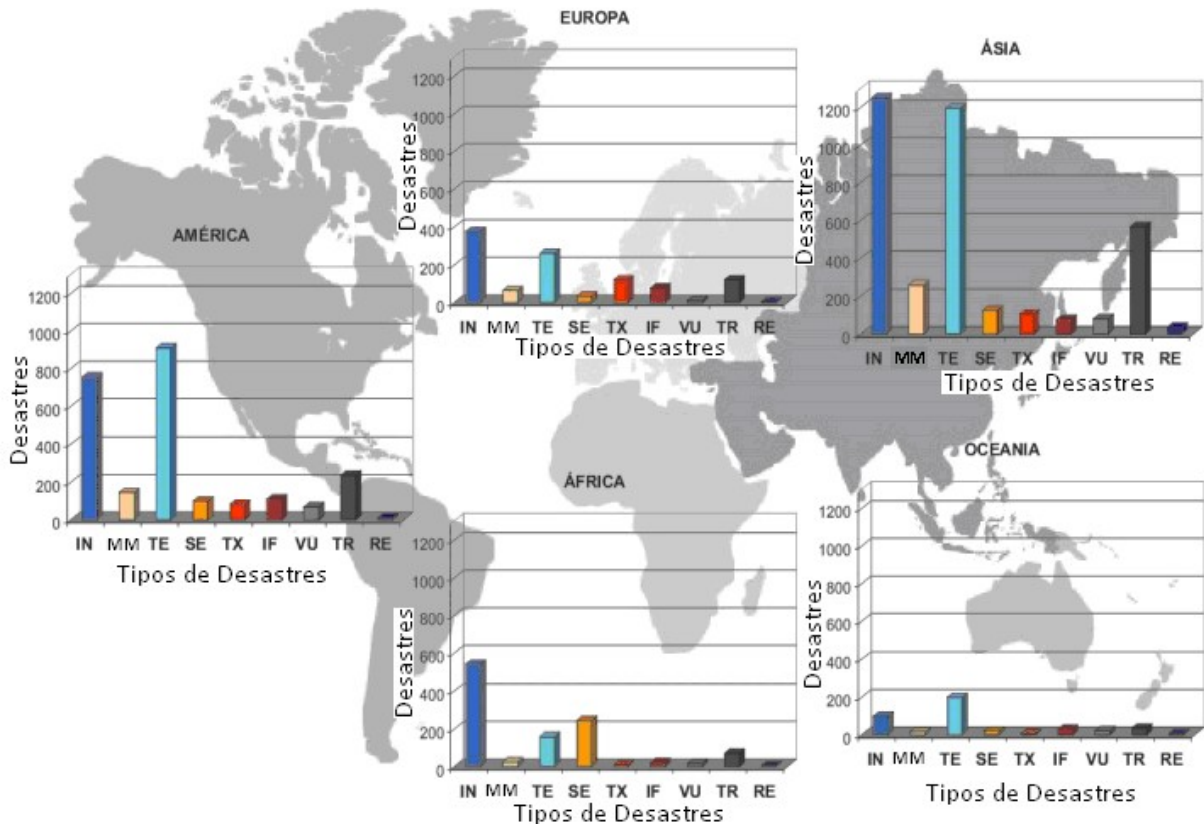
Nas últimas décadas houve um aumento na intensidade e na frequência dos desastres naturais em todo o globo terrestre. De acordo com o EM-DAT (2012), o aumento mais significativo foi a partir de 1950, agravando-se por volta de 1980. Com base nos dados da Organização das Nações Unidas (ONU), observa-se que o aumento populacional mundial, conseqüentemente o aumento da área de ocupação, pode estar relacionado com o aumento da ocorrência de desastres no âmbito global.

Tominaga *et al* (2009) citam que os perigos naturais ameaçam qualquer pessoa de forma igual na teoria, mas, na prática, atingem a classe mais desfavorecida, devido a vários fatores, como, por exemplo, a população de baixa renda que vive em áreas de risco e habitam construções frágeis, áreas extremamente povoadas em locais suscetíveis aos riscos. Dessa maneira, é necessária uma estratégia para redução de danos causados por desastres e a necessidade de acompanhar o desenvolvimento social e econômico e com um criterioso gerenciamento ambiental.

Há outros fatores que contribuem para o aumento de desastres naturais, tão importante quanto o total de habitantes em todo o globo, como a localização geográfica, a geomorfologia, a geologia, a distribuição territorial (área urbana e rural, a densidade demográfica, e outros) e a vulnerabilidade (educação, pobreza, cultura, quantidade de idosos e outros).

A Figura 1 demonstra a distribuição dos tipos de desastres naturais no mundo, e nota-se que os eventos de movimentos de massa estão presentes principalmente na América, Europa e Ásia. De acordo com o Disaster Risk Reduction Programme (DRR), entre 1980 e 2005 aconteceram aproximadamente 7.500 desastres naturais no mundo, ocasionando 2 milhões de mortes e prejuízos de 1,2 trilhões de dólares. A maioria dessa população encontra-se em países menos desenvolvidos e com menos recursos econômicos (UN-ISDR, 2009).

Figura 1 – Distribuição dos tipos de desastres naturais por continente, entre 1900 a 2006.



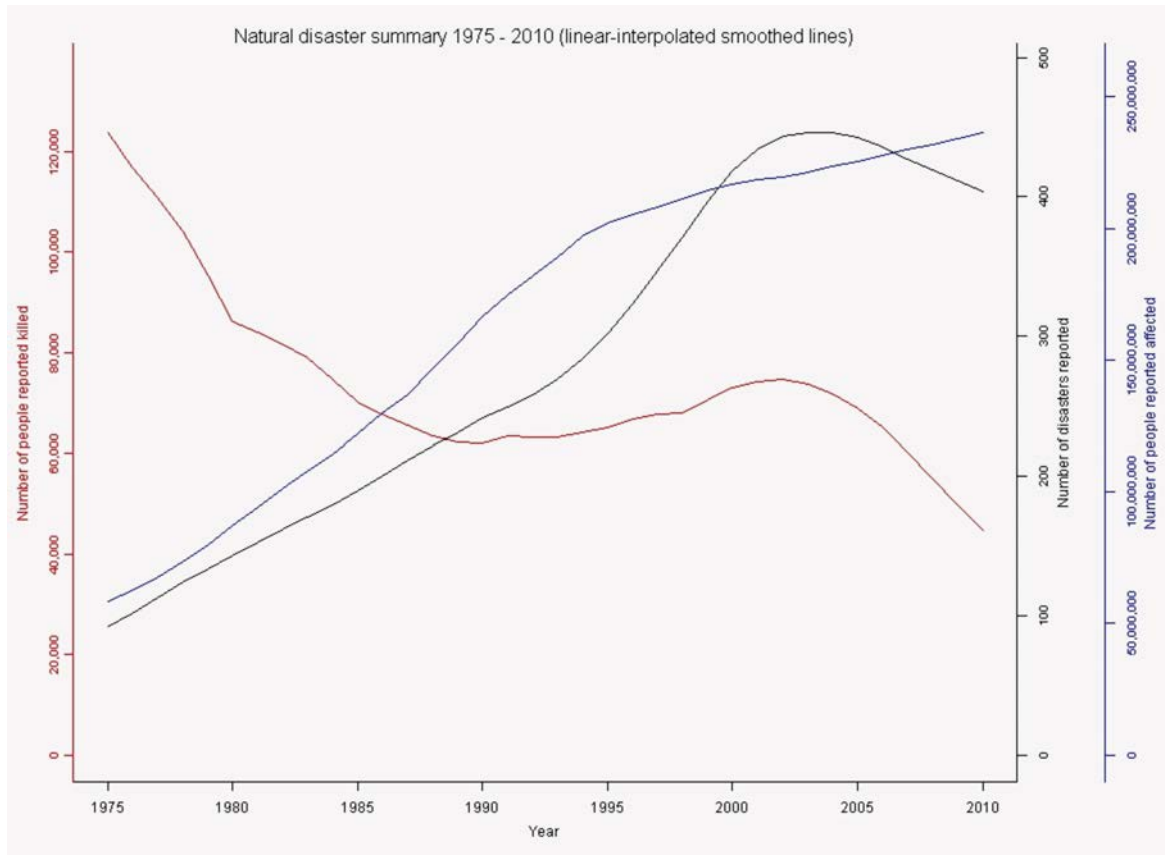
Legenda: IN (Inundação), MM (Movimentos de Massa), TE (Tempestades), SE (Secas), TX (Temperatura Extrema), IF (Incêndios florestais), TR (Terremoto), VU (Vulcanismo) e RE (Ressaca).

Fonte: Marcelino (2008), adaptado pela autora.

A Figura 2 destaca a relação dos prejuízos financeiros e o número de afetados; nela observa-se a diminuição de pessoas mortas no período, fato que pode ser atribuído à melhora nos sistemas de prevenção e alerta que estão sendo desenvolvidos para preparar a população em áreas de risco. É importante considerar que, atualmente, as ocorrências são registradas com maior eficácia e contam com a facilidade da internet para divulgação imediata, justificando-se, assim, a tendência crescente e significativa dos últimos 15 anos.

Diante desses fatos, é fundamental a criação e a manutenção de grandes bancos de dados que ofereçam condições para compreender o comportamento dos desastres naturais, tornando-se um poderoso instrumento de gestão de desastres naturais.

Figura 2 – Tendência mundial dos desastres naturais.



Linha preta: desastres naturais no mundo; linha azul: número de pessoas afetadas; linha vermelha: número de mortos; no período de 1975 a 2010.

Fonte: EM-DAT, 2010.

No Brasil, a Política Nacional de Defesa Civil (2007) tem como objetivo garantir um direito constitucional, o direito natural à vida e à incolumidade. Assim, Castro (2003) publicou um manual de desastres naturais, apresentado pela Defesa Civil e elaborado com base na Classificação Geral dos desastres e na Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos – CODAR, aprovadas pela Resolução nº. 2 do Conselho Nacional de Defesa Civil.

A importância da criação do código foi uniformizar a nomenclatura relacionada com desastres e desenvolver uma base teórica para programas de bancos de dados, e assim permitir a interação entre diferentes níveis de informações com programas informatizados, relacionados com cartografia, base geográfica e outros.

Baseado neste código os desastres foram divididos em grupos, subgrupos, tipo, subtipo e a sua definição, conforme é demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade).

(continua)

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO		
DESASTRES NATURAIS	1.GEOLÓGICO	1.Terremoto	1.Tremor de Terra	0	Vibrações do terreno que provocam oscilações verticais e horizontais na superfície da Terra (ondas sísmicas). Pode ser natural (tectônica) ou induzido.	
			2.Tsunami	0	Série de ondas geradas por deslocamento de um grande volume de água causado geralmente por terremotos, erupções vulcânicas ou movimentos de massa.	
		2.Emanação Vulcânica	0	0	Produtos/materiais vulcânicos lançados na atmosfera a partir de erupções vulcânicas.	
		3.Movimento de massa	1.Quedas, tombamentos e rolamentos	1.Blocos	As quedas de blocos são movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngrimes, num movimento tipo queda livre.	
					Os tombamentos de blocos são movimentos de massa em que ocorre rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa desprendida.	
					Rolamento de blocos são movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas, que ocorrem geralmente pela perda de apoio.	
		3.Matacões			As quedas de lascas são movimentos rápidos e acontecem quando fatias delgadas formadas pelos fragmentos de rochas se destacam de encostas muito íngrimes, num movimento tipo queda livre.	
					Os rolamentos de matacões são caracterizados por movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas e movimentam-se num plano indicado.	
4.Lajes			As quedas de lajes são movimentos rápidos e acontecem quando fragmentos de rochas extensas de superfície mais ou menos plana e de pouca espessura se destacam de encostas muito íngrimes, num movimento tipo queda livre.			

(continuação)

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	
DESASTRES NATURAIS	1.GEOLÓGICO	3.Movimento de massa	2.Deslizamentos	1.Deslizamentos de solo e/ou rocha	São movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Frequentemente, os primeiros sinais desses movimentos são a presença de fissuras.
			3.Corridas de massa	1.Solo/Lama	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, o solo/lama, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.
				2.Rocha/Detrito	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, rocha/detrito, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.
			4.Subsidiências e colapsos	0	Afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso.
		4.Erosão	1.Erosão costeira/Marinha	0	Processo de desgaste (mecânico ou químico) que ocorre ao longo da linha da costa (rochoso ou praia) e se deve à ação das ondas, correntes marinhas e marés.
			2.Erosão de margem fluvial	0	Desgaste das encostas dos rios que provoca desmoronamento de barrancos.
			3.Erosão continental	1.Laminar	Remoção de uma camada delgada e uniforme do solo superficial provocada por fluxo hídrico não concentrado.
				2.Ravinas	Evolução, em tamanho e profundidade, da desagregação e remoção das partículas do solo de sulcos provocada por escoamento hídrico superficial concentrado.
		3.Boçorocas		Evolução do processo de ravinamento, em tamanho e profundidade, em que a desagregação e remoção das partículas do solo são provocadas por escoamento hídrico superficial e subsuperficial (escoamento freático).	

(continuação)

	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO
DESASTRES NATURAIS	2. HIDROLÓGICO	1. Inundações	0	0	Submersão de áreas fora dos limites normais de curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.
		2. Enxurradas	0	0	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.
		3. Alagamentos	0	0	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.
	3. METEOROLÓGICO	1. Sistemas de grande escala/Escala Regional	1. Ciclones	1. Ventos costeiros (mobilidade de dunas)	Intensificação dos ventos nas regiões litorâneas, movimentando dunas de areia sobre construções na orla.
				2. Marés de tempestade (ressaca)	São ondas violentas que geram uma maior agitação do mar próximo à praia. Ocorrem quando rajadas fortes de vento fazem subir o nível do oceano em mar aberto e essa intensificação das correntes marítimas carrega uma enorme quantidade de água em direção ao litoral. Em conseqüência, as prais inundam, as ondas se tornam maiores e a orla pode ser devastada alagando ruas e destruindo edificações.
			2. Frentes frias/ Zonas de Convergências	0	É uma massa de ar frio que avança sobre uma região, provocando queda brusca de temperatura local, com período de duração inferior à friagem. Zona de Convergência é uma região que está ligada à tempestade causada por uma zona de baixa pressão atmosférica, provocando forte deslocamento de massas de ar, vendavais, chuvas intensas e até queda de granizo.

(continuação)

	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	
DESASTRES NATURAIS	3. METEOROLÓGICO	2. Tempestades	1. Tempestade local/convectiva	1. Tornados	Coluna de ar que gira de forma violenta e muito perigosa, estando em contato com a terra e a base de uma nuvem de grande desenvolvimento vertical. Essa coluna de ar pode percorrer vários quilômetros e deixa um rastro de destruição pelo caminho percorrido.	
				2. Tempestade de raios	Tempestade com intensa atividade elétrica no interior das nuvens, com grande desenvolvimento vertical.	
				3. Granizo	Precipitação de pedaços irregulares de gelo.	
				4. Chuvas intensas	São chuvas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres (inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc).	
				5. Vendaval	Forte deslocamento de uma massa de ar em uma região.	
		3. Temperaturas extremas	1. Onda de calor	0	É um período prolongado de tempo excessivamente quente e desconfortável, onde as temperaturas ficam acima de um valor normal esperado para aquela região em determinado período do ano. Geralmente é a dotado um período mínimo de três dias com temperaturas 5°C acima dos valores máximo médios.	
				2. Onda de frio	1. Friagem	Período de tempo que dura, no mínimo, de três a quatro dias, e os valores de temperatura mínima do ar ficam abaixo dos valores esperados para determinada região em um período do ano.
					2. Geadas	Formação de uma camada de cristais de gelo na superfície ou na folhagem exposta.
		4. CLIMATOLÓGICO	1. Seca	1. Estiagem	0	Período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.
				2. Seca	0	É uma estiagem prolongada, durante o período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico.

(conclusão)

	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO		
DESASTRES NATURAIS	4. CLIMATOLÓGICO	1.Seca	3.Incêndio florestal	1.Incêndios em parques, áreas de proteção ambiental e áreas de preservação permanente nacionais, estaduais ou municipais	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação situada em áreas legalmente protegidas.		
				2.Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar.	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação que não se encontre em áreas sob proteção legal, acarretando queda da qualidade do ar.		
			4.Baixa umidade do ar	0	Queda da taxa de vapor de água suspensa na atmosfera para níveis abaixo de 20%.		
		5. BIOLÓGICO	1.Epidemias	1.Doenças infecciosas virais	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por vírus.	
	2.Doenças infecciosas bacterianas				0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por bactérias.	
					3.Doenças infecciosas parasíticas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por parasitas.
						4.Doenças infecciosas fúngicas	0
	2.Infestações/ Pragas		1.Infestações de animais	0	Infestações por animais que alterem o equilíbrio ecológico de uma região, bacia hidrográfica ou bioma afetado por suas ações predatórias.		
				2.Infestações de algas	1.Marés Vermelhas	Aglomerção de microalgas em água doce ou em água salgada suficiente para causar alterações físicas, químicas ou biológicas em sua composição, caracterizada por uma mudança de cor, tornando-se amarela, laranja, vermelha ou marrom.	
					2.Cianobactérias em reservatórios	Aglomerção de cianobactérias em reservatórios receptores de descargas de dejetos domésticos, industriais e/ou agrícolas, provocando alterações das propriedades físicas, químicas ou biológicas da água.	
				3.Outras infestações	0	Infestações que alterem o equilíbrio ecológico de uma região, bacia hidrográfica ou bioma afetado por suas ações predatórias.	

Fonte: Política Nacional de Defesa Civil, CODAR (2007), COBRADE - Manual de Desastre Naturais (CASTRO, 2003).

Como contribuição para o desenvolvimento de um banco de dados, foram catalogadas informações de desastres naturais ocorridos em várias partes do mundo e que tiveram significativa repercussão em relação ao número de mortos e magnitude desses eventos. As pesquisas foram realizadas em obras literárias, artigos científicos, jornais, almanaques e enciclopédias *on-line*, com informações do tipo do desastre natural, data, local e número de mortos utilizando como base os critérios de classificação dos desastres naturais quanto a sua natureza ou causa primária (Quadro 2).

É importante destacar que alguns autores e bancos de dados (EM-DAT) relatam números inteiros de mortos nos eventos, mesmo os eventos mais antigos, o que nos leva a crer que esses números muitas vezes foram estimados e os cálculos aproximados diante dos relatos existentes.

O Quadro 2 apresenta um histórico dos principais desastres naturais no mundo, elaborado e organizado pela autora. Os eventos foram classificados baseados no CODAR e COBRADE, que classifica os desastres naturais de origem geológica, hidrológica, meteorológica, climatológica e biológica.

Quadro 2 – Desastres Naturais no Mundo (79 d.C-2014).

(Continua)

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	EVENTO	DATA	LOCAL	NÚMERO DE MORTOS	FONTE
GEOLÓGICO	TERREMOTO	TREMOR DE TERRA	Terremoto	11/10/1138	Alepo, Síria	230.000	N. D.
			Terremoto	27/09/1290	Chihli, China	100.000	Bolt, 2004
			Terremoto de Shaanxi (6,7)	23/01/1556	Saanxi, China	830.000	N. D.
			Terremoto	17/08/1668	Turquia	2.000	N. D.
			Terremoto	1730	Hokkaido, Japão	140.000	Veja
			Terremoto (8,7), Incêndio, Tsunami	1/11/1755	Lisboa, Portugal	100.000	N. D.
			Terremoto	27/10/1891	Mino-Owari, Japão	7.273	USGS
			Terremoto (8,3)	12/06/1897	Índia, Assam	1.500	USGS
			Terremoto (8,8)	1906	Peru, Equador	500 a 1.500	N. D.
			Terremoto (8,3), Incêndios	18/04/1906	San Francisco, EUA	3.000	N. D.
			Terremoto	16/08/1906	Chile	20.000	N. D.
			Terremoto e Tsunami	28/12/1908	Messina, Itália	70.000 a 100.000	N. D.
			Terremoto (8,5), Deslizamentos	16/12/1920	Gansu, China. Condado Haiyuan, Província de Ningxia	180.000	N. D.
			Terremoto (8,3)	01/09/1923	Kanto, Japão	143.000	N. D.
			Terremoto (8,6)	22/05/1927	Nanshan, China	200.000	N. D.
			Terremoto (7,9)	03/02/1931	Nova Zelândia	256	N. D.
Terremoto	26/12/1932	Gansu, China	70.000	EM-DAT			
Terremoto (8,4)	02/03/1933	Snriku, Japão	3.000	USGS			

(continuação)

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	EVENTO	DATA	LOCAL	NÚMERO DE MORTOS	FONTE
GEOLÓGICO	TERREMOTO	TREMOR DE TERRA	Terremoto (8,1)	15/01/1934	Bihar, Índia	10.700	USGS
			Terremoto	31/05/1935	Quetta, Paquistão	60.000	EM-DAT
			Terremoto	26/12/1939	Erzincan, Turquia	32.962	EM-DAT
			Terremoto (8,1)	07/12/1944	Tonankai, Japão	1.223	USGS
			Terremoto, Tsunami	1946	Havaí, Hawaii Island	120	N. D.
			Terremoto	05/10/1948	Turcomenistão	110.000	N. D.
			Terremoto	15/08/1950	Assam, Índia	1.500	EM-DAT
			Terremoto (9,0)	11/1952	Rússia	2.000	N. D.
			Terremoto	29/02/1960	Marrocos	12.000	N. D.
			Sismo de Valdivia de 1960 (9,5), Tsunami	22/05/1960	Valdivia, Concepción, Chile e Havaí	5.700	N. D.
			Terremoto (8,4)	27/03/1964	Alasca	125	N. D.
			Terremoto, Avalanche	31/05/1970	Peru	40.000	N. D.
			Terremoto, Avalanche	31/05/1970	Yungay, Peru	66.000	N. D.
			Terremoto	04/02/1975	Haicheng, China	10.000	EM-DAT
			Terremoto	04/02/1976	Guatemala	23.000	EM-DAT
			Sismo de Tangshan (8 °)	28/07/1976	Tangshan, China	> 250.000	N. D.
			Terremoto	13/12/1982	Yemen	1507	EM-DAT
			Terremoto (8,5)	19/09/1985	Cidade do México, México	5.000 (4 bilhões de prejuízos)	N. D.
			Sismo de Spitak (6,8)	07/12/1988	Armênia, Spitak	25.000	N. D.
			Terremoto, Deslizamento de Terra	1990	Gilan e Zanjan, Irã	50.000	N. D.
			Terremoto	29/09/1993	Latur, Índia	9.748	EM-DAT
			Terremoto de Kobe	17/01/1995	Kobe, Japão	> 5.000	N. D.
			Terremoto (7,0), Tsunami	17/07/1998	Papua, Nova Guiné	2.183	USGS
			Terremoto (8,0)	30/05/1998	Afeganistão	4.000	Davis
			Terremoto	25/01/1999	Colômbia	1.100	Davis
			Terremoto (7,4)	17/08/1999	Izmit, Turquia	30.000	N. D.
			Terremoto (7,6)	20/09/1999	Taiwan	2.400	USGS
			Terremoto de Gujarat (8,1°)	26/01/2001	Gujarat, Índia	20.005	EM-DAT
			Terremoto (6,6)	13/02/2001	El Salvador	315	USGS
			Terremoto (6.1)	25/03/2002	Afeganistão	1.000	Davis
			Terremoto	21/05/2003	Argélia	2.266	EM-DAT
			Terremoto de Bam (6.5)	26/12/2003	Bam, Irã	26.271	N. D.
			Terremoto do Índico de 2004 (9,3°), Tsunami	26/12/2004	Sul e Sudeste Asiático, África Oriental	~300.000	N. D.
			Terremoto	24 a 26/02/2004	Al-Hoceima, Marrocos	628	EM-DAT
			Sismo do Paquistão (7,6), Deslizamento de terra	08/10/2005	Caxemira, Paquistão Índia	90.000	N. D.
			Terremoto (6.4)	22/02/2005	Zarand, Irã	612	USGS
			Terremoto (8.6)	28/03/2005	Nias, Indonésia	915	EM-DAT
			Terremoto Java (6.3)	27/05/2006	Indonésia	6.200	N. D.
			Terremoto	15/08/2007	Peru	593	EM-DAT

(continuação)

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	EVENTO	DATA	LOCAL	NÚMERO DE MORTOS	FONTE
GEOLÓGICO	TERREMOTO	TREMOR DE TERRA	Terremoto da China (7.9)	12/05/2008	Sichuan, China	87.587	EM-DAT
			Sismo do Haiti (7.0°)	12/01/2010	Porto Príncipe, Haiti	316.000	USGS
			Sismo do Chile (8.8°)	27/02/2010	Maule, Chile	562	EM-DAT
			Sismo (9.0), Tsunami	11/03/2011	Sendai, Japão	19.846	EM-DAT
	TSUNAMI	TSUNAMI	Tsunami	20/09/1498	Japão	31.200	N. D.
			Tsunami	15/06/1896	Sanriku, Japão	28.000	N. D.
			Megatsunami da Baía de Lituya	9/07/1958	Baía de Lituya, Alasca, EUA	430.000	N. D.
			Tsunami	10/1963	Itália	2.000	N. D.
			Tsunami	08/1976	Filipinas, Zamboanga, Lanao	10.000	N. D.
			Tsunami	17/07/2006	Indonésia	520	N. D.
			Tsunami Inundações	24/04 a 02/05/2011	Afeganistão	675	EM-DAT
	Super tufão Haiyan nas Filipinas provoca Tsunami	08/11/2013	Micronésia, Vietname, Tacoblan, Ilhas Somar, Leyte, Filipinas	7.986 (1,7 mil desaparecidos, 4 milhões desabrigados, 26 mil feridos, 16 milhões de afetados e 10 bilhões de dólares de prejuízos)	EM-DAT		
	EMANAÇÃO VULCÂNICA TSUNAMI	VULCANISMO TSUNAMI	Vulcão Vesúvio	79 d.C.	Pompéia	16.000	Carolis e Patricelli
			Pior explosão vulcânica da História	180 d.C.	Lago Taupo, Nova Zelândia	92.000	N. D.
			Vulcão	1586	Kelut em Java	10.000	N. D.
			Vulcanismo, Deslizamento de terra	1618	Itália, Chiavenna	2.240	N. D.
			Vulcão Vesúvio	1631	Nápoles, Itália	4.000	N. D.
			Vulcão	1792	Kyushu Island Japão	14.500	N. D.
			Vulcão	08/06/1783	Iceland Laki Fissure	10.000	N. D.
			Vulcão	1815	Vulcão Tambora, Indonésia	92.000	N. D.
			Vulcão, Tsunami	26/08/1883	Krakatoa, Indonésia	36.400	N. D.
			Vulcão Caribe	06/05/1902	Ilha São Vicente, Caribe, Indonésia	1.600	N. D.
			Vulcão Martinique	08/05/1902	Monte Pelée, Martinica	35.000 a 40.000 (29.000 imediatamente)	N. D.
			Vulcão Indonésia	1919	Kelut, Java	5.000	N. D.
			Vulcão	28/03/1982	México	100	EM-DAT
			Vulcão, Deslizamento de terra	13/11/1985	Nevado del Ruiz, Colômbia	27.000	N. D.
			Vulcão	09 a 16/06/1991	Ilha Luzon, Filipinads	772	N. D.

(continuação)

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	EVENTO	DATA	LOCAL	NÚMERO DE MORTOS	FONTE
GEOLÓGICO	MOVIMENTOS DE MASSA	QUEDAS, ROLAMENTOS, DESLIZAMENTOS, CORRIDAS DE MASSA, QUEDAS, ROLAMENTOS, DESLIZAMENTOS,	Deslizamento de terra	1618	Itália, Chiavenna	2.240	N. D.
			Deslizamento de Terra	1949	Tajikistan	12.000	N. D.
			Deslizamento de terra	11/01/1966	Brasil (RJ)	550	N. D.
			Deslizamento de terra	21/10/1966	Aberfan	144	N. D.
			Deslizamento de terra	10/11/2001	Algeria	800	N. D.
			Deslizamento de terra	10/01/2005	Califórnia (EUA)	10	N. D.
			Deslizamentos de terra, Enchentes	10/2005	América Central, Guatemala	1.400	N. D.
			Deslizamentos de terra	17/02/2006	Filipinas	1.126	EM-DAT
			Deslizamento de Terra	11 e 12/01/2011	Brasil (RJ, SP, MG, ES)	916	EM-DAT
			Deslizamento de Terra	24/03/2014	EUA	34	EM-DAT
			HIDROLÓGICO	INUNDAÇÕES, ALAGAMENTOS, ENXURRADAS		Inundação	1332
Inundação	01/09/1887	Henan, China				2.000.000	N. D.
Inundações	31/05/1889	Pensilvânia				2.209	N. D.
Inundação do Rio Amarelo	Entre julho e agosto/1931	China				3.500.000	N. D.
Chuvas intensas, Inundações	01/1953	Inglaterra				2.000	N. D.
Enchentes e Inundações	1953	Holanda				2.300	N. D.
Enchentes no rio Vermelho	1971	Vietnã				100.000	Veja
Enchentes	26/04/1971	Brasil (BA)				100	N. D.
Enchentes	Março/1974	Brasil (SC)				1.500	N. D.
Enchentes	Julho/1974	Bangladesh				28.700	EM-DAT
Inundações	07/1976	Colorado				145	N. D.
Inundações	03/1997	Ohio, EUA				33	N. D.
Enchentes do Rio Yangtzé	30/08/1998	China				3.656	EM-DAT
Inundações	07 a 08/1999	Sri Lanka, Índia, Nepal, Coréia, Bangladesh, Indonésia, Cambodja, Vietnã, Filipinas (Ásia)				1.390	N. D.
Cheias da Venezuela, Enchentes	24/12/1999	Venezuela				30.000	N. D.
Inundações	21 a 25/07/2002	Índia, Nepal, Bangladesh, Sul da Ásia				1.000	N. D.
Inundações	12 a 16/08/2002	Europa (Itália, Áustria, República Checa, Alemanha)				100	N. D.
Inundações	18 a 25/05/2004	Haiti e República Dominicana				2.000	N. D.
Inundações	04 a 08/2004	Ásia (Bangladesh e nordeste da Índia) Nepal	1.100	N. D.			

(continuação)

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	EVENTO	DATA	LOCAL	NÚMERO DE MORTOS	FONTE
HIDROLÓGICO	INUNDAÇÕES, ALAGAMENTOS, ENXURRADAS		Chuvas intensas, Enchentes	02/09/2004	China	222	EM-DAT
			Tempestade Tropical, Enchentes	16/09/2004	República Dominicana, Haiti, Porto Rico, Flórida, Bahamas	3.000	N. D.
			Inundações	25 a 31/07/2005	Índia	1.500	N. D.
			Chuvas intensas, Enchentes	19 a 30/06/2005	China	235	EM-DAT
			Chuvas intensas na Madeira, Inundações	20/02/2010	Ilha da Madeira, (Portugal)	43	EM-DAT
			Inundações	24/04 a 02/05/2011	Afeganistão	675	EM-DAT
			Inundações	12/01/2014	Itaoca, Apiaí (SP – Brasil)	24	EM-DAT
METEOROLÓGICO	SISTEMAS DE GRANDE ESCALA TEMPESTADES	CICLONES, FRENTES FRIAS, TEMPESTADES CONVECTIVAS	Tempestade Severa	16/01/1362	Inglaterra, Alemanha e Dinamarca	25.000	N. D.
			Tempestade Severa	26/11/1703	Inglaterra	8.000	N. D.
			Ciclone	07/10/1737	Calcutá, Índia	300.000	N. D.
			Furacão Atlântico	10/10/1780	Pequenas Antilhas	22.000	N. D.
			Tempestade Severa	06 e 07/01/1839	Irlanda	250 a 300	N. D.
			Ciclone da Índia	25/11/1839	Andhra Pradesh, Índia	300.000	N. D.
			Tornado	07/05/1840	USA	317	N. D.
			Ciclone	05/10/1864	Índia	70.000	N. D.
			Ciclone	1876	Bangladesh	200.000	N. D.
			Tempestade Severa	14/10/1881	Escócia	189	N. D.
			Tufão	1881	Vietnam	300.000	N. D.
			Tempestade Severa, Granizo	30/04/1888	Índia	246	N. D.
			Tornado	27/05/1896	USA	400 + 200 (desaparecidos)	N. D.
			Furacão Galveston	1900	Galveston, Texas	6.000 a 12.000	N. D.
			Tornado	23 e 24/04/1903	USA	320	N. D.
			Tempestade Severa	07 a 13/11/1913	Erie e Ontário	270	N. D.
			Tornado	23 a 27/03/1917	USA	211	N. D.
			Tornado, F5	18/03/1925	Missouri, Illionese Indiana, EUA	695	N. D.
			Furacão	1928	Flórida, EUA Porto Rico, Caribe	4.000	N. D.
			Tornado	Março/1932	EUA	300	N. D.
			Tornado	05 e 06/04/1936	Mississippi, Tennessee, Alabama, Georgia, Carolina do Sul (EUA)	455	N. D.
			Furacão, Enchentes	21/09/1938	Nova York, EUA	600	N. D.
			Tornado (F5)	09/04/1947	USA	181	N. D.
Tornado (F4)	21 e 22/03/1952	USA	204	N. D.			

(continuação)

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	EVENTO	DATA	LOCAL	NÚMERO DE MORTOS	FONTE	
METEOROLÓGICO	SISTEMAS DE GRANDE ESCALA	TEMPESTADES	CICLONES, FRENTES FRIAS, TEMPESTADES CONVECTIVAS	Tempestade Severa	31/01 a 01/02/1953	Escócia, Inglaterra	2.000	N. D.
				Tornado (F5)	11/05/1953	Texas	114	N. D.
				Tornado	08/06/1953	USA	210	N. D.
				47 Tornados (15 – F1, 10 – F2, 5 – F3, 15 – F4, 2 – F5)	11/04/1965	USA	271	N. D.
				Tempestade Severa	10/04/1968	Nova Zelândia	51	N. D.
				Furacão	08/1969	EUA	250	N. D.
				Ciclone (F4) de Bhola	13/11/1970	Bangladesh, Índia	500.000	N. D.
				6 Tornados (F5)	03/04/1974	USA, Canadá	315	N. D.
				Furacão (F4)	21 a 26/12/1974	Austrália	71	N. D.
				Tufão Nina	02/08/1975	China	> 145.000 (1,2 bilhões de dólares de prejuízos)	N. D.
				Ciclone	1977	Andhra Pradesh, Índia	10.000	N. D.
				Furacão	29/08/1979	Caribe	1.300	N. D.
				Tufão Tip	12/10/1979	Pacífico, Guam e Japão	68	N. D.
				Tornado	09 a 19/02/1884	Alabama, Georgia, Carolina do Sul, Carolina do Norte (EUA)	600 a 800	N. D.
				Tornado	31/05/1985	EUA Canadá	88 12	N. D.
				Furacão Gilbert	09/1988	Jamaica, Haiti e México	318	N. D.
				Tornado	26/04/1989	Bangladesh	1.300	N. D.
				Tempestades Severas	25/01/1990	Europa, França, Bélgica, Alemanha	2.100	N. D.
				Ciclone da Morte (F4)	22 a 30/04/1991	Bangladesh	138.000	N. D.
				Tufão Thelma	08/11/1991	Filipinas	4.800	N. D.
				Furacão Andrew (F5)	16 a 28/08/1992	Flórida e Lousiana (EUA)	65	N. D.
				Tempestade Severa	12 a 14/03/1993	EUA, Cuba, México	243	N. D.
				Furacão Pauline	09/10/1997	México	230 (300.000 desabrigados e 5,7 bilhões de dólares em prejuízos)	EM-DAT
				Furacão Britch (F5)	22/10 a 05/11/1998	América Central	10.000 (10.000 desaparecidos)	N. D.
				Furacão Floyd (F4)	17 a 19/09/1999	EUA	57	N. D.
				Ciclone (F4)	25/10 a 03/11/1999	Orissa, Índia	9.900	N. D.
				Furacão Kenna (F5)	25/10/2002	Oeste do México e Sul dos EUA - Pacífico	3 (200 milhões de dólares em prejuízos)	EM-DAT
				Tornado (F4)	04 a 10/05/2003	USA	40	N. D.
				Tempestade Tropical	27/05/2003	Filipinas	41	N. D.

(continuação)

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	EVENTO	DATA	LOCAL	NÚMERO DE MORTOS	FONTE
METEOROLÓGICO	SISTEMAS DE GRANDE ESCALA TEMPESTADES	CICLONES, FRENTES FRIAS, TEMPESTADES CONVECTIVAS	Ciclone Gafilo	07 a 12/03/2004	NE de Madagascar	363 (200.000 afetados e 250 milhões de dólares de prejuízos)	EM-DAT
			Furacão Catarina (F2)	26/03/2004	Litoral Norte do Rio Grande do Sul e litoral Sul de Santa Catarina, Brasil. Atlântico Sul	4 (75 feridos e 350 milhões de dólares de prejuízos)	EM-DAT
			Ciclone Tropical	29 e 30/11/2004	Filipinas	1.619	EM-DAT
			Furacão Katrina (F5)	25 a 29/08/2005	Alabama, Louisiana, Flórida e Mississipi, EUA	1.833 (6.000 desaparecidos, 125 bilhões de dólares de prejuízos)	N. D. EM-DAT
			Furacão Nabi (F5)	29/08 a 06/09/2005	Coréia, Japão, Filipinas	21 (55 desaparecidos)	N. D.
			Ciclone Tropical, Tufão	16 a 19/07/2006	China	820	EM-DAT
			Ciclone Sidr	15/11/2007	Bangladesh	4.234	EM-DAT
			Ciclone Nargis	2 e 3/05/2008	Mianmar	138.366	EM-DAT
			Super tufão Haiyan nas Filipinas	08/11/2013	Micronésia, Vietname, Tacoblan, Ilhas Somar, Leyte, Filipinas	7.986 (1,7 mil desaparecidos, 4 milhões desabrigados, 26 mil feridos, 16 milhões de afetados e 10 bilhões de dólares de prejuízos)	EM-DAT
			Ciclone Tropical	19 a 20/01/2014	Filipinas	79	EM-DAT
	Ciclone Tropical	27/04 a 01/05/2014	EUA (Mississipi, Flórida, Alabama)	39	EM-DAT		
	TEMPERATURAS EXTREMAS	ONDAS DE CALOR	Temperatura Extrema	11 a 17/07/1995	Chicago, New York, Washington, Oklahoma, Missouri, Iowa (EUA)	670	EM-DAT
			Onda de calor na Europa, Incêndios	2003	Europa (França, Portugal, Espanha, Itália, Suíça, Alemanha, Reino Unido)	50.000	N. D.
			Temperaturas extremas	07/2007	Hungria	500	EM-DAT
		ONDAS DE FRIO	Nevasca	01/1922	EUA (Washington)	98	N. D.
			Nevasca, Avalanche	12/1950 a 02/1951	Suíça, Austria, Itália	700	N. D.
			Nevasca	11 a 12/01/1954	Áustria	225	N. D.
			Avalanche	10/01/1962	Huascarán, Peru	4.000	N. D.
			Avalanche	16/04/1970	França	72	N. D.

(continuação)

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	EVENTO	DATA	LOCAL	NÚMERO DE MORTOS	FONTE
METEOROLÓGICO	TEMPERATURAS EXTREMAS	ONDAS DE FRIO	Nevasca	11/03/1988	EUA	400	N. D.
			Nevasca	12/1990	Europa, Alpes	18	N. D.
			Nevasca	12 a 15/03/1993	EUA	300	N. D.
			Nevasca	01/1996	EUA	100	N. D.
			Avalanche, Terremoto	28/03 a 06/04/1996	Equador	11 19	N. D.
			Avalanche	02/1999	Europa (França, Itália, Suíça)	70	N. D.
			Nevasca	01/2001	China	31	N. D.
			Nevasca	14 a 18/02/2003	USA	44	N. D.
			Nevasca	22 a 24/01/2005	EUA	20	N. D.
			Baixas Temperaturas	01/2014	Tailândia	63	EM-DAT
			Baixas Temperatura	05 a 08/01/2014	USA	21	EM-DAT
			CLIMATOLÓGICO	SECA	ESTIAGEM	Estiagem	1875 a 1900
Estiagem	1876 a 1878	China				9.000.000	N. D.
Estiagem	1921 a 1923	Volga, Rússia, Ucrânia				2.000.000- Ucranianos 2 a 10.000.000 Rusos	N. D.
Estiagem	1928 a 1930	China				3.000.000	N. D.
Estiagem	1965 a 1967	Índia				1.500.000	N. D.
Estiagem	1968 a 1974	África, Etiópia				50.000	N. D.
Estiagem	04/1982 a 02/1983	Austrália				76	N. D.
Estiagem	1984 a 1985	Etiópia, África				1.000.000	N. D.
INCÊNDIOS FLORESTAIS	Incêndios	2 a 5/09/1666			Londres, Inglaterra	6 (176 ha)	N. D.
	Incêndio	08/10/1871			EUA	1.100 (8,6milhões de ha)	N. D.
	Incêndios	09/1984			USA	400 (105.000 há)	N. D.
	Incêndio	01/1939			Austrália	71 (1,4 milhões de há)	N. D.
	Incêndio	02/1967			Austrália	62 (250.000 há)	N. D.
	Incêndio	09/1970			Califórnia, EUA	6 (69.000 ha)	N. D.
	Incêndio	02/1983			Austrália	75 (250.000 ha)	N. D.
	Incêndio	27/12/1993 a 15/01/1994			Austrália	4 (800.000 ha)	N. D.
	Maior Incêndio Florestal	09/1997			Ilha de Bornéu, Indonésia	271	N. D.
	Incêndio	18/01/2003			Austrália	4	N. D.
	Incêndio	07 e 08/2003			Europa (Portugal Espanha, Itália, França, Croácia, Alemanha)	50.000 (500.000 ha)	N. D.
	Incêndio	10/2003			Califórnia, EUA	16 (200.000 ha)	N. D.

(conclusão)

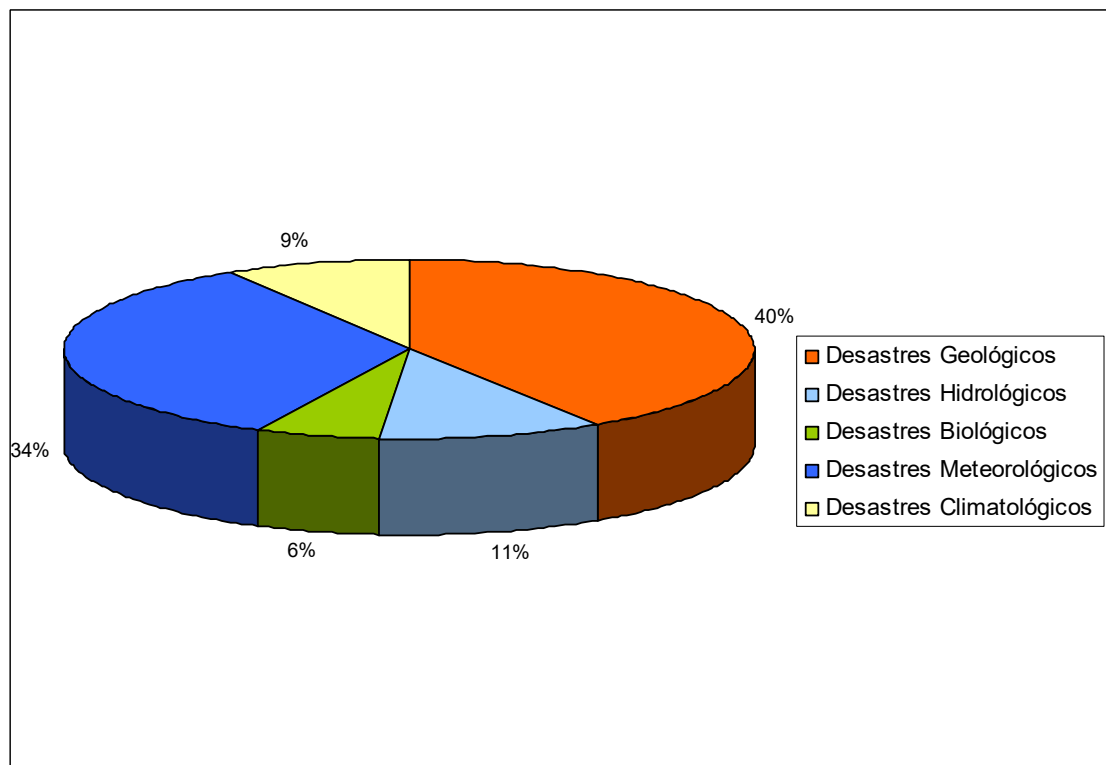
GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	EVENTO	DATA	LOCAL	NÚMERO DE MORTOS	FONTE
BIOLÓGICO	EPIDEMIAS E PANDEMIAS	DOENÇAS VIRAIS, BACTERIANAS E FÚNGICAS	Peste Negra	1330 - 1351	Ásia Central e Europa	25.000.000	N. D.
			Variola	1518 a 1600	América Central e América do Sul	20.000.000(México) 8 a 13.000.000 (Peru) 20 a 80 milhões (América do Sul)	N. D.
			Peste Bubônica	1665 a 1666	Inglaterra (Londres)	100.000	N. D.
			Variola	1775 a 1782	América do Norte (USA e Canadá)	130.000	N. D.
			Gripe Espanhola	1818 a 1919	Mundial	40 a 100 milhões	N. D.
			Tuberculose	1840 a 1940	Mundial	1 bilhão	N. D.
			Febre Amarela e Malária	1882 a 1914	Panamá	22.000	N. D.
			Gripe Espanhola	1915 a 1919	Ásia Central, Europa, Américas e Norte da África	mais de 40.000.000	N. D.
			HIV	1959 até os dias de hoje	Mundial (Iniciou-se na África)	> 25 milhões 100% de mortalidade	N. D.
			H5N1	1997 até os dias de hoje	Ásia, Turquia, Iraque, Egito	127	N. D.
	Ebola	21/03 a 06/04/2014	Guinea, Libéria	5.160	CDC		
	INFESTAÇÃO DE PRAGAS	ANIMAIS, ALGAS E OUTROS	Pragas nas batatas (Fome)	1845 a 1849	Irlanda	700.000 a 800.000	N. D.
			Pragas de Gafanhoto (Fome)	1986 a 1989	23 países afetados (Norte e Oeste da África, Península Arábica, Paquistão e Índia)	Milhares (Não foi estimado)	N. D.

Fonte: Bolt (2004), CDC (Centers for Disease Control and Prevention), EM-DAT (International Disaster Database), ND (Natural Disasters - Coenraads R., 2006), Davis (2008), Bryant (1997), Carolis e Patricelli (2004), USGS Science for a changing world - U.S Geological Survey) e Veja online. Organizado e elaborado pela autora.

De acordo com o Quadro 2, foram elaborados alguns gráficos que apontaram os desastres de origem geológica (terremotos, tsunamis, atividades e emissões vulcânicas, atividades de falhas geológicas e deslizamentos de terra) como os mais numerosos dentro do período pesquisado (79d.C a 2014), demonstrado na Figura 3.

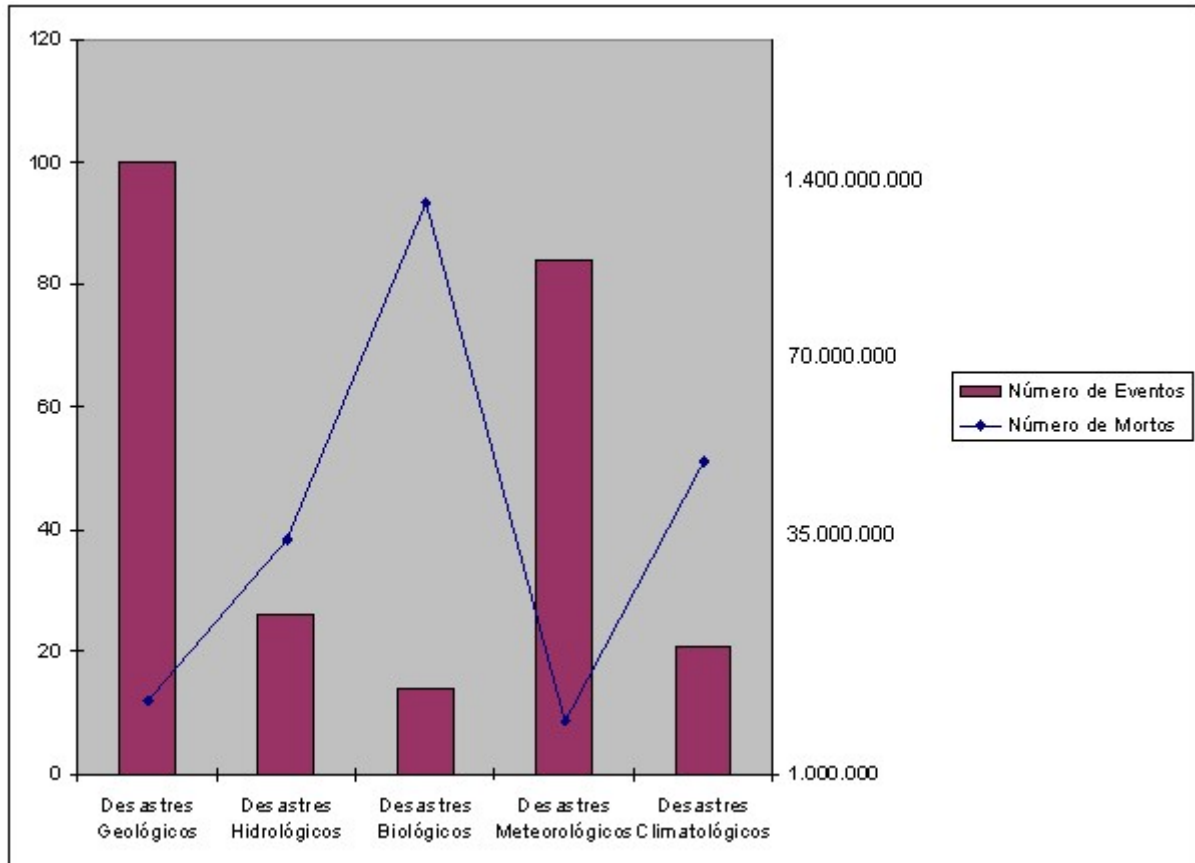
Na Figura 4, baseada nas informações do Quadro 2, observa-se que os eventos de origem biológica são os que causam maior número de vítimas. Eles se referem à eclosão de doenças epidêmicas, como foi o caso da gripe espanhola e a peste negra que mataram mais de duzentos milhões de pessoas. A peste negra, durante o século XIV, assolou a Europa e dizimou milhares de pessoas, segundo alguns pesquisadores, aproximadamente um terço da população da época. A gripe espanhola, como ficou conhecida devido ao grande número de mortos na Espanha, apareceu em dois períodos diferentes em 1918. No primeiro a gripe atingiu os Estados Unidos e a Europa e, no segundo, devastou o mundo inteiro, afetando as populações da Índia, Sudeste Asiático, Japão, China e Américas Central e do Sul (COENRAADS, 2006).

Figura 3 – Número de eventos geológicos, hidrológicos, biológicos, meteorológicos e climatológicos dos principais Desastres Naturais ocorridos no mundo baseados no Quadro 2, no período 79 d.C a 2014.



Fonte: Quadro 2. Elaborado pela autora.

Figura 4 – Desastres geológicos, hidrológicos, biológicos, meteorológicos, climatológicos e número de mortos registrado no mundo, de acordo com o Quadro2.



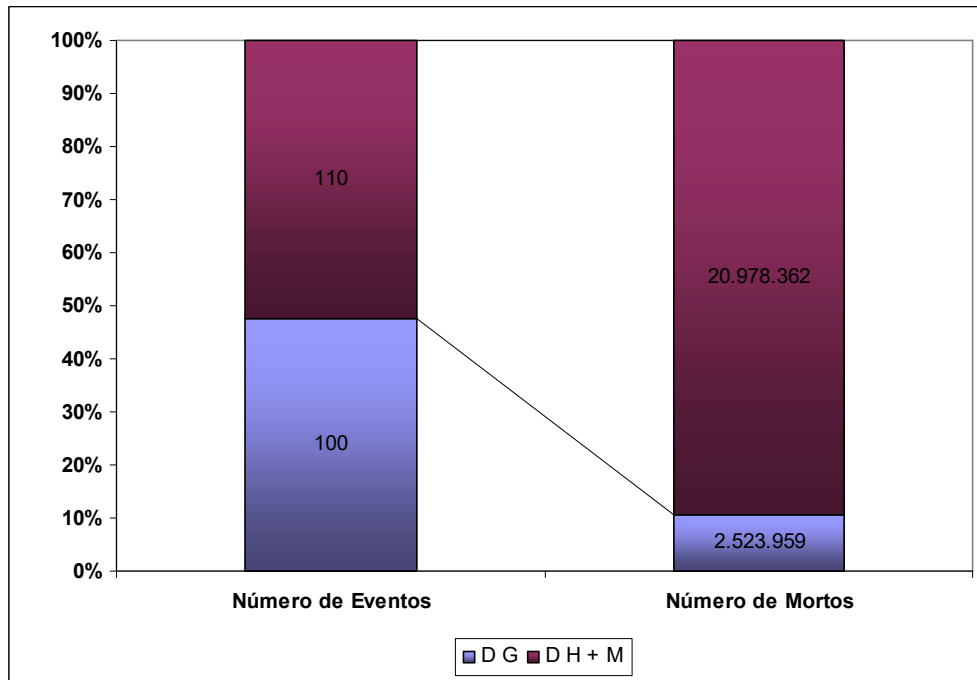
Fonte: Quadro2. Elaborado pela autora.

Comparando os desastres naturais de origem geológica e hidrológica, nota-se que os eventos geológicos são mais numerosos, embora os hidrológicos envolvam um número maior de vítimas, como demonstrado na Figura 5, baseada no Quadro 2. É visto que na natureza ocorrem diversos tipos de fenômenos que fazem parte da própria dinâmica natural da Terra, mas, dependendo da magnitude ou intensidade, eles podem acarretar grandes impactos ambientais e de perdas de vidas.

A gravidade está vinculada aos elementos sociais expostos, ou seja, à fragilidade do ambiente socialmente construído (vulnerabilidade). Sendo assim, as mudanças ambientais têm gerado grandes e visíveis transtornos para a vida de milhões de pessoas (TOMINAGA *et al*, 2008).

O aumento das ocorrências de desastres naturais de natureza atmosférica pode ter sido causado pelas mudanças ambientais globais. Segundo relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007), os estudos têm mostrado que eventos extremos de precipitação estão aumentando.

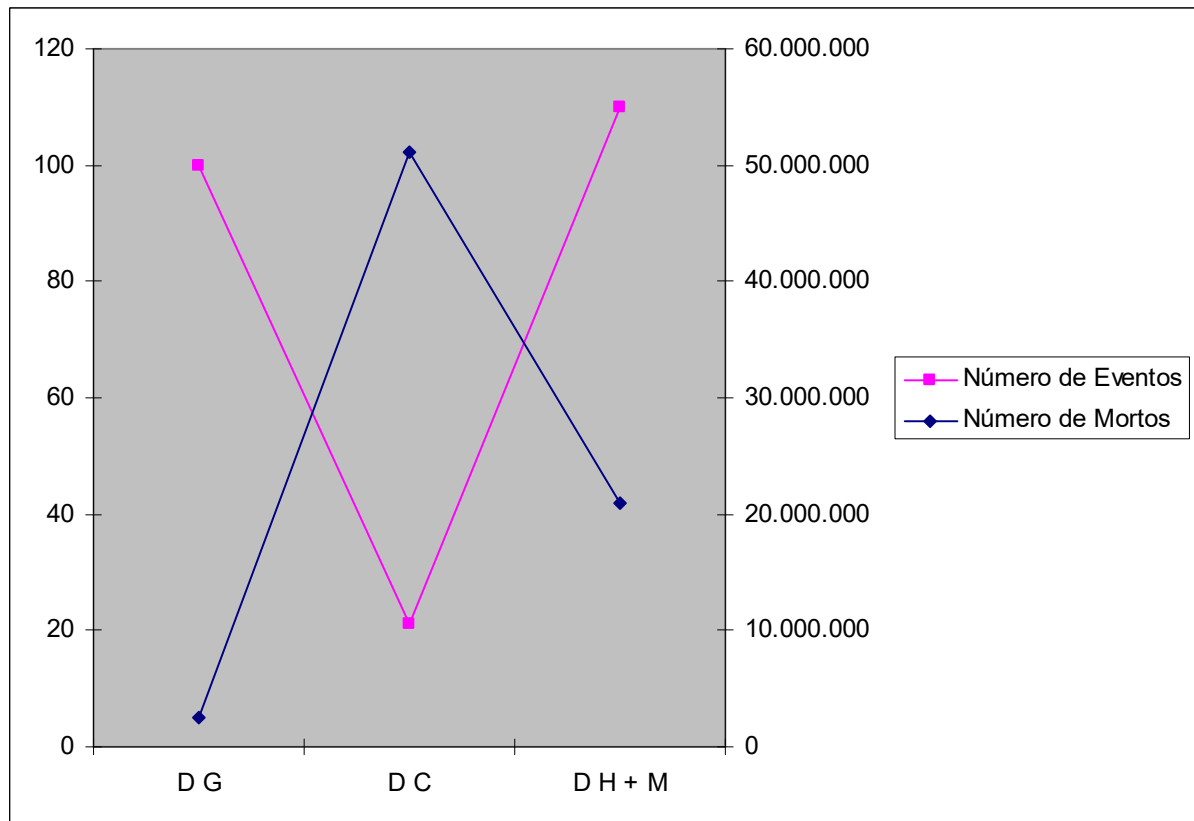
Figura 5 – Desastres geológicos, hidrológico e meteorológicos e número de mortos no mundo registrados no Quadro 2.



Fonte: Quadro 2. Elaborado pela autora.

Ainda com base no Quadro 2, nota-se na Figura 6 que os desastres geológicos apresentam uma relação entre número de eventos e número de mortos oposta aos desastres climatológicos, o que indica que os eventos climatológicos ocorrem em menor número e são responsáveis por atingirem um maior número de pessoas, a exemplo da estiagem e seca que afeta diretamente a agricultura, a economia nacional, mundial e a vida.

Figura 6 – Número de eventos e número de mortos em desastres geológicos, climatológicos, hidrológicos e meteorológicos registrados no Quadro 2.



Fonte: Quadro 2. Elaborado pela autora.

As secas têm um impacto agressivo sobre a paisagem, e ao contrário de outros desastres meteorológicos como tornados, furacões, nevascas, ou desastres hidrológicos como as inundações, a seca é um fenômeno lento e insidioso. Em vez de horas, dias ou mesmo semanas, como podem durar outros desastres, a seca pode durar meses e anos, afetando a produção agrícola e o prejuízo em toda uma sociedade, causando fome generalizada e prolongada, com centenas de milhares de pessoas morrendo de fome e doenças, estes danos podem ser maiores que os danos espetaculares produzidos por um furacão ou tornado (COENRAADS, 2006).

A Figura 6 ainda mostra que os desastres hidrológicos (inundações, enxurradas, alagamentos) e os meteorológicos (tornados, tempestades com raio, granizo, vendaval, ondas de calor e ondas de frio) causam um número significativo de vítimas fatais e que ocorrem em maior número. Esses desastres frequentemente envolvem perda de propriedade, perda de vidas e grande número de afetados por doenças, desabrigados, desalojados e feridos. Já os

desastres geológicos (terremotos, emissão vulcânica, movimentos de massa e erosão) apontam no gráfico um grande número de eventos e um valor reduzido no número de mortos. Este fato pode estar associado à gestão de risco de desastres que neste tipo de evento é possível implementar políticas, estratégias e fortalecer a capacidade de prevenção, preparação, mitigando os efeitos adversos dos desastres.

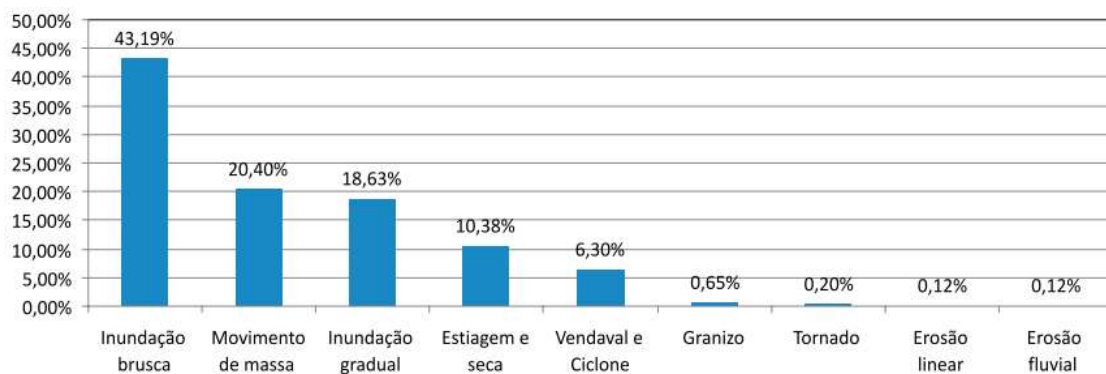
Os desastres naturais podem ocorrer em qualquer local ao redor do mundo, algumas regiões do globo são mais afetadas que outras, em função da magnitude, frequência e da suscetibilidade do local.

No Brasil, local de estudo do presente trabalho, a maioria dos desastres (mais de 80%) está relacionada aos eventos atmosféricos severos. Esses eventos são responsáveis por grande número de afetados (mortos) e prejuízos que atingem o país.

2.2 Desastres Naturais no Brasil

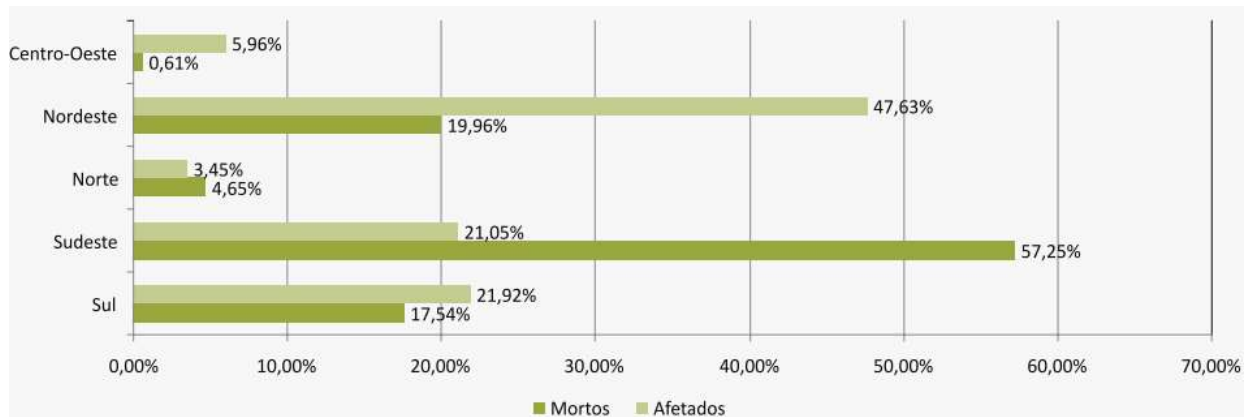
É importante observar as regiões mais críticas para cada tipo de desastres. As regiões mais afetadas por eventos atmosféricos severos no Brasil são as regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Essas inundações são as que mais afetam pessoas, seguidas dos movimentos de massa, e a Região Sudeste é a mais afetada, segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (Figuras 7 e 8).

Figura 7: Mortos por tipo de Desastres no Brasil (%), período 1991 a 2010.



Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2012).

Figura 8: Mortos e Afetados por Região do Brasil (%), período 1991 a 2010.



Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2012).

Diante da necessidade de verificar os locais mais atingidos por movimentos de massa no Brasil de forma a contribuir para essa pesquisa, e com o intuito de identificar os que apresentaram maior número de mortos, foi realizada uma pesquisa em banco de dados, artigos científicos e de reportagens de jornais e contabilizados no Quadro 3, como os piores eventos de movimentos de massa ocorridos no Brasil.

O Quadro 3 apresenta os registros mais significativos de movimentos de massa ocorridos no Brasil, no período de 1928 a 2013. O quadro é uma composição das informações retiradas do banco de dados de desastres naturais disponível na página do IPMet (PELLEGRINA, 2011) com os dados de Rosa Filho e Cortez (2010) e de reportagens de jornais *online* (G1, Estadão, Folha de São Paulo e jornais locais).

Quadro 3 – Eventos de Movimentos de Massa no Brasil, período de 1928 a 2013.

Data	Município	Estado	Número de Mortes
Março de 1928	Santos	SP	80
Dezembro de 1948	Vale do Paraíba do Sul	MG - RJ	250
Março de 1956	Santos	SP	64
Fevereiro de 1959	Santos	SP	5
1966	Rio de Janeiro	RJ	100
Março de 1967	Caraguatatuba	SP	463
Janeiro de 1967	Serra das Araras	RJ	1700
Mai de 1969	Salvador	BA	15
Abril de 1971	Salvador	BA	10
Agosto de 1972	Campos do Jordão	SP	10
Julho de 1973	Estância Velha	RS	10
Abril de 1974	Maranguape	CE	12
Março de 1974	São Gabriel	SC	15
Março de 1974	Caruru	SC	25
Dezembro de 1979	Santos	SP	13
Dezembro de 1982	Rio de Janeiro	RJ	6
Junho de 1983	São Paulo	SP	8
Março de 1983	Rio de Janeiro	RJ	5
Agosto de 1983	São Leopoldo	RS	6
Outubro de 1983	Rio de Janeiro	RJ	13
Abril de 1984	Salvador	BA	17
1985	Angra dos Reis	RJ	5
Fevereiro de 1985	Arame	MA	20
Março de 1985	Rio de Janeiro	RJ	23
Abril de 1985	Salvador	BA	35
Abril de 1985	Vitória	ES	93
Dezembro 1986	Lavrinhas	SP	11
Março de 1986	Rio de Janeiro	RJ	12
Fevereiro de 1988	Rio de Janeiro	RJ	82
Fevereiro de 1988	Ubatuba	SP	6
Janeiro de 1988	Cubatão	SP	10
Fevereiro de 1988	Petrópolis	RJ	171
Junho de 1989	Rio de Janeiro	RJ	9
Março de 1989	São Paulo	SP	6
Junho de 1989	Recife	PE	8
Outubro de 1989	São Paulo	SP	14
Junho de 1989	Salvador	BA	31
Mai de 1989	Salvador	BA	67
Junho de 1990	Recife	PE	5
Julho de 1990	Recife	PE	10
Outubro de 1990	São Paulo	SP	10
Outubro de 1990	Blumenau	SC	14
Novembro de 1991	São José	SC	5
Março de 1991	Teresópolis	RJ	6
Janeiro de 1992	Petrópolis	RJ	6
Março de 1992	Rio de Janeiro	RJ	7
Março de 1992	Corumbá	MS	9
Jan/Fev de 1992	Belo Horizonte	MG	10
Março de 1992	Salvador	BA	11
Março de 1992	Contagem	MG	36
Dezembro de 1993	Belo Horizonte	MG	5
Março de 1994	Petrópolis	RJ	6
Março de 1994	Camaragibe	PE	6

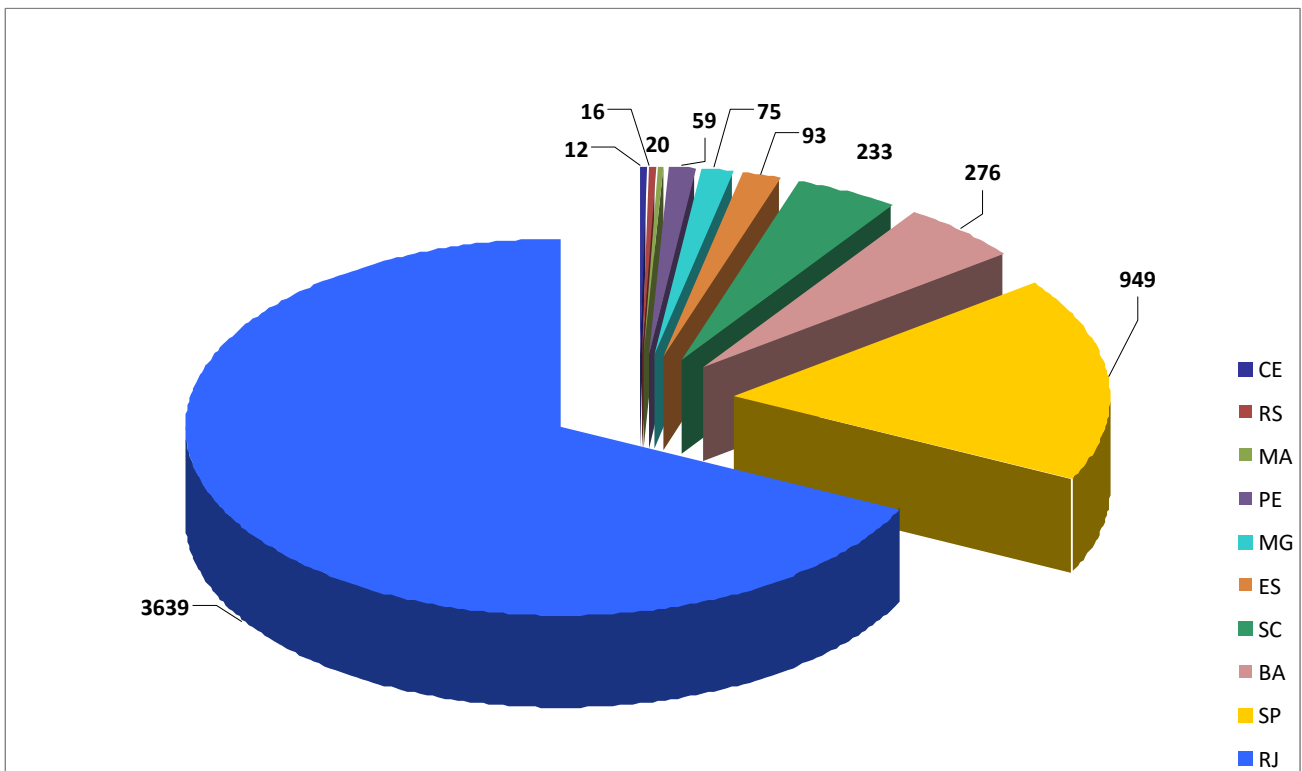
Data	Município	Estado	Número de Mortes
Junho de 1994	Recife	PE	8
Abril de 1994	Salvador	BA	10
Junho de 1995	Salvador	BA	58
Fevereiro de 1995	Rio de Janeiro	RJ	5
Dezembro de 1995	Serra Geral	SC	29
Fevereiro de 1996	Rio de Janeiro	RJ	59
Fevereiro de 1996	Ubatuba	SP	7
Fevereiro de 1996	Cunha	SP	8
Abril de 1996	Recife	PE	16
Dezembro de 1996	São Paulo	SP	5
Março de 1997	Salvador	BA	9
Novembro de 1998	Camacã	BA	5
Março de 1999	São Bernardo do Campo	SP	6
Mai de 1999	Salvador	BA	8
Janeiro de 2000	Campos do Jordão	SP	10
Janeiro de 2000	Rio de Janeiro	RJ	13
Fevereiro de 2000	São Paulo	SP	13
Julho de 2000	Recife	PE	6
Janeiro de 2002	Dom Joaquim	MG	5
Janeiro de 2003	Estado do Rio de Janeiro	RJ	35
Janeiro de 2003	Visconde do Rio Branco	MG	1
Janeiro de 2004	Estado de São Paulo	SP	27
Julho de 2004	São Bernardo do Campo	SP	3
Janeiro de 2005	São Bernardo do Campo	SP	9
Abril de 2005	Guarujá	SP	125
Novembro de 2008	Blumenau e região	SC	135
Setembro de 2009	Osasco	SP	4
Dezembro de 2009	Itapeccerica da Serra	SP	4
Dezembro de 2009	Barueri	SP	4
Dezembro de 2009	Santana do Parnaíba	SP	4
Janeiro de 2010	Guararema	SP	4
Abril de 2010	Niterói	RJ	200
Janeiro de 2011	Jundiaí	SP	4
Janeiro de 2011	Região Serrana	RJ	916
Outubro de 2012	Sapucaia	RJ	10
Setembro de 2013	Bom Retiro	SC	10
Dezembro de 2013	Região de Sardoá	MG	18
Janeiro de 2014	Itaóca	SP	12

Fonte: Rosa Filho e Cortez (2010), Pellegrina (2011), jornais *on-line* (G1, Estadão, Folha de São Paulo e jornais locais). Adaptado pela autora.

Baseado no Quadro 3, a Figura 9 representa o número de mortos por deslizamentos de terra no Brasil no período de 1928 a 2013; por ele é possível observar que os estados mais atingidos com vítimas fatais são: São Paulo, com 949 vítimas, e Rio de Janeiro com 3639 vítimas, representando 18% e 69% respectivamente e vale ressaltar que são os estados mais populosos do país. Outros estados que merecem destaque são: Santa Catarina, com 233 vítimas e Bahia com 276. Estes números representam os vitimados pelos eventos de movimentos de massa mais significativos ocorridos no Brasil, e é certo que eles seriam ainda

maiores se fossem computados todos os eventos ocorridos, com milhares de desabrigados, desalojados e feridos, além do número de mortos.

Figura 9 – Ocorrência de Mortos por deslizamentos por estado da Federação, Brasil, período 1928 a 2013.



Fonte: Quadro 3. Elaborado pela autora.

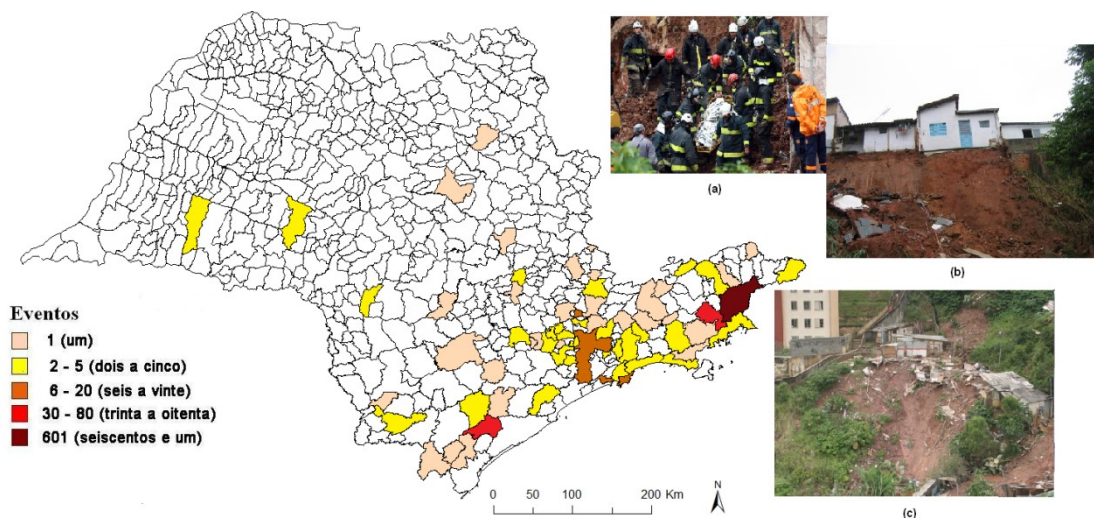
Os dados inseridos no Quadro 3, ilustrado na Figura 9, corroboram com as informações do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (Figura 8) e autores como Tominaga *et al* (2009), que identificam as Regiões Sudeste e Nordeste como as mais afetadas pelos movimentos de massa.

O interesse em destacar a Região Sudeste é a presença do maior número de vítimas, relacionado ao aumento considerável nas últimas décadas. Esses eventos são agravados em função da urbanização intensa e da construção de residências em áreas de risco. Inserido nesta região, os estados de São Paulo e Rio de Janeiro possuem significativas zonas de média, alta e muito alta suscetibilidade aos movimentos de massa. Destacam-se no estado de São Paulo, as

regiões da Serra do Mar (Baixada Santista e Litoral Norte), o Vale do Paraíba e a Região Metropolitana de São Paulo, e no estado do Rio de Janeiro, as regiões serranas (Nova Friburgo, Teresópolis, Petrópolis, Bom Jardim, Sumidouro e São José do Vale do Rio Preto).

Pellegrina (2011) apresenta um mapa do estado de São Paulo com as regiões afetadas por eventos de movimentos de massa (Figura 10). O mapa refere-se às áreas com eventos no período de setembro de 2009 a fevereiro de 2010, quando ocorreram grandes catástrofes causadas por eventos extremos de chuva, na região do Vale do Paraíba, na capital e em outros municípios no estado de São Paulo. Os movimentos de massa deflagrados por esses eventos, causaram muitas mortes e perdas socioeconômicas em todas essas regiões, chamando a atenção da mídia e causando comoção nacional.

Figura 10 – Eventos de Movimentos de Massa no estado de São Paulo, no período de setembro/2009 a fevereiro/2010.



Fonte: PELLEGRINA, 2011. (a) Deslizamento no Morro do Sabão, no bairro Parque São Rafael, na zona leste de São Paulo, (Foto: Evelson de Freitas, acesso: <https://antenaonline.wordpress.com/2009/12/05/>), (b) Deslizamento em Guaratinguetá (Foto: Rodolfo Moreda Mendes, acesso: <http://www.ambiente.sp.gov.br/blog/2010/01/06/tecnicos-do-ig-orientam-acoes-em-sao-luiz-do-paraitinga-e-cunha/>) e (c) Deslizamento na região do ABC (Foto: Caio Arruda – Diário do Grande ABC/Agência Estado, acesso: <http://noticias.r7.com/sao-paulo/noticias/deslizamento-de-terra-causa-70-das-mortes-pela-chuva-20100122.html>).

As relações entre os locais atingidos criam cada vez mais um ambiente de discussão sobre formas e estratégias de conter o processo histórico de desastres e seus danos.

2.3 Desastres Naturais em Portugal

Como parte da pesquisa foi realizada em Coimbra-Portugal, da mesma forma houve a necessidade de contabilizar os eventos de movimentos de massa em forma de um banco de dados realizado a partir de pesquisas em jornais locais (Apêndice A), corroborando com o projeto *Disaster* (PEREIRA *et al*, 2013).

O projeto *Disaster* (PEREIRA *et al*, 2013), desenvolveu a primeira plataforma *Web SIG* dos desastres naturais de Portugal continental mais frequentes, como as cheias/inundações e os movimentos de massa em vertentes no período de 1865 a 2010. Esse projeto considerou uma ocorrência hidrogeomorfológica como um local geograficamente identificável afetado por cheia ou movimento de massa, com mortos, feridos, desaparecidos, desabrigados ou desalojados, independentemente do número de afetados, num determinado evento.

A Tabela 1 demonstra os resultados principais da base de dados *Disaster* (1865 a 2010), identificadas 1.903 ocorrências (em média, 13 por ano), responsáveis por 1.310 mortos, cerca de 14.200 desabrigados e mais de 41.800 desaparecidos. A grande maioria das ocorrências (85,2%) corresponde às cheias ou inundações, que geraram 81,8% dos mortos, 94,2% dos desabrigados e 96,3% dos desalojados que constam na base de dados (ZÊZERE *et al*, 2013).

Tabela 1 – Síntese dos resultados globais da base de dados *Disaster* (1865 a 2010).

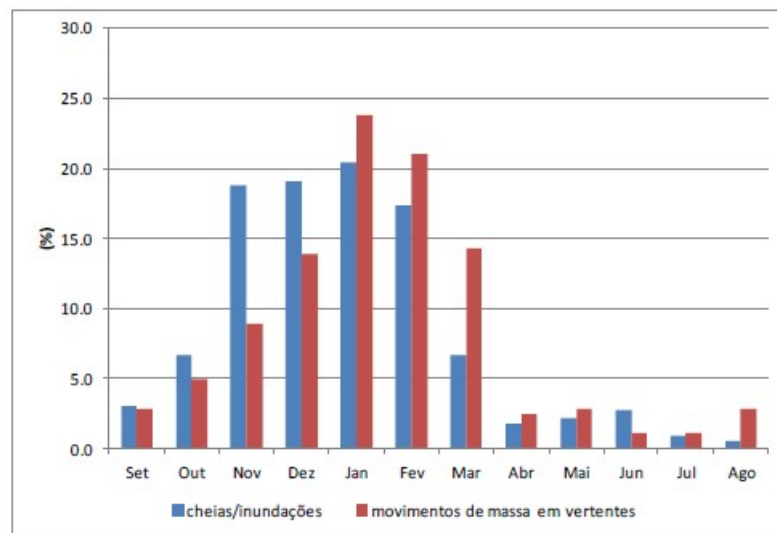
DADOS DISASTER	Cheias/Inundações	Movimentos de Massa em vertentes	Total de Ocorrências
Nº. de Ocorrências	1.622	281	1.903
Nº. de Mortos	1.071	239	1.310
Nº. de Evacuados	13.372	819	14.191
No. de Desalojados	40.283	1.561	41.844

Fonte: Zêzere *et al* (2013).

A Figura 11 mostra a distribuição mensal das ocorrências, verifica-se que as cheias/inundações ocorrem com maior frequência entre novembro e fevereiro (76% das ocorrências), enquanto os movimentos de massa em vertentes são mais frequentes entre

Dezembro e Março (73 % das ocorrências). O atraso relativo dos movimentos de massa em vertentes por comparação com as cheias é consistente atendendo aos mecanismos físicos nos dois tipos de processos. As cheias, principalmente as repentinas, assim como as inundações urbanas, ocorrem geralmente em resposta às chuvas intensas e concentradas, enquanto que os movimentos em massa ocorrem com a saturação do solo, caracterizados pelas chuvas contínuas e persistentes (ZÊZERE *et al*, 2013).

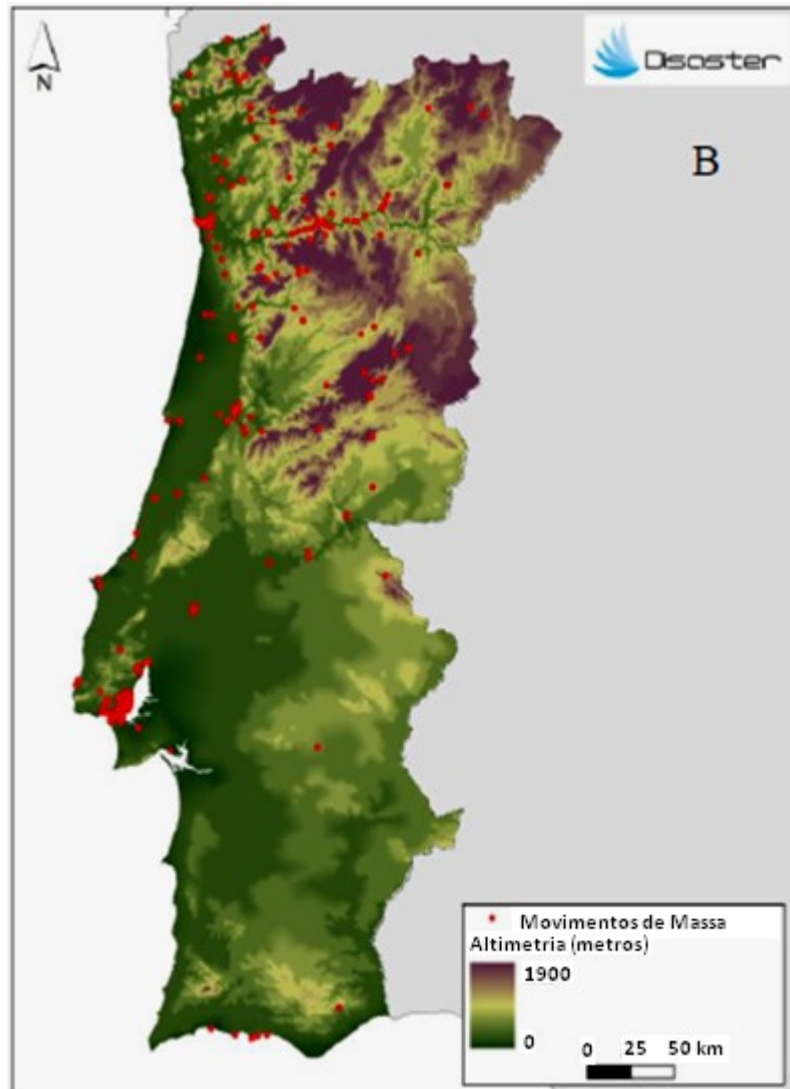
Figura 11 – Distribuição mensal das ocorrências de cheias/inundações e movimentos de massa em Portugal Continental, período de 1865 a 2010.



Fonte: ZÊZERE *et al*, (2013).

A Figura 12 aponta a distribuição espacial das ocorrências de movimentos em massa, sendo evidente que a grande maioria dos eventos ocorre a norte do vale do rio Tejo, com concentrações principais na região de Lisboa e no vale do rio Douro.

Figura 12 - Movimentos de massa em Portugal Continental.



Fonte: ZÊZERE *et al*, (2013).

Nota-se zonas particularmente suscetíveis à ocorrência das instabilidades, devido ao relevo acentuado (Região Norte), frequentemente associado aos terrenos com baixa resistência (ZÊZERE *et al*, 2013). Coimbra, embora localizada na Região Central de Portugal, também com características de declives acentuados apresenta um grande número de eventos de movimentos de massa, conforme descrito nos Quadros do Apêndice A.

3 OBJETIVOS E HIPÓTESE

3.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como meta investigar a relação entre os movimentos de massa e a precipitação, visando analisar volumes de chuva para emissão de alertas durante as tempestades em Coimbra – PT e Campinas – SP.

3.2 Objetivos Específicos

- Investigar as ocorrências de movimentos de massa em Coimbra-Portugal, formar um banco de dados com data, local e danos com base em pesquisas de jornais;
- Diagnosticar as condições atmosféricas (pequena e grande escala) que estiveram associadas aos eventos de movimentos de massa em Coimbra - PT e Campinas - SP;
- Avaliar a relação entre volume de chuva e os movimentos de massa nos municípios de Coimbra – PT e Campinas-SP para emissão de avisos de alerta;
- Analisar as ocorrências de movimentos de massa em Campinas/SP, considerando o alcance quantitativo do radar, segundo os produtos de chuva acumulada e base histórica de precipitação disponível;

3.3 Hipótese

Movimentos de massa podem ocorrer em diferentes climas e características estruturais diante de limiares de precipitação específicos para cada localidade.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

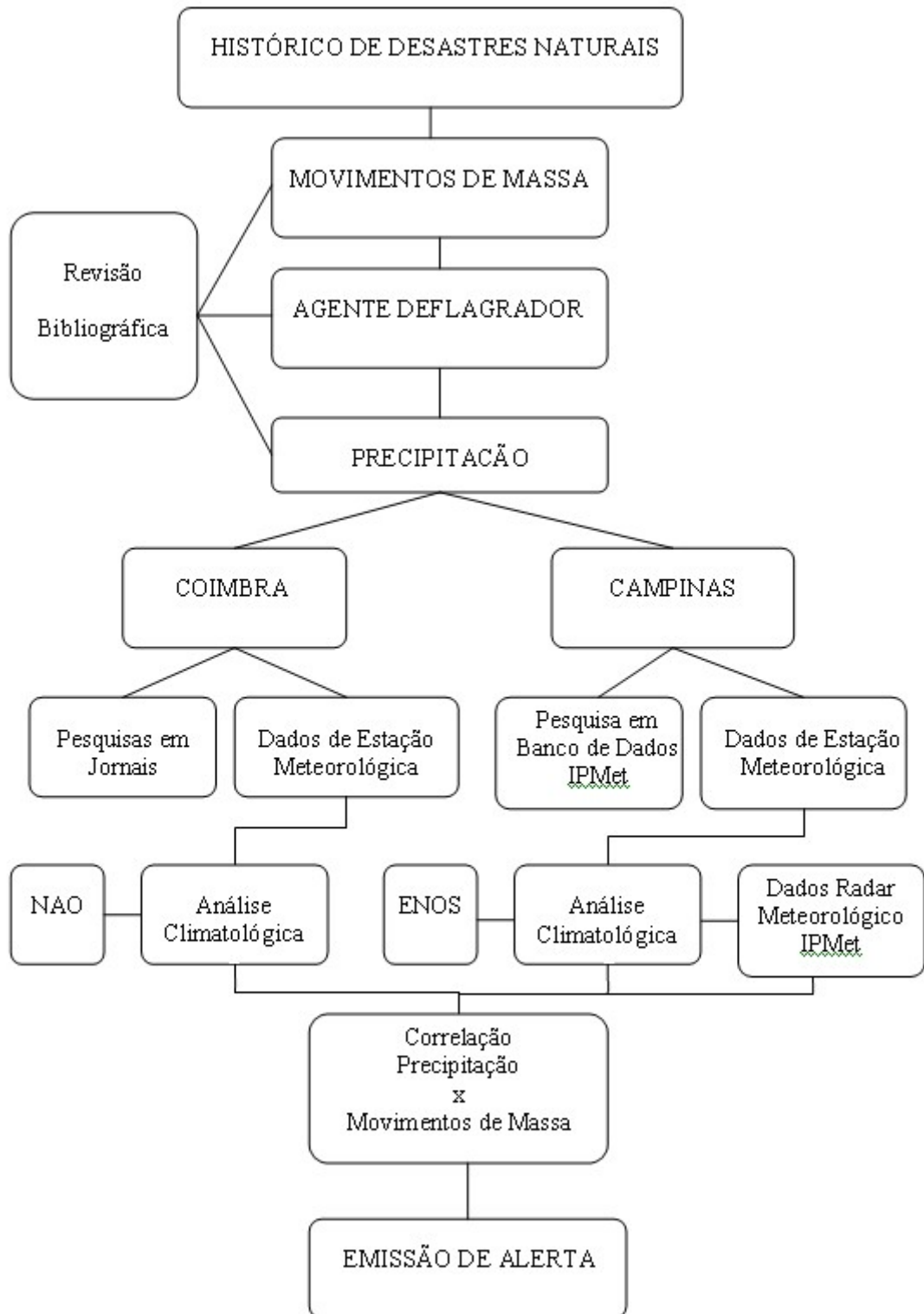
O uso de registros históricos demanda especial atenção e paciência para procurar, ler e localizar registros confiáveis, como conhecer a origem dos documentos e que necessitam de cuidados para registrar os dados de modo organizado respeitando uma sequência cronológica para facilitar a uma rápida consulta posterior. Inicialmente foram feitas buscas em livros, artigos científicos, jornais e bancos de dados para reunir os piores desastres naturais ocorridos no mundo e organizá-los em uma planilha eletrônica (Microsoft Office Excel) para elaboração de gráficos e análises. Os parâmetros de classificação foram baseados nos códigos: Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) e Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos (CODAR), quanto a sua origem geológica, hidrológica, meteorológica, climatológica ou biológica.

Realizou-se uma revisão bibliográfica extensiva e procurou-se apresentar os principais conceitos e terminologias relacionados a desastres naturais, riscos ambientais, movimentos de massa, agentes deflagradores de movimentos de massa e características das áreas de estudo. Apresentou-se também uma análise da climatologia da precipitação em Coimbra, sob a influência da *North Atlantic Oscillation* (NAO) e Campinas, sob a influência do El Niño Oscilação Sul (ENOS), que são mecanismos importantes na variação do volume de precipitação na escala interanual.

Para esta pesquisa concentrou-se em obter e examinar informações importantes que pudessem proporcionar análises e indicar uma correlação entre os eventos de movimentos de massa e a pluviosidade em dois municípios: Coimbra/PT e Campinas/SP. Para Campinas, o diferencial, foi a utilização do radar meteorológico do Instituto de Pesquisas Meteorológicas/Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (IPMet/UNESP).

O fluxograma a seguir demonstra o desenvolvimento desta pesquisa e suas atividades desenvolvidas. Os procedimentos desenvolvidos para cada município encontram-se descritos a seguir.

Figura 13– Fluxograma do desenvolvimento desta pesquisa.



4.1 Coimbra

A primeira fase deste trabalho foi compreendida por pesquisas realizadas nos boletins meteorológicos do Instituto Português do Mar e da Atmosfera - IPMA (Figura 34) e nos dados de precipitação cedidos pelo Instituto Geofísico da Universidade de Coimbra - IGUC. Foi considerado o período de janeiro/2000 a março/2013 para esta pesquisa.

As análises pluviométricas apontam os acumulados diários de precipitação (09h às 09h) do período em estudo em Coimbra, onde foram selecionados dias consecutivos acumulando pelo menos 10 mm de chuva. Foram elaborados gráficos para cada ano (2000 a 2013) com os volumes pluviométricos mensais, as normais climatológicas e o número de ocorrência de movimentos de massa, a fim de correlacionar os volumes totais mensais acima da normal climatológica com ocorrências de movimentos de massa.

A etapa a seguir consistiu na procura de notícias dos eventos de escorregamentos, deslizamentos de terra e quedas de barreiras, em jornais locais. A pesquisa foi realizada no Jornal Diário de Coimbra, com os dias pré-selecionados pela sequência de dias chuvosos dos dados de pluviosidade do IGUC. Foram fotografados todos os artigos para fins de validação, conforme mostra o exemplo da Figura 14.

Figura 14 - Fotografias dos artigos de eventos de movimentos de massa em Coimbra.



Fonte: Jornal Diário de Coimbra, fotografado pela autora (2013)

Os dados foram complementados por um levantamento de dados realizado anteriormente, dos eventos ocorridos no inverno de 2000/2001, por Freiria (2009), que estudou a expansão urbana e riscos naturais em Coimbra.

A seguir foram realizadas análises dos principais eventos meteorológicos que provocaram altos volumes de precipitação e que deflagraram os movimentos de massa.

Foram elaboradas tabelas constando as datas dos eventos de movimentos de massa em Coimbra, com os horários, localização, tipo de ocorrência e os danos causados. A seguir, tabelas com os dados de precipitação acumulada do dia da ocorrência, e os volumes pluviométricos acumulados nos três dias que antecederam os movimentos de massa, assim como nos cinco, dez e quinze dias anteriores ao evento. Esses volumes de chuva acumulados que antecederam os eventos auxiliam na identificação da saturação do solo, considerando que chuvas fracas e contínuas favorecem os eventos de movimentos de massa, tanto quanto as chuvas intensas com duração mais curta. Também foram utilizados valores de acumulado mensal e o da normal climatológica do mês, inseridos nas tabelas, para efeito de comparação de meses que choveram acima da média histórica.

Foram realizadas análises dos condicionantes atmosféricos associados aos eventos, com o auxílio dos boletins meteorológicos, dados sinóticos e das caracterizações climáticas mensais e anuais do IPMA. Também foram utilizados para efeito de comparação, os dados das normais climatológicas de precipitação para Coimbra no período de 1981 a 2010 fornecidos no *site* do IPMA. Assim, foram elaboradas as caracterizações climáticas mensais de todo o período em estudo (janeiro/2000 a março/2013).

Utilizando técnicas de estatística e programação em R (R Development Core Team, 2011), foram elaborados gráficos de médias totais mensais, número mensal médio de dias chuvosos e distribuição de frequência cumulativa da precipitação diária em Coimbra, utilizando os dados da estação meteorológica do IGUC no período de 2000 a 2012. Além desses gráficos, foram elaborados diagramas de dispersão para índices NAO versus precipitação no inverno. Em adição a essas análises, considerando a importância de NAO na precipitação em toda a Europa quanto à variabilidade interanual, os dados de reanálises do ERA ínterim do *European Centre of the Medium Range Weather Forecast* (ECMWF) de pressão ao nível médio do mar (PNMM), assim como o índice NAO foram confrontados com a precipitação em Coimbra. Nesta análise, que considerou somente o inverno, foi escolhido o

período de 1950 a 2012. Os dados de precipitação de Coimbra anteriores a 2000 foram obtidos do site www.eca.knmi.nl do European Climate Assessment (KLEIN TANK *et al.*, 2002). A qualidade da série 1950-2012, especialmente quanto à homogeneidade da série, foi verificada seguindo procedimento de Sugahara *et al.* (2014), que consiste na aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov para duas amostras.

Os dados do ERA ínterim estão disponíveis no <http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim>, descritos em Dee *et al.* (2011). O índice NAO está disponível no Climate Prediction Center – CPC <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/norm.nao.monthly.b5001.current.ascii.table>>.

Para conhecimento dos Sistemas de Alerta e boletins meteorológicos e a atuação na prevenção do risco, visitou-se órgãos oficiais de Proteção Civil em Coimbra e o Instituto Português do Mar e da Atmosfera em Lisboa. Esta visita contribuiu para estudos de comparação da atuação da Defesa Civil nos dois locais de estudo, que serão apresentados na conclusão do trabalho.

4.2 Campinas

Realizou-se um levantamento no banco de dados de desastres naturais elaborado por Pellegrina (2011) para identificação dos eventos de movimentos de massa no estado de São Paulo para a escolha do município a ser estudado, e assim ser comparado com Coimbra. Esses dados de movimentos de massa foram repassados pela Casa Militar e integram o banco de dados do IPMet.

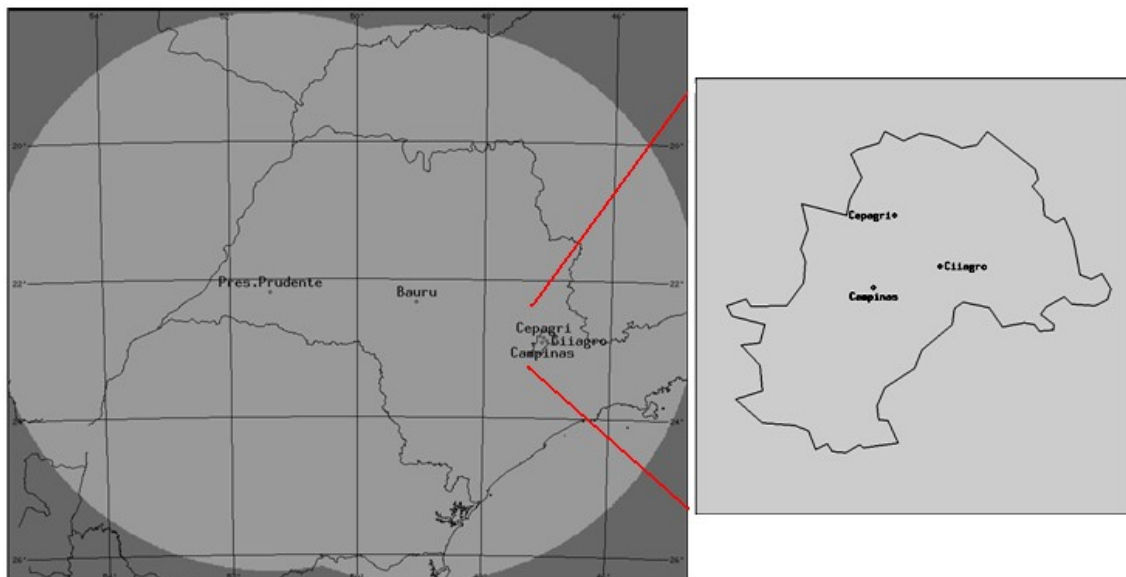
Um dos requisitos fundamentais para a escolha do município foi a sua localização dentro do alcance quantitativo do radar, ou seja, que pudesse ser estudado com as informações do *Constant Altitude Plan Position Indicator* (CAPPI) do radar meteorológico do IPMet. É importante destacar que o alcance quantitativo do radar é limitado a 240 km a partir do radar, como a propagação do pulso de microonda limitada pelo radar é aproximadamente retilínea, à medida que esse pulso se distancia da origem (local onde está instalada a antena, no caso do IPMet, Bauru-SP) sua altura em relação à superfície da terra aumenta, chegando a atingir 5,3

km de altura à distância de 240 km. O feixe em Campinas passa a 4,4 km de altura, dessa forma, distâncias acima do raio de 240 km do radar, estarão prejudicadas, pois o pulso do radar meteorológico passará acima das áreas de precipitação.

Assim, Campinas foi escolhida como a cidade que apresentou as melhores características para o estudo, pois apresentava série histórica de precipitação de uma estação meteorológica, casos de movimentos de massa e localizava-se dentro do limite do CAPPI.

A etapa da coleta dos dados de precipitação consistiu na busca de estações meteorológicas com dados de pelo menos dez anos, cuja localização estivesse dentro da área de cobertura quantitativa do radar e com registros de eventos de movimentos de massa. Foram selecionadas duas estações meteorológicas, do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) e do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIAGRO), cuja localização geográfica foi inserida em um overlay como está demonstrado na Figura 15.

Figura 15 – Overlay do município de Campinas inserido nos produtos do radar meteorológico com a localização geográfica das duas estações meteorológicas, CEPAGRI (Lat:-22.8156, Lon:-47.0578) e CIAGRO (Lat:-22.8674, Lon:-47.0063).



Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados foram cedidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e constam de valores pluviométricos acumulados horários (07h às 07h) no período de 2000 a 2013, igualmente estudado para Coimbra.

Os dados de precipitação diária de 1941 a 2004 da estação meteorológica do IAC foram usados tanto para caracterizar o clima, como na investigação do impacto do ENOS sobre a precipitação em Campinas. Foram elaborados, para análise, gráficos da média mensal de precipitação, do número de dias chuvosos para a estação do IAC e também da precipitação anual em Campinas com as indicações de El Niño e La Niña.

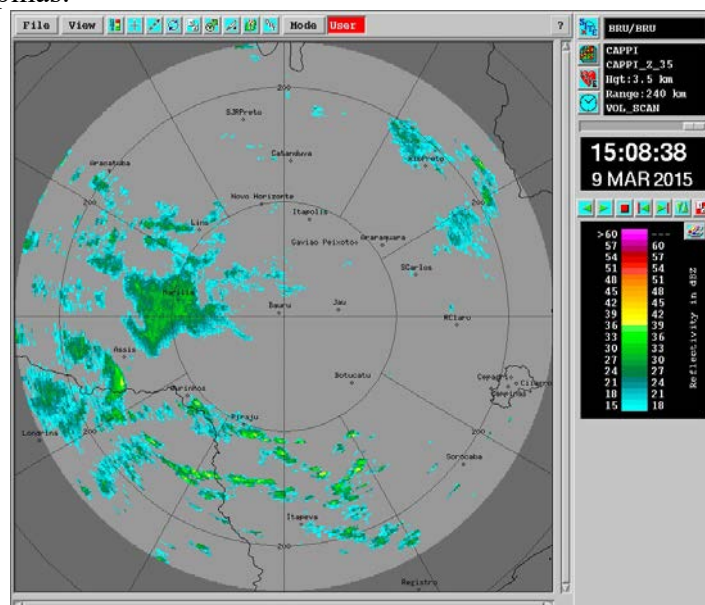
O trabalho seguinte compreendeu em pesquisar os dados de pluviosidade da estação meteorológica do CIIAGRO e CEPAGRI em Campinas, no período em que ocorreram danos de movimentos de massa. Foram consideradas as chuvas e a precipitação acumulada de 3, 5, 10, 15 e 30 dias antes. Os dados foram organizados em tabelas do Excel e foi acrescido o valor da normal climatológica do mês para análise quantitativa.

Foram gerados produtos de chuva acumulada no radar meteorológico de 24, 48, 72 e 96 horas, com os referidos pontos geográficos das duas estações meteorológicas e, assim, quantificados pontualmente, os volumes de precipitação para comparação com os registros das estações do CEPAGRI e CIIAGRO.

Para processar e visualizar as imagens de radar, utilizou-se o IRIS - Interactive Radar Information System (VAISALA USERS MANUAL, 2014) e o banco de dados de imagens dos radares do IPMet, disponível em: < <http://storage.ipmet.unesp.br/bdradar/index.php>>.

A Figura 16 mostra o overlay do município de Campinas inserido numa imagem do CAPPI, com a localização das duas estações meteorológicas (CEPAGRI e CIIAGRO).

Figura 16 – Imagem do CAPPI do radar meteorológico de Bauru (IPMet) com overlay do município de Campinas.



Gráficos anuais de volumes pluviométricos mensais foram elaborados para comparação com as normais climatológicas e o número de escorregamentos. As análises dos gráficos, dos condicionantes atmosféricos e dos produtos gerados pelo radar meteorológico nos eventos de movimentos de massa que ocorreram no período de janeiro de 2000 a janeiro de 2013, permitiram uma comparação entre os eventos e a utilização de ferramentas como o radar meteorológico.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Desastres Naturais

A *United Nations-International Strategy for Disaster Reduction* (UN-ISDR, 2009) define desastre como “uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos”.

O banco de dados EM-DAT (2012) é uma compilação de dados e informações sobre a ocorrência de desastres obtidos de diversas fontes, como as agências das Nações Unidas, as organizações não governamentais, as companhias de seguros, os institutos de pesquisa e as agências de notícias. Os critérios adotados no Relatório Estatístico Anual do EM-DAT sobre desastres, determinam a ocorrência de pelo menos um das seguintes ocorrências: 10 ou mais mortes; 100 ou mais pessoas afetadas; declaração de estado de emergência ou pedido de auxílio internacional.

O conhecimento dos tipos de desastres e a sua classificação, auxiliam as tomadas de decisões por órgãos responsáveis, como a Defesa Civil, que direciona um atendimento à população em situações de desastres, para tanto, é importante uma melhor compreensão dos desastres naturais para que essas medidas sejam rápidas e eficientes.

Segundo o glossário da Defesa Civil Nacional (CASTRO, 1998), os desastres classificam-se quanto à Intensidade, Evolução e Origem:

a) Classificação quanto à Intensidade:

A classificação geral dos desastres quanto à intensidade pode ser estabelecida em termos absolutos ou em termos relativos. Em administração de desastres, a classificação de acordo com critérios relativos é mais precisa, útil e racional. A classificação, de acordo com critérios relativos, baseia-se na relação entre a necessidade de recursos, para o restabelecimento da situação de normalidade e a disponibilidade desses recursos na área afetada pelo desastre e nas diferentes escalas do Sistema Nacional de Defesa Civil (Quadro 4).

É necessário ressaltar que: a quantificação da intensidade de um desastre seja definida em termos objetivos e a partir de uma ótica coletivista; na visão subjetiva das vítimas, qualquer desastre é muito importante.

Quadro 4 – Classificação dos desastres em relação à intensidade.

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastre de pequeno porte, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo < 5% PIB municipal)	Facilmente superável com os recursos do município.
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (5% < Prejuízo < 10% PIB)	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. (10% < Prejuízo < 30% PIB) –	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência – SE)
IV	Com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. (Prejuízo > 30% PIB)	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública – ECP)

Fonte: Kobiyama *et al* (2006).

b) Classificação quanto à Evolução:

Quanto à evolução, os desastres são classificados em: desastres súbitos ou de evolução aguda; desastres graduais ou de evolução crônica; desastres por somação de efeitos parciais, conforme mostra o Quadro 5.

Quadro 5 – Classificação dos desastres em relação à evolução.

Classificação quanto à EVOLUÇÃO	SITUAÇÃO
Desastres Súbitos ou de Evolução Aguda.	Esses desastres caracterizam-se pela subaneidade, pela velocidade com que o processo evolui e, normalmente, pela violência dos eventos adversos causadores dos mesmos. Podem ocorrer de forma inesperada e surpreendente ou ter características cíclicas e sazonais, sendo facilmente previsíveis
Desastres Graduais de Evolução Crônica.	Esses desastres, ao contrário dos súbitos, caracterizam-se por serem insidiosos e por evoluírem através de etapas de agravamento progressivo.

Desastres por Somação de Efeitos Parciais.	Esses desastres caracterizam-se pela somação de numerosos acidentes (ou ocorrências) semelhantes, cujos danos, quando somados ao término de um determinado período, definem um desastre muito importante.
---	---

Fonte: Castro (1998), adaptado pela autora.

Os exemplos de desastres súbitos no Brasil são os desastres de natureza cíclica e caráter sazonal, sendo os de maior prevalência. No caso dos desastres graduais, o exemplo mais importante é a seca, pois apresenta essa característica de agravamento progressivo. Outros exemplos de desastres por somação de efeitos parciais no Brasil são os que provocam os maiores danos anuais, são eles: os acidentes de trânsito; os acidentes de trabalho; os acidentes com crianças no ambiente domiciliar e peridomiciliar. (CASTRO, 1998).

c) Classificação quanto à Origem.

O Quadro 6 mostra a classificação quanto à origem ou causa primária do agente causador. Os desastres são classificados em: naturais; humanos ou antropogênicos; mistos.

Quadro 6 – Classificação dos desastres em relação à origem.

Classificação quanto à ORIGEM	SITUAÇÃO
NATURAIS	São aqueles provocados por fenômenos e desequilíbrios da natureza e produzidos por fatores de origem externa que atuam independentemente da ação humana.
HUMANOS	São aqueles provocados por ações ou omissões humanas. Relacionam-se com o próprio homem, enquanto agente e autor. Por isso, são produzidos por fatores de origem interna. Esses desastres podem produzir situações capazes de gerar grandes danos à natureza, aos habitats humanos e ao próprio homem, enquanto espécie. Normalmente os desastres humanos são consequência de ações desajustadas geradoras de desequilíbrios sócio econômicos e políticos entre os homens e de profundas e prejudiciais alterações de seu ambiente ecológico.
MISTOS	Ocorrem quando as ações ou omissões humanas contribuem para intensificar, complicar e/ou agravar desastres naturais. Caracterizam-se, também, por intercorrências de fenômenos adversos naturais que atuam sobre condições ambientais degradadas pelo homem, provocando desastres.

Fonte: Castro (1998), adaptado pela autora.

A crescente intervenção humana no meio físico tem aumentado de forma substancial o grau de risco dos locais em relação aos desastres naturais. O homem gera impactos ambientais

com consequências indesejáveis que comprometem o equilíbrio e o estado existente de um ambiente, em virtude do tipo, da intensidade e da velocidade de promover mudanças por meio de suas atividades (NUNES, 2009). Diante do impacto das diversas ações antrópicas, especialmente nas áreas urbanizadas, e os danos causados pelos desastres naturais, não podemos deixar de associar esses eventos à dinâmica climática. Embora a variabilidade seja uma componente dessa dinâmica, ela pode causar reflexos significativos nas mais diversas áreas.

No entanto, a gravidade dos desastres está vinculada aos elementos sociais expostos, ou seja, à fragilidade do ambiente socialmente construído (vulnerabilidade). Marcelino (2008) observa que, aumentando o perigo e a intensidade da vulnerabilidade, aumentará, conseqüentemente, o risco de um perigo transformar-se em um desastre.

Entre as diferentes tendências de estudos dos riscos, dos desastres naturais e seus danos, verifica-se o aumento das ocorrências dos eventos de natureza atmosférica (TOMINAGA *et al*, 2009). O estudo de tempo severo ganha cada vez mais importância, pois estes eventos geram inúmeros impactos sócioeconômicos e/ou ambientais, como perdas materiais e vidas humanas. O monitoramento de informações relativas a esses eventos é muito importante, uma vez que tornam mais eficazes as medidas mitigadoras (PELLEGRINA, 2011).

Segundo Nunes (2009), o peso dos desastres de natureza atmosférica é substancial: 90% dos eventos, 72,5% das vítimas e 75% das perdas estão relacionadas às secas, inundações, tempestades severas, incêndios, além de escorregamentos de encostas, epidemias e infestações de insetos diretamente associados às condições meteorológicas.

A ocorrência dos eventos nos últimos anos tem sido atribuída, principalmente pela mídia, como sinais emanados pelo clima que demonstram mudanças climáticas, e não como eventos que sempre existiram na história climática da Terra, ligados às variabilidades climáticas. Portanto, existe a necessidade de estudos que aprofundem os conhecimentos sobre a origem de tais eventos.

5.2 Riscos Ambientais

Diversos autores definiram sobre o termo risco e perigo de forma distinta, como Augusto Filho (2001), Cerri e Amaral (1998), Zuquette (1993), Ogura (1995), Cutter (2001), Mileti (1999), Kovach (1995), entre outros, e por vezes relacionam os termos entre si, confundindo riscos com vulnerabilidade, suscetibilidade, desastres e perigo.

Risco ambiental, segundo Bryant (1991), é definido como uma situação de perigo, perda ou dano aos seres humanos e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência dos acidentes ambientais.

Segundo o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas – UNDP (2004), risco é a probabilidade de ocorrerem danos ou perdas (mortos, feridos, edificações destruídas e danificadas, etc.), como resultado de interações entre um perigo natural e as condições de vulnerabilidade local. De forma simplificada, risco é a probabilidade (mensurável) de um perigo transformar-se num desastre.

Porém, não existe um consenso quanto ao entendimento dos conceitos que envolvem desastres naturais e riscos ambientais, e considerando que as análises empreendidas nesta pesquisa, tiveram por base as informações da Defesa Civil, para um melhor entendimento, é necessário esclarecer algumas definições sobre desastre, perigo, risco, vulnerabilidade e suscetibilidade, citadas no Glossário da Defesa Civil:

- a) **Desastre:** Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Os desastres são quantificados, em função dos danos e prejuízos, em termos de intensidade, enquanto que os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado. Normalmente o fator preponderante para a intensificação de um desastre é o grau de vulnerabilidade do sistema receptor. Os desastres classificam-se quanto à Intensidade, Evolução e Origem (CASTRO, 1998, p. 52).
- b) **Perigo:** Qualquer condição potencial ou real que pode vir a causar morte, ferimento ou dano à propriedade. A tendência moderna é substituir o termo por ameaça (CASTRO, 1998, p. 123).
- c) **Risco:**
 1. Medida de dano potencial ou prejuízo econômico expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis;
 2. Probabilidade de ocorrência de um acidente ou evento adverso, relacionado com a intensidade dos danos ou perdas, resultantes dos mesmos;
 3. Probabilidade de danos potenciais dentro de um período especificado de tempo e/ou de ciclos operacionais;

4. Fatores estabelecidos, mediante estudos sistematizados, que envolvem uma probabilidade significativa de ocorrência de um acidente ou desastre;
5. Relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos (CASTRO, 1998, p. 147).
- d) **Risco Ambiental:** Possibilidade de dano, enfermidade ou morte resultante da exposição de seres humanos, animais ou vegetais a agentes ou condições ambientais potencialmente perigosas (CASTRO, 1998, p. 147).
- e) **Vulnerabilidade:** 1. Condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis;
2. Relação existente entre a magnitude da ameaça, caso ela se concretize, e a intensidade do dano consequente;
3. Probabilidade de uma determinada comunidade ou área geográfica ser afetada por uma ameaça ou risco potencial de desastre, estabelecida a partir de estudos técnicos;
4. Corresponde ao nível de insegurança intrínseca de um cenário de desastre a um evento adverso determinado. Vulnerabilidade é o inverso da segurança (CASTRO, 1998, p. 170).
- f) **Suscetibilidade:** Incidência espacial de um processo perigoso. Representa a propensão para uma área ser afetada por um processo perigoso, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência de processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência. Por exemplo, tendência maior ou menor de determinado solo para sofrer erosão ou escorregamentos, depende da declividade e das características do perfil do terreno, da constituição e granulometria do solo e de fatores antrópicos relacionados com: a remoção da vegetação; concentração de águas pluviais; exposição de terrenos suscetíveis; execução inadequada de cortes e de aterros (CUNHA; RAMOS, 2013, p.23).

Esses conceitos devem ser bem conhecidos para um melhor avanço nos estudos dos termos tecnológicos que permitirá um melhor enfrentamento dos perigos decorrentes dos fenômenos naturais. Tominaga *et al* (2009) destacam “que, para a efetiva prevenção dos fenômenos naturais, as leis da natureza devem ser respeitadas, ou seja, estes fenômenos devem ser bem conhecidos quanto à sua ocorrência, mecanismos e medidas de prevenção”.

Assim, faz-se necessário um estudo detalhado dos movimentos de massa, a classificação dos processos associados aos riscos ambientais, com ênfase nos seus condicionantes.

5.3 Movimentos de Massa

Os movimentos de massa, também conhecidos por deslizamentos de terra, escorregamentos de encostas, quedas de barreira, são processos envolvendo o movimento da superfície das encostas, tais como solos, rochas e vegetação. “Estes processos estão presentes nas regiões montanhosas e serranas em várias partes do mundo, principalmente naquelas onde predominam climas úmidos. No Brasil, são mais freqüentes nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste” (TOMINAGA *et al*, 2009).

Tominaga (2007) cita que “o crescimento desordenado em áreas desfavoráveis, sem o adequado planejamento do uso do solo e sem a adoção de técnicas adequadas de estabilização, está disseminando a ocorrência de acidentes associados a estes processos, que muitas vezes atingem dimensões de desastres”.

As chuvas intensas, tanto de curta duração, quanto de longa duração, atuam como principais agentes deflagradores de movimentos de massa em ambientes tropicais úmidos (GUIDICINI & IWASA, 1976).

É necessário estudar a situação climática atual para o acompanhamento e prevenção das ocorrências de movimentos de massa. Períodos de anos com chuvas bem distribuídas revezam-se com períodos em que a pluviosidade aumenta e se concentra em quantidade e intensidade, ocasionando índices pluviométricos excepcionais, capazes de desencadear novos desequilíbrios.

O dinamismo dos movimentos de massa deve ser observado num determinado período, verificando-se os fenômenos sazonais e anuais; estas observações relacionadas às variabilidades climáticas serão um contributo importante para proporcionar uma relação entre as instabilidades das encostas e a pluviosidade.

As instabilidades de encostas compreendem um conjunto complexo de movimentos de massa dos terrenos, em vertentes naturais e taludes artificiais. São fenômenos com escalas de dimensões variadas, desde queda de blocos em escarpas com volumes da ordem do decímetro cúbico até os escorregamentos profundos envolvendo milhões de metros cúbicos, passando por movimentos de dimensão média como os escorregamentos, desabamentos e tombamentos, que possuem impactos crescentes nas estruturas, causando numerosos impactos ambientais.

O Brasil tem sido muito atingido por esses eventos, resultando um elevado número de vítimas fatais e prejuízos. Em 2008, a região sul do Brasil foi a mais afetada, com muitas ocorrências no estado de Santa Catarina. Em 2009, os desastres atingiram mais fortemente o norte e nordeste do país e o estado de São Paulo, em 2010, as regiões mais afetadas foram o Sudeste (São Paulo e Rio de Janeiro), além das enchentes em Alagoas e Pernambuco com o rompimento de barragens e em 2011 ocorreu o maior desastre já visto no Brasil, envolvendo número de vítimas na Região Serrana do Rio de Janeiro (PELLEGRINA, 2011).

Pellegrina (2011) aponta como resultado a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) como sistema mais favorável às ocorrências dos movimentos de massa estudados em três períodos (verão de 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012) em diversos municípios do estado de São Paulo, na região Sudeste do Brasil. Os volumes pluviométricos ultrapassaram 200% acima da média histórica de precipitação para algumas cidades no primeiro período. Vale ressaltar que neste período havia a influência do *El Niño*, enquanto os outros períodos estudados tiveram o número bastante reduzido de eventos extremos, refletidos pela atuação do fenômeno *La Niña* e, conseqüentemente um número reduzido de movimentos de massa e vítimas.

Os fatores como ZCAS, frentes frias, frentes quentes e *El Niño* podem favorecer o aumento no volume de chuva e assim a saturação do solo e os movimentos de massa.

Embora escorregamento de encostas, deslizamento de terra e queda de barreiras envolvam os mesmos conceitos geotécnicos, a Defesa Civil os tratam separadamente, e nesta pesquisa adotaremos todos esses eventos como movimentos de massa. A Defesa Civil os define segundo os seguintes critérios:

- a) Escorregamento de encostas: refere-se uma ampla variedade de processos envolvendo movimentos coletivos de solo e/ou rocha, regidos pela ação da gravidade. As áreas atingidas são passíveis de zoneamento, podendo ser monitorizadas a partir do acompanhamento de dados de precipitações pluviométricas, principal agente deflagrador do processo (CASTRO, 1998, p.69).
- b) Deslizamento de terra: caracteriza-se por movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida, cuja superfície de ruptura é nitidamente definida por limites laterais e profundos, bem caracterizados (CASTRO, 1998, p. 55).
- c) Queda de barreira: caracteriza-se por escorregamentos que atingem o leito de uma pista de rodagem, provocando a interrupção parcial ou total da trafegabilidade da estrada (CASTRO, 1998, p139).

Assim, é importante o reconhecimento dos tipos de movimentos de massa, sua classificação e descrição. Há uma extensa bibliografia que propõe diferentes classificações, dentre os brasileiros destaca-se VARGAS e PICHLER (1957), FREIRE (1965), SANTORO e MACEDO (2000), CERRI (1990, 1993) e entre os estrangeiros, SHARPE (1938), TERZAGHI (1950), VARNES (1958), SASSA (1985) e VARGA e GORBUSHINA (1998).

BALTZER (1875) foi um dos pioneiros em pesquisar quedas, escorregamentos e escoamentos de solo e rochas como os principais mecanismos de movimentos de massa. No entanto, foram as classificações de VARNES (1958, 1978) e HUTCHINSON (1988), que realmente foram consagradas no meio científico.

A classificação de Varnes (1958), pouco detalhada, porém muito clara em suas definições e Hutchinson (1988), com uma classificação mais extensa e detalhada, conforme mostra o Quadros 7, apresentada por Ahrendt (2005). Varnes (1958) utilizou o termo movimentos de encostas ao invés de escorregamentos, que normalmente era atribuído a qualquer movimento de massa gravitacional e baseou-se nos seguintes atributos para a identificação: Tipo de material; Taxa de movimentação; Geometria da área de ruptura e do depósito resultante; Idade; Causa; Grau de ruptura de massa deslocada; Relação ou não da geometria do deslizamento com as estruturas geológicas; Localização geográfica dos eventos e Estado de atividade.

Segundo Hutchinson (1988), os movimentos de massa gravitacionais são influenciados principalmente pela litologia, geologia estrutural, hidrogeologia, topografia, clima, vegetação e grande variedade de tipos e processos, tornando-se mais difícil a sua identificação.

Quadro 7 – Classificação dos movimentos de massa apresentado por VARNES (1958).

Tipo de Movimento		Tipo de Material		
		Substrato Rochoso	Solos	
			Grossos	Finos
Quedas		De Rochas	De detritos	De solos
Tombamentos		De rochas	De detritos	De solos
Escorregamentos	Rotacional	Deslizamentos de rochas	Deslizamentos de detritos	Deslizamentos de solos
		De blocos rochosos	De blocos detritos	De bloco solo
	Translacional	De rochas	De detritos	De solo
Espalhamentos Laterais		De rochas	De detritos	De solos
Escoamentos		De rochas (Deep Cree)	De detritos	De solos
Complexos		Combinação de dois ou mais tipos de movimentos		

Fonte: AHRENDT, 2005.

Ahrendt (2005) demonstra a classificação de Hutchinson (1988) que foi baseada na classificação de Varnes (1958 e 1978), a qual foi fundamentada na morfologia dos movimentos de encostas e materiais movimentados, com algumas considerações ao mecanismo, material e razão de movimentação, conforme mostra a Tabela 2. Nesta classificação estão excluídos quaisquer movimentos de grande escala, envolvendo tectônicas, subsidências e outros afundamentos.

Tabela 2 - Classificação de Hutchinson (1988).

Tipos	Subtipos	
Rebound	Artificiais	
	Naturais	
Rastejo	Superficial	-Rastejo de solo ou talus -Rastejo de gelo, gelifluxão
	A grandes profundidades (deep-seated) Anterior a ruptura (pre failure) Posterior a ruptura (post failure)	
Sagging of mountain slopes	Um lado da encosta	-Rotacional -Combinado
	Dois lados da encosta	-Rotacional -Combinado
	Combinado com tombamento	
Escorregamentos	Ruptura confinada	-Taludes naturais -Taludes artificiais
	Rotacionais	-Simples -Sucessivos -Múltiplos
	Compostos	-Liberados por cisalhamento interno -Progressivos
	Translacionais	-em placas (sheet) -em lascas (slab/flake) -em turfas (peat/bog) -em rochas (planar, escalonado, cunha) -detritos (não periglacial e periglacial) -espalhamento lateral repentino
Escoamento ou fluxo (Flow-like form)	mudslides	-Placas -Alongados
	flow slides	-Sem coesão -Materiais ligeiramente cimentados -Rochas brandas muito porosas
	debris flows	-Detritos de rochas intemperizadas -Materiais orgânicos -Materiais provenientes de vulcões
	sturzstroms	
Tombamentos	Descontinuidades pré-existent	- simples - múltiplos
	Fissuras de tração em material intacto	
Quedas	Primárias	
	Secundárias	
Complexos		

Fonte: AHRENDT, 2005.

No Brasil, Augusto Filho (1992) apresentou os principais tipos de movimentos de massa e as características desse processo e foram descritos no Quadro 8. Os de movimentos de massa descritos no Brasil são: quedas e tombamentos, escorregamentos rotacionais, escorregamentos translacionais, rastejos, escoamentos ou fluxos.

Quadro 8 - Características dos principais grupos de movimentos de massa.

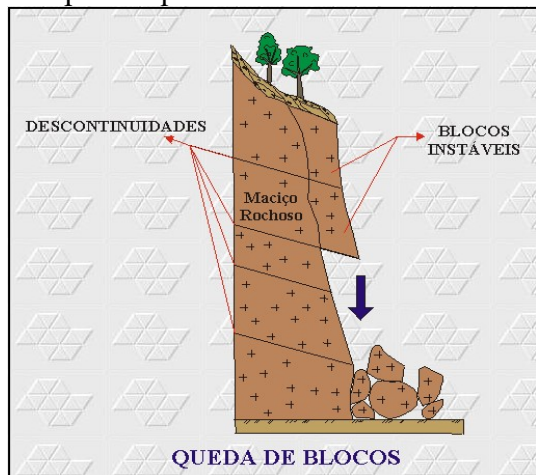
PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO/MATERIAL/GEOMETRIA
Rastejos	<ul style="list-style-type: none"> - vários planos de deslocamento (internos) - velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade - movimentos constantes, sazonais ou intermitentes - solo, depósitos, rocha alteradas/fraturadas - geometria indefinida
Escorregamentos	<ul style="list-style-type: none"> - poucos planos de deslocamento (externos) - velocidades médias (m/h) a altas (m/s) - pequenos a grandes volumes de material - geometria e materiais variáveis: <ul style="list-style-type: none"> -planares: solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; -circulares: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; -em cunha : solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas	<ul style="list-style-type: none"> - sem planos de deslocamento - queda livre ou rolamento através de plano inclinado - velocidades muito altas (vários m/s) - material rochoso - pequenos e médios volumes - geometria variável : lascas, placas, blocos, etc. - Rolamento de matacão e tombamento
Corridas	<ul style="list-style-type: none"> - muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação) - movimento semelhante ao de um líquido viscoso desenvolvimento ao longo das drenagens - velocidades médias a altas - mobilização de solo, rochas, detritos e água - grandes volumes de material - extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Fonte: AUGUSTO FILHO, 1992.

Para exemplificar esses diferentes processos as Figuras 17 a 20 identificam esses mecanismos de movimentos de massa.

Nas quedas (Figura 17), materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre, ou em plano inclinado (rolamento de matações). Estes processos possuem velocidades muito altas e podem atingir grandes distâncias. Os processos de quedas possuem um forte condicionante litológico e estrutural, e sua deflagração pode estar intimamente associada a processos erosivos, como na queda de detritos em taludes de rochas sedimentares, ou rolamento de matações em rochas graníticas (AUGUSTO FILHO, 1994).

Figura 17 - Exemplo de queda de blocos.



(a)



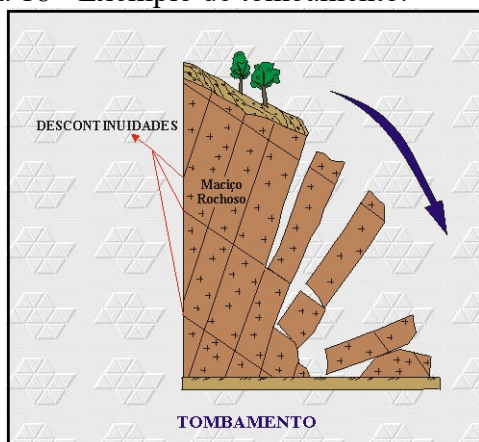
Queda de blocos rochosos em Santos-SP, 2009.
Fonte: Tominaga (2009)

(b)

Fonte: (a) UNESP, 2013, n.p, (b) TOMINAGA, 2009.

Como é possível observar na Figura 18, os tombamentos podem ser definidos como um tipo de movimento de massa em que ocorre a rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa desprendida. Este processo está condicionado pela ação da água ou do gelo em planos de fraqueza existentes no maciço rochoso. Segundo Cruden e Varnes (1996), tombamentos podem conduzir a movimentos tipo quedas ou escorregamentos dependendo da geometria da massa movimentada, da geometria da superfície de separação e da orientação e extensão das descontinuidades existentes. A velocidade deste tipo de movimento pode variar de extremamente lenta a extremamente rápida.

Figura 18 - Exemplo de tombamento.



(a)



Foto: Tombamento de blocos
Fonte: Proin/Capes & Unesp/IGCE, 1999

(b)

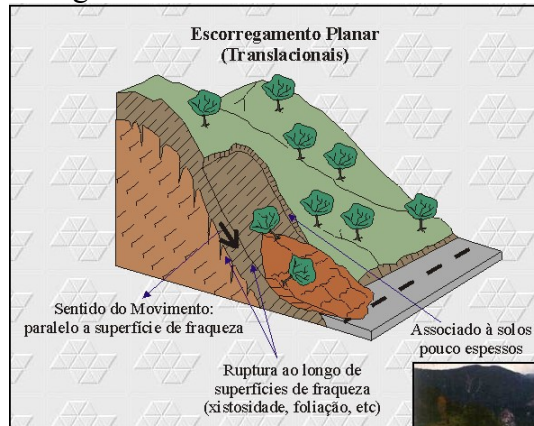
Fonte: (a) UNESP, 2013, n.p, (b): PROIN/CAPES & UNESP/IGCE, 1999.

A Figura 19 aponta os tipos de escorregamentos, que são movimentos rápidos, com superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, e massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude (GUIDICINI & NIEBLE, 1984). Ocorrem preferencialmente em superfícies de ruptura bem definida ou em finas zonas da massa submetidas a intensas tensões de cisalhamento. Frequentemente, os primeiros sinais deste movimento são a presença de fissuras. Este tipo de movimento caracteriza-se por velocidades de deslocamento variando de médias a altas (m/h a m/s). Augusto Filho (1994) descreve que um tipo de escorregamento muito comum em encostas ocupadas, é o escorregamento induzido, ou seja, aquele que é potencializado pela ação antrópica, através da execução de cortes/aterros inadequados, da concentração de águas pluviais e servidas, da retirada da cobertura vegetal, etc.

Varnes (1978) subdividiu os escorregamentos em rotacionais e translacionais. As diversas categorias de escorregamentos constituem-se nos processos de instabilização que mais causam danos socioeconômicos às diversas formas de uso e ocupação das áreas de encostas e adjacências.

Os escorregamentos rotacionais caracterizam-se por apresentarem superfícies de deslizamento curvas e côncavas. Estão associados a materiais homogêneos, aterros, depósitos mais espessos, rochas sedimentares ou cristalinas intensamente fraturadas. Possuem um raio de alcance relativamente menor que os escorregamentos translacionais. Os escorregamentos translacionais caracterizam-se por apresentarem superfície de ruptura plana, relacionada com a zona de fraqueza (falhas, contato solo/rocha, estratificação). Enquanto escorregamentos rotacionais ocorrem, em geral, em taludes mais íngremes e possuem extensão relativamente limitada, escorregamentos translacionais podem ocorrer em taludes mais abatidos e são geralmente espessos, podendo atingir centenas ou milhares de metros. Sua geometria caracteriza-se por uma pequena espessura e forma retangular estreita. Guidicini & Nieble (1984) subdividem os escorregamentos translacionais em escorregamentos translacionais de rocha, de solo, de solo e rocha .

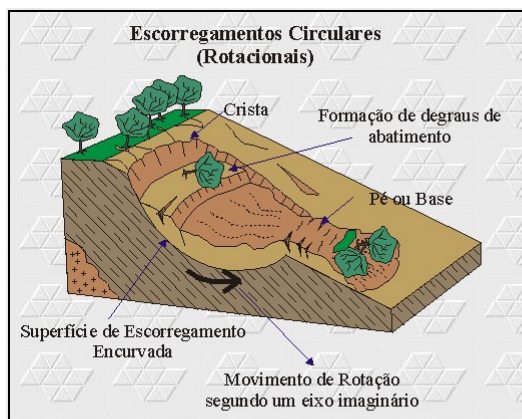
Figura 19 - Tipos de escorregamento: (a) Escorregamento Planar, (b) Escorregamento Circular, (c) Escorregamento em Cunha.



(a)



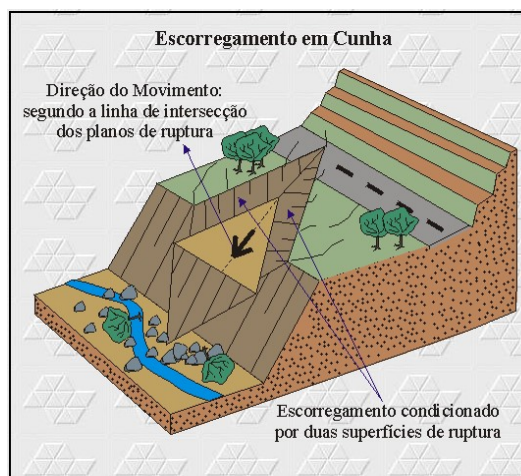
Foto: Escorregamentos Planares da região serrana de São Paulo
Fonte: Proin/Capes & Unesp/IGCE, 1999



(b)



Foto: Escorregamento circular ocorrido em 1995, em La Conchita, California, Estados Unidos da América.
Fonte: (geohazards.cr.usgs.gov)



(c)

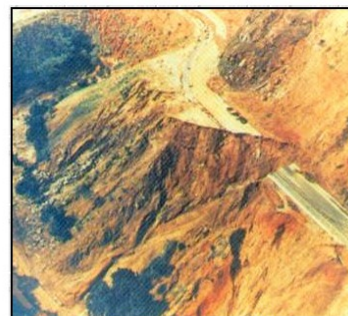


Foto: Escorregamento do tipo em Cunha
Fonte: Montgomery, 1992.

Expansões laterais são movimentos caracterizados pela expansão de um solo coesivo ou de uma massa de rocha combinado com uma subsidência da massa fraturada numa camada de material subjacente que apresenta pouca resistência (CRUDEN; VARNES, 1996). A superfície de ruptura não se apresenta como uma superfície de intenso cisalhamento. Expansões laterais podem resultar da liquefação ou escoamento de materiais. Varnes (1978) distinguiu expansões laterais típicas de rochas, como movimentos que não apresentam superfície de ruptura definidas das expansões laterais em solos ocorridas devido a liquefação dos materiais de camadas subjacentes.

Escoamentos, numa definição ampla, são representados por deformações, ou movimentos contínuos, estando ou não presente uma superfície definida ao longo da qual a movimentação ocorra. Guidicini & Nieble (1984) classificam os escoamentos em movimentos lentos (rastejos) e movimentos rápidos (corridas).

A Figura 20 apresenta um exemplo de rastejo, que envolve um conjunto de movimentos lentos sem uma superfície de ruptura marcante, tampouco uma geometria bem definida. À semelhança dos demais movimentos de massa, podem mobilizar qualquer tipo de material, solo, rocha ou a mistura dos dois. Este tipo de movimento apresenta velocidades de deslocamento muito baixas, com taxas de deslocamento decrescentes gradualmente com a profundidade. Podem ser associados a mecanismos de movimentos contínuos, resultantes da deformação sob uma tensão constante e a mecanismos pulsantes, avançando com velocidade não-uniforme, associado a alterações climáticas sazonais.

Figura 20 - Exemplo de rastejo.

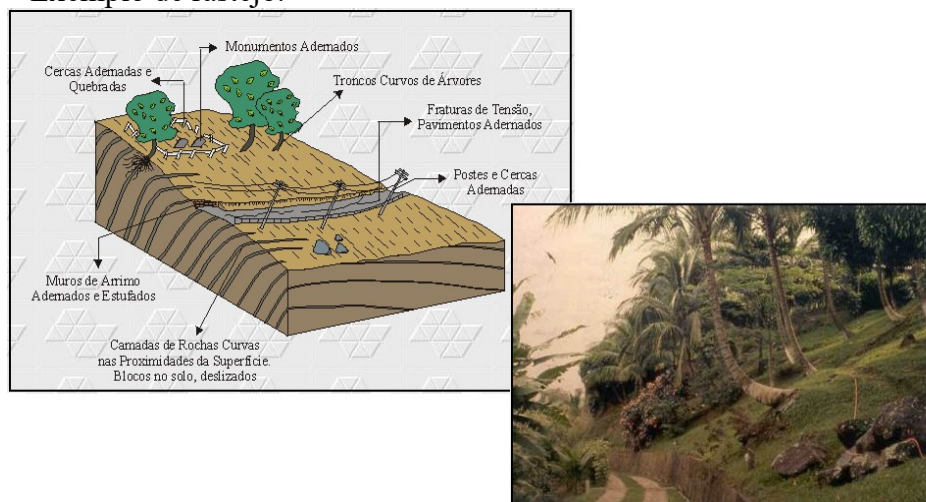


Foto: Área afetada por rastejo, pode-se notar o encurvamento dos troncos das árvores e o estufamento de algumas porções do solo
Fonte: (Proin/Capes & Unesp/IGCE, 1999).

Fonte: INFANTI JR & FORNASARI FILHO, 1998, PROIN/CAPES & UNESP/IGCE, 1999.

As corridas são formas rápidas de escoamento, de caráter essencialmente hidrodinâmico, ocasionadas pela perda de atrito interno, em virtude da destruição da estrutura, em presença de excesso de água (Guidicini & Nieble, 1984). Estes fenômenos são bem mais raros que os escorregamentos, porém, podem provocar conseqüências de magnitudes muito superiores, devido ao seu grande poder destrutivo e extenso raio de alcance mesmo em áreas planas.

Os mecanismos de geração de corridas podem ser através do fenômeno de liquefação espontânea; ou a partir da remobilização de detritos acumulados no leito e por barramentos naturais, acrescidos do material oriundo de escorregamentos nas encostas e torrentes de águas geradas na bacia. As corridas podem ser subdivididas em corrida de terra, com o colapso de estruturas fofas de solos arenosos e siltsos, com acréscimo de poropressão devido a vibrações ou saturação; corridas de lama, compreendendo os movimentos rápidos em solos moles sensitivos e as corridas de detritos, caracterizando avalanches de grandes volumes de massa de blocos de rocha e solo.

Os movimentos de massa de diferentes naturezas têm afetado um grande número de pessoas, conforme mostram as informações dos bancos de dados do EM-DAT (2010) para várias partes do globo. As regiões de estudo desta pesquisa, destacam-se com mais de duzentas mil pessoas afetadas em 2010 no Brasil, enquanto que Portugal apresentou setecentos afetados, o que comprova a importância de estudo dentro dessa temática. Tanto no Brasil quanto em Portugal, esses eventos tem resultado em um elevado número de vítimas e prejuízos socioeconômicos.

Alguns problemas são comuns em ambos os países, o intenso processo de urbanização, a falta de planos diretores estruturados, de políticas habitacionais permanentes, contribuem para a ocupação irregular em áreas geologicamente desfavoráveis, principalmente pela população de baixa renda, resultando em graves situações de risco (CUNHA; DIMUCCIO, 2002).

5.4 Os principais agentes deflagradores dos Movimentos de Massa

O requisito básico para as ações mitigadoras é o entendimento dos seus fatores deflagradores (SILVA, 2006). As causas básicas da instabilização de encostas são bem conhecidas a partir de uma série de estudos de casos específicos. Algumas são inerentes a

solos ou rochas pela sua composição ou estrutura; algumas, como inclinação de taludes naturais, são relativamente constantes e outras são variáveis, como a água subterrânea e água da chuva. Em uma determinada área, a maioria deles pode ser reconhecida e os seus efeitos ranqueados ou pesados, e em alguns eles podem ser mapeados e correlacionados uns com os outros e com rupturas já ocorridas. Entretanto, o objetivo deve ser sempre desenvolver o entendimento do processo envolvido, seu mecanismo, e quando e onde eles ocorrem, o que permite prever a suscetibilidade de um ponto, um local ou grandes áreas (AHRENDT, 2005).

A Tabela 3 apresenta os principais fatores físicos (chuvas) e antrópicos (ocupação desordenada e desmatamento) na ocorrência dos movimentos de massa. No Brasil, destaca-se os agentes físicos como a chuva intensa ou excepcionalmente prolongada e os agentes antrópicos, como o desmatamento, vazamentos, irrigação e uso e ocupação desordenada do solo, dentre os agentes que influenciam as ocorrências.

De acordo com alguns autores, a água pode atuar de maneiras diferentes, influenciando na instabilização das encostas. Souza (2006) cita que a água pode influenciar pela redução das tensões de sucção, causando a eliminação da coesão aparente; pelo encontro da frente de saturação com o nível da água pré-existente no solo; também pela formação de fluxos subterrâneos entre as diferentes camadas de solo; além da acumulação e conseqüente aumento do peso da massa dendrítica e pelo preenchimento das fendas, alterando a pressão hidrostática em superfícies fraturadas.

O autor ainda relata que para acontecer um escorregamento, é necessário que o solo apresente uma condição de umidade favorável a sua ruptura, com um acúmulo gradativo de água em seu interior. As chuvas registradas nos dias que antecedem o evento realizam papel fundamental, constituindo um agente preparatório para os movimentos de massa, pois, após o solo ter atingido certo grau de saturação, a pluviosidade passa a assumir a função de agente deflagrador, acionando num certo momento a ruptura iniciando o escorregamento.

Tabela 3 – Principais grupos de fatores que influenciam na ocorrência de movimentos de massa.

Agentes Geológicos	<ul style="list-style-type: none"> - Materiais alterados, enfraquecidos ou intemperizados - Materiais cisalhados, fissurados ou fraturados (descontinuidades) - Contrastes na permeabilidade - Contrastes na espessura (material espesso e denso sobreposto a materiais plásticos)
Agentes Morfológicos	<ul style="list-style-type: none"> - Tectonismo ou vulcanismo - Qualquer tipo de erosão - Deposição no topo ou na base da encosta - Remoção da vegetação
Agentes Físicos	<ul style="list-style-type: none"> - Chuva intensa ou excepcionalmente prolongada - Degelo repentino - Intemperismo por congelamento e degelo - Abalo sísmico - Erupção vulcânica - Intemperismo de material expansivo
Agentes Antrópicos	<ul style="list-style-type: none"> - Escavação da encosta ou da sua base (remoção do suporte)-Urbanização - Sobrecarga no topo ou na encosta - Diminuição do nível dos reservatórios - Desmatamento - Irrigação - Mineração - Vibração artificial - Vazamentos

Fonte: (CRUDEN e VARNES, 1996), apud Ahrendt (2005).

5.5 Relação entre chuva e deslizamentos

Vários elementos condicionantes influenciam a estabilidade das encostas, atuando tanto de forma interna quanto de forma externa. Esses elementos alteram o sistema de força e de resistência (peso-pressão do material, e coesão-atrito das camadas respectivamente). Dentre os condicionantes internos podem se destacar: o cisalhamento e o falhamento progressivo, as características pedológicas com os aspectos físicos do solo e a composição mineralógica local (SOUZA, 2006).

Este autor mencionou ainda que a atuação dos condicionantes no meio externo da encosta, destacando as mudanças nas características geométricas, por ações naturais e antrópicas, o aumento ou diminuição da sobrecarga, a ação dos fatores climáticos (chuva). As ações antrópicas são responsáveis por muitas interferências nas estabilidades das encostas, através de obras de engenharia, ocupação desordenada, aterros, etc. Dentre essas interferências, encontram-se a retirada da cobertura vegetal, o lançamento inadequado de

águas das chuvas e de esgotos, construção de fossas, depósito de lixo e entulho nas encostas, e vibrações oriundas de tráfegos de veículos ou de explosões.

A água das chuvas é o principal deflagrador desses movimentos de massa, e a combinação da pluviosidade com a ocupação desordenada nas encostas urbanas resulta nas inúmeras catástrofes. Há uma grande importância em correlacionar os volumes pluviométricos e os deslizamentos de terra. A seguir serão citados alguns autores cujas pesquisas demonstram a evolução e contribuição ao longo do tempo.

No Brasil, Olga Cruz (1974) fez uma observação e análise da paisagem na Serra de Caraguatatuba – SP, com observações dos problemas geomorfológicos em escarpas costeiras de áreas intertropicais.

Guidicini e Iwasa (1976), empenhados em desvendar a relação entre pluviosidade e movimentos de massa, utilizaram cartas de periculosidade com base em registros pluviométricos ao longo do ano, em 9 regiões do país. Apresentaram resultados para a previsibilidade em que a pluviosidade, acima de 20% da média anual de precipitação, pode desencadear os processos de movimentos de massa.

Tatizana *et al* (1987a, b), em estudo dos deslizamentos registrados durante 30 anos na Serra do Mar, na região de Cubatão, Região Sudeste de São Paulo/Brasil, analisaram 35 eventos e períodos acumulados de precipitação de 2, 3, 4 e 8 dias, considerando chuva acumulada de 4 dias como determinante ao processo de deslizamentos. Os autores concluíram que é necessário considerar a grande variação da intensidade de precipitação ao longo do dia, pois, a distribuição da chuva é uma importante variável no ciclo hidrológico, com influências na taxa de saturação do solo e no desenvolvimento de fenômenos instantâneos, como desenvolvimento de linhas de fluxo, de subpressão e erosão.

Wolle (1988) encontrou fortes indícios de correlação entre precipitação, considerando outros estudos como a influência da vegetação e o grau de saturação do solo, e a ocorrência dos deslizamentos de terra.

Macedo *et al* (2004) consideraram os volumes pluviométricos acumulados de 3 dias de precipitação, utilizando o modelo de correlação entre chuvas e escorregamentos, desenvolvido pelo IPT (TATIZANA *et al*, 1987a, b). A partir desse modelo, foram analisados os eventos pluviométricos que acarretaram acidentes no passado recente nas áreas de interesse, e estabeleceram valores críticos que variam de 80 a 120 mm de chuvas acumuladas em 3 dias,

dependendo das condições naturais do solo e de ocupação da área. Após identificados esses valores e com indicação da previsão de continuidade da precipitação, há vistorias no local e mudança no nível para Atenção, Alerta ou Alerta Máximo, de acordo com as características constatadas no local.

Soares (2006) utilizou dados pluviométricos acumulados de 24 horas no período de 1980 a 2004 e registros de deslizamentos na região fornecidos pela Defesa Civil do município de Angra dos Reis. Baseado na metodologia de Tatizana *et al* (1987a, b), relacionou intensidade de precipitação com deslizamentos de terra. Os resultados dessa relação que mais se destacaram, foram os acumulados de precipitação de 2 dias a partir de 75 mm. A autora também propôs um cálculo do Coeficiente de Precipitação para Deslizamentos (CPD), que é a razão entre a previsão de 24 horas e o valor limite de precipitação em 24 horas dado pela equação da envoltória.

Souza (2006) na relação entre chuvas e deslizamentos em Juiz de Fora (MG/Brasil), verificou os longos períodos de atuação de um único sistema, sob a ótica da climatologia dinâmica. O autor relacionou a atuação de um único sistema instável (frente polar estacionária) e o comportamento de outros sistemas, como o avanço e recuo de frentes intercalados por linhas de instabilidades tropicais. Esses eventos são geradores de chuvas contínuas e representam altos volumes pluviométricos, capazes de saturar gradativamente o solo e deflagrar os deslizamentos de terra.

Bush (2008) analisou mais de 3.000 dias de eventos de precipitação intensa através de informações de estações meteorológicas e dados adicionais de radar fornecido pelo Serviço Meteorológico Alemão (DWD), que serviu de base para avaliar os danos. Os resultados foram importante contribuição para as companhias de seguros e permitiram avaliar o aumento dos eventos severos de precipitação no local. O monitoramento se faz necessário, visto as diversas variáveis e condicionantes que podem desencadear os danos.

Freiria (2009) estudou os casos de movimentos de massa em Coimbra e destaca a importância dos fatores geológicos e geomorfológicos, como o uso do solo, escavações em taludes e construções de via de tráfego, tornando a área de estudo dinâmica e por conseguinte, a ocorrência de movimentos de massa não dependente somente dos fatores naturais.

Muitas pesquisas (Tatizana *et al*, 1987a, b; Cerri *et al*, 1990a, b; Macedo *et al*, 2004) colaboraram diretamente na criação do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC), estimando

valores de alerta para alguns municípios do estado de São Paulo. O PPDC engloba ações técnicas e conta com a colaboração de órgãos como o IPT, IG, Defesa Civil, Centro Tecnológico de Sanamento Básico (CETESB), Institutos de Meteorologia, assim como a população em geral, e visa evitar a ocorrência de mortes, com a remoção da população em áreas de risco, temporário ou preventivamente.

O PPDC, foi implantado a partir de 1988 com o objetivo de minimizar os danos decorrentes de movimentos de massa. As atividades de identificação, avaliação e gerenciamento de áreas de riscos no estado de São Paulo, tiveram início no verão de 1987-1988 devido à ocorrência de graves eventos que aconteceram nas cidades de Cubatão e Ubatuba. Assim, deu-se o início ao PPDC, específico para movimentos de massa nas encostas da Serra do Mar no estado de São Paulo (Decreto Estadual no. 30.860 de 04/12/1989, redefinido pelo Decreto no. 42.565 de 01/12/1997). Este plano entra em operação anualmente em 1º. de dezembro até 31 de março, podendo se estender até abril.

Durante este período, o plano prevê estado de observação permanente e de acordo com as mudanças das condições meteorológicas, passam para o estado de atenção, crítico ou de emergência. O Quadro 9 descreve o PPDC, com as mudanças de níveis antecipadas à deflagração de movimentos de massa, a partir do acompanhamento de parâmetros de índices pluviométricos, previsão meteorológica e vistorias de campo, conforme o artigo 4º. do Decreto nº. 17.804 de 12 de dezembro de 2012, e trabalha com quatro níveis, sendo eles, observação, atenção, alerta e alerta máximo.

Quadro 9 – Níveis descritos pela Defesa Civil para emissão de alerta.

Estado de OBSERVAÇÃO	Índice pluviométrico: 80mm (3 dias)
Estado de ATENÇÃO	Índice pluviométrico: a partir de 80,1 mm Vistoria de campo em áreas de risco
Estado de ALERTA	Após vistoria, remoção preventiva da população das áreas de risco
Estado de ALERTA MÁXIMO	Remoção de toda a população que habita áreas de risco, indicada pela vistoria técnica

Fonte: CERRI *et al*, 1990 a.

Atualmente as regiões atendidas desde a sua implantação e com significativo êxito são: Baixada Santista (4 cidades), Litoral Norte (4 cidades), a Região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira (16 cidades), Campinas (20 cidades), Sorocaba (11 cidades) e ABCD (7 cidades), totalizando 62 municípios. Os municípios foram selecionados em função de alguns fatores, levando em consideração o histórico de eventos e o número de áreas de riscos a movimentos de massa (MACEDO *et al*, 2006)

Ainda para efeito da deflagração dos níveis previstos no PPDC, os índices pluviométricos registrados são expressos na forma de valores acumulados de chuva em três dias, variam de 80 a 120 mm e traduzem maior ou menor possibilidade de ocorrência de movimentos de massa, dependendo das condições naturais e do uso e ocupação do solo de cada município. A partir dos estudos realizados em Cubatão, considerou-se para outras áreas: 100 mm para a Baixada Santista, 120 mm para o Litoral Norte, 100 mm para o Vale do Paraíba, 80 mm para Campos do Jordão, 80 mm para Campinas, 80 mm para a Região do ABC e 80 mm para Sorocaba. Atingidos estes índices, e com previsão de continuidade das chuvas, caracteriza-se a entrada no nível de Atenção. Técnicos para vistorias são enviados ao local para identificar áreas de risco, se constatadas tais situações e mantiverem previsão de chuva, passa-se ao nível de Alerta e procede-se à remoção preventiva e temporária da população em risco iminente. Em caso de registro de movimentos de massa e continuidade das chuvas, entra-se no nível de Alerta Máximo, e toda a população em área de risco serão removidas (MACEDO *et al*, 2004).

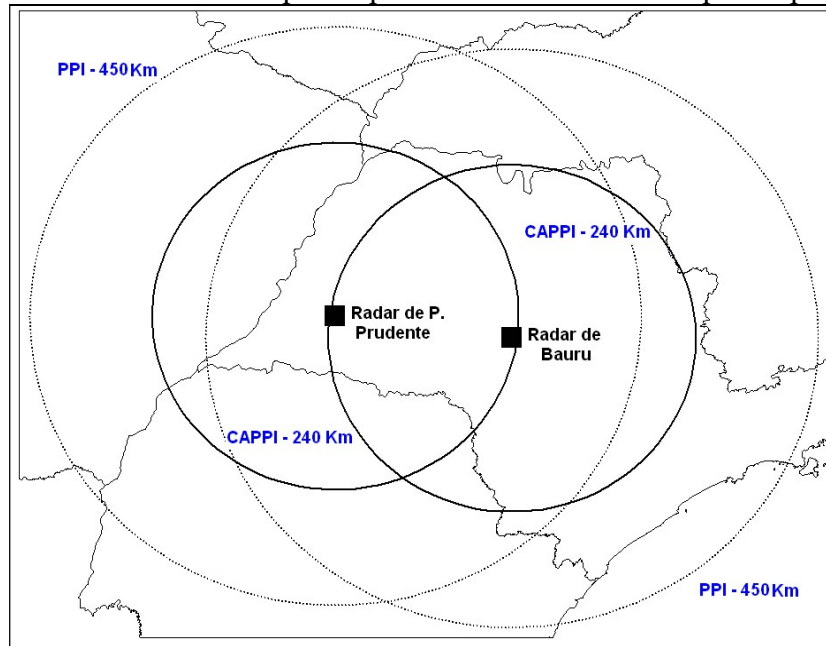
Assim, é importante a contribuição dessas pesquisas, para conhecer os fatores que deflagram os escorregamentos e estabelecer relações entre os valores de precipitação e os movimentos de massa, e permitir que tomadas de decisões possam ser elaborados e aplicados com maior eficácia. Vale ressaltar a importância de monitorar as chuvas por radar meteorológico, já que os pluviômetros, apresentam baixa resolução espacial e temporal.

5.6 Características e atributos dos radares meteorológicos do IPMet

Os radares meteorológicos são equipamentos que podem efetuar uma medida remota na quantificação da chuva. São ferramentas importantes no monitoramento das chuvas, na identificação de tempestades severas, possibilitando ações de alertas.

Os dois radares meteorológicos da UNESP, um localizado em Bauru-SP e outro em Presidente Prudente-SP, operados pelo Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet), localizado em Bauru, podem quantificar chuvas ocorridas num raio de 240 km (CAPPI), a partir de cada radar, como é demonstrado na Figura 21.

Figura 21 – Área de cobertura dos radares do IPMet, localizados em Bauru e Presidente Prudente, com o alcance de 240 km para o produto CAPPI e 450 km para o produto PPI.



Fonte: Elaborado pela autora.

O radar meteorológico, com fonte própria de energia, é um sensor ativo que envia pulsos de ondas de rádio para a atmosfera num feixe altamente colimado. O alcance de algumas centenas de quilômetros dos pulsos de ondas de rádio faz com que o radar seja uma ferramenta poderosa para detectar chuva remotamente. Quando existem chuvas ao redor, os pulsos são espalhados pelas gotas de chuva e alguma fração desses pulsos de energia retorna ao radar. A orientação da antena de radar e tempo decorrido entre a transmissão dos pulsos e o retorno destes ao receptor, são usados para localizar a chuva. A intensidade da chuva é calculada medindo a potência dos pulsos que retornam ao radar. Dessa forma, as imagens produzidas pelo radar compõem um mapa horizontal mostrando onde está chovendo e com a indicação, embora qualitativa, da intensidade (RINEHART, 2004).

Os primeiros trabalhos de identificação de chuvas por radar, foram realizados por Marshall e Palmer (1948) que determinaram a primeira equação de transformação do sinal eletrônico do radar em intensidade de precipitação, denominada relação ZR. A medição da intensidade das chuvas por radares meteorológicos é baseada na quantidade de energia

refletida pelos hidrometeoros, o equipamento emite um pulso de microondas (radiação eletromagnética), temporizado em milésimos de segundos, através de uma antena. Ao ser bloqueado, por hidrometeoros, parte da microonda emitida é refletida de volta à antena emissora. A energia recebida é aplicada à relação ZR para a quantificação da precipitação. O tempo decorrido entre a transmissão e recepção do eco de microonda determina: a distância do alvo e o posicionamento da antena a direção e altura dos ecos de chuvas.

Dessa forma, a medida de chuva efetuada pelo radar meteorológico é indireta, por meio de uma equação empírica que estima a quantidade de chuva, baseada na porção energética espelhada por um volume de gotas de chuva. Rinehart (2004) descreveu o equacionamento físico/matemático da detecção de hidrometeoros, por eletromagnetismo irradiado.

Assim, a relação entre intensidade de chuva (R) e refletividade por radar (Z) é expressa pela equação denominada ZR, dada por:

$$Z = aR^b \quad (1)$$

Em que:

a e b: constantes empíricas ajustadas às características da precipitação observada;

R : intensidade de chuva (mmh^{-1});

Z: refletividade do radar (mm^6m^{-3})

A relação Z-R provavelmente mais utilizada é aquela referida como fórmula de Marshall-Palmer (1948) dada como:

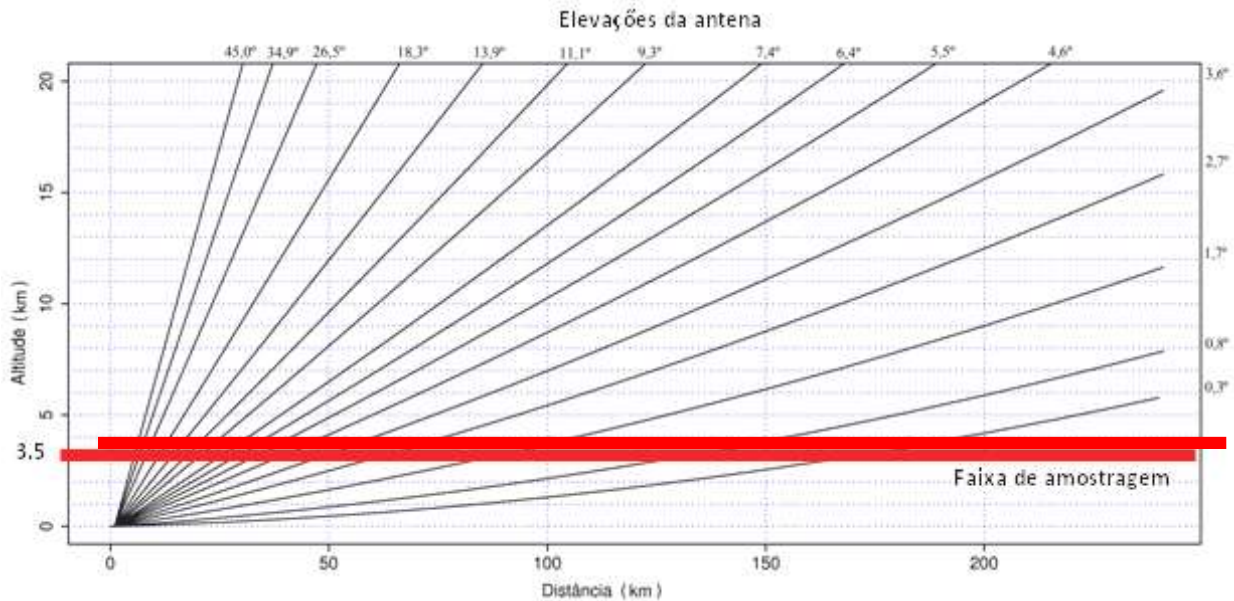
$$Z = 200R^{1.6} \quad (2)$$

Dos principais produtos gerados pelo radar, os mais utilizados são o CAPPI, PPI e a Chuva Acumulada. Para entender tais produtos, que são as diferentes visualizações dos dados de radar, define-se:

- a) CAPPI – Constant Altitude Plan Position Indicator: A antena do radar é programada para dar uma volta completa (360°) e mudar a sua angulação em relação ao horizonte. Com isso, consegue-se “varrer” a atmosfera, do solo até o topo das nuvens. De cada elevação é extraído um anel de informações cuja altura média corresponde a um valor preestabelecido, neste caso, 3,5 km de altura. Agrupando-se sequencialmente os anéis de todas as varreduras, ter-se-á um mapa de 240 km de raio com o centro o radar, com altitude média e amostragem constante. Esta varredura é feita em intervalos de 7,5 minutos, se

houver chuva no raio de 240 km. Entende-se por varredura “quantitativa” do radar, porque mostra o quanto está chovendo naquela área de cobertura. A Figura 22 representa a altura do feixe do radar meteorológico de Bauru em função da distância (VAISALA, 2014).

Figura 22 – Esquema de Construção de um CAPPI.



Fonte: BASSAN, 2014. Adaptado pela autora.

b) PPI – Plan Position Indicator: Corresponde a uma varredura (giro completo da antena do radar – 360°) com elevação da antena do radar em 0° (zero grau). Seu alcance é limitado em 450 km de raio, a partir do radar, devido ao erro causado pela curvatura da superfície terrestre. Como a propagação do pulso de microonda emitida pelo radar, para detecção de área de precipitação, é aproximadamente retilínea, à medida que esse pulso se distancia de sua origem (antena do radar) sua altura em relação à superfície da terra aumenta, chegando a atingir 12 km de altura a uma distância de 450 km (Figura 23). Entende-se por varredura “qualitativa” do radar, porque demonstra aonde está chovendo. Dessa forma, distâncias acima de 450 km de observação estarão prejudicadas, pois o pulso de microonda estará muito acima das áreas de precipitação, Figura 23 (VAISALA, 2014).

Figura 23 – Caminho do feixe em zero graus do PPI.

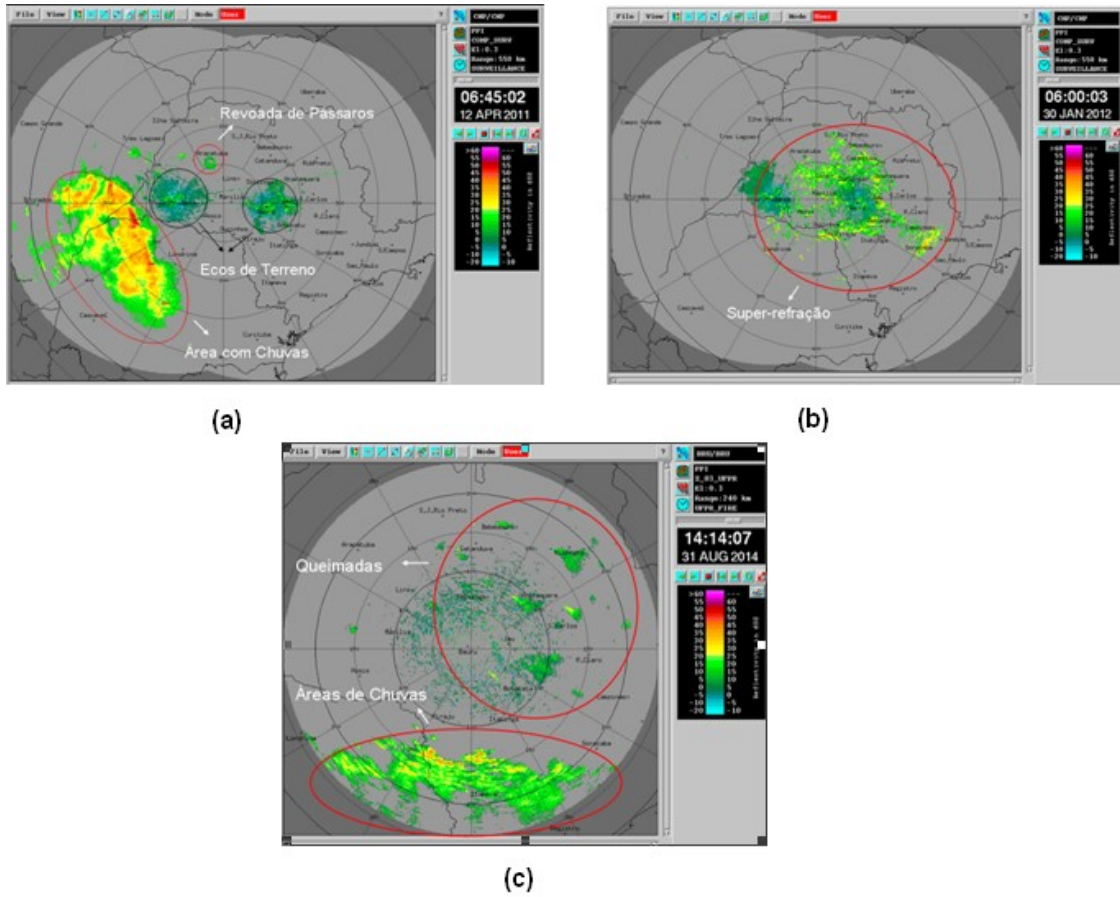


Fonte: www.ipmet.unesp.br

- b) Chuva Acumulada: Esta é calculada através do CAPPI, isto é, cada ponto da imagem do CAPPI corresponde à intensidade de precipitação naquele instante, portanto, se a varredura é feita em intervalos de 7,5 minutos, considera-se constante o valor desta intensidade em cada ponto da imagem, o que somado dará o total de chuva ocorrido (mm/h) em 7,5 minutos, que conseqüentemente adicionado com outras imagens, dará o total de chuva acumulada em um determinado espaço de tempo (VAISALA, 2014).

Os usuários das imagens de radar devem estar cientes de que o radar pode algumas vezes detectar alvos não-meteorológicos, tais como aviões, revoadas de pássaros ou insetos, áreas de queimadas com fumaças e cinzas, e até mesmo superfície da terra (ecos de terreno) e oceano quando a condição atmosférica, com significativo gradiente de temperatura e/ou umidade, força o feixe do radar a desviar-se para a superfície, como no caso da inversão térmica (super-refração) ou próximo ao oceano (Figura 24).

Figura 24 – Imagens de radar que não representam chuva. (a) Ecos de Terreno, Revoadas de Pássaros, (b) Super-refração, (c) Queimadas.



Fonte: Banco de Imagens do IPMet. Elaborado pela autora.

6 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Serão enfocadas as características físicas de Coimbra – PT e Campinas (SP) – Brasil, a partir dos impactos causados pelas ocorrências de movimentos de massa registrados nos bancos de dados, elaborado pela autora.

No estudo em questão, a existência de uma série histórica de precipitação é de extrema importância em conjunto com o elemento essencial que seriam os eventos de movimentos de massa.

6.1 Coimbra

Coimbra é a maior cidade da região central de Portugal, situada na sub-região do Baixo Mondego, é sede de município com 319,41 km² de área e aproximadamente 143.052 habitantes (2011), subdividido em 31 freguesias. Situada num espaço de transição entre o Norte e o Sul e entre o litoral e o interior de Portugal, servida por um eixo fundamental que é o maior rio nacional. Banhada pelo rio Mondego, o município é limitado a norte pelo município de Mealhada, a leste por Penacova, Vila Nova de Poiares e Miranda do Corvo, a sul por Condeixa-a-Nova e a oeste por Montemor-o-Velho e a noroeste por Cantanhede (Figuras 25 e 26).

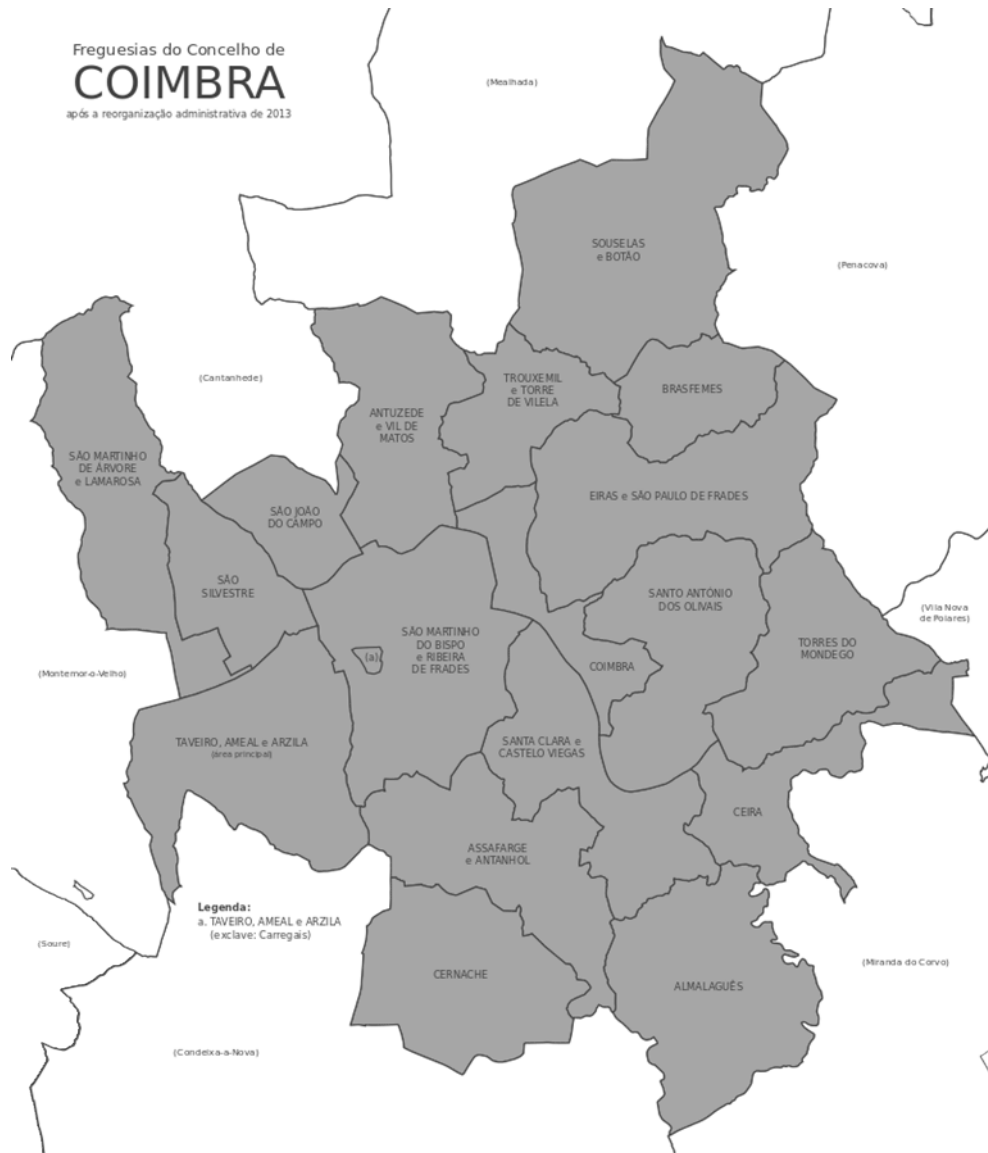
Figura 25 – Localização de Coimbra em Portugal.



Fonte: <https://qualodestino.files.wordpress.com/2010/08/coimbra.jpg>

Segundo Cunha e Dimuccio (2002), a posição geográfica de Coimbra favorece a existência de tipos de solos diversificados, uma morfologia contrastada, com declives acentuados, associados ao confronto entre as baixas terras litorâneas com as serras e planaltos. Essa posição geográfica influencia na ocorrência de chuvas quando os ventos sopram de Oeste e Noroeste.

Figura 26 - Freguesias do Concelho de Coimbra.



Fonte: CAOP, 2013.

6.1.1 Características Climáticas de Coimbra.

Apresenta um clima mediterrâneo, no inverno as temperaturas variam entre 5°C e 15°C nos meses mais frios, podendo beirar os 0°C em vagas de frio, e no verão as temperaturas oscilam entre 16 e 29°C, podendo chegar aos 40°C.

Entre os elementos climáticos, a precipitação é de maior importância para a região de Coimbra e por toda Península Ibérica devido a sua grande variabilidade sazonal e interanual e à frequente falta de recursos hídricos nesta região.

Devido ao efeito orográfico, às maiores altitudes correspondem geralmente os maiores quantitativos de precipitação. Com base na Carta de Precipitação (média anual 1931-1960), constata-se que os maiores valores foram registrados na Serra do Caramulo e Cordilheira Central, com destaque para a Serra da Estrela, que apresentou o valor mais elevado de precipitação média anual (3000 mm), seguido da Serra do Caramulo (2500 mm) e as Serras Lousã e do Açor (ambas com 2000 mm) (LOURO, 2004).

Louro (2004) destacou também que a disposição geográfica também interfere nos quantitativos de precipitação que nela se registram, devido à abertura às massas de ar úmidas com trajetórias oceano-continente.

As análises da precipitação em Coimbra serão apresentadas em discussões posteriores, no capítulo Análises e Resultados.

6.1.2 Características Geomorfológicas, Geológicas e Hidrológicas de Coimbra.

As características geomorfológicas e geológicas assumem papel importante no grau de permeabilidade das rochas e nas ocorrências de movimentos de massa, assim como a importância dos estudos climatológicos do local, onde as chuvas são as principais deflagradoras dos eventos (TAVARES, 2004).

À Ocidente de Coimbra, estende-se uma planície costeira, atravessada, a sul, pelo curso inferior do rio Mondego, e à Oriente, encontra-se a serra. Esta área prolonga a planície costeira do distrito de Aveiro e tem a maior altitude, 252 m na Serra da Boa Viagem, perto do Cabo Mondego, junto à Figueira da Foz. À noroeste desta área, o relevo ainda não é muito pronunciado, com a Serra do Buçaco a atingir apenas 549 m de altitude. À sudeste, domina a cordilheira central, com a Serra da Lousã com 1.205 m de altitude, e a Serra do Açor com 1.418 m. O distrito termina em plena vertente ocidental da serra da Estrela, a pouco mais de 10 km das maiores altitudes do território continental português (RIBEIRO; GAMITO, 2012).

O rio Mondego domina a hidrografia, correndo de nordeste para sudoeste no curso superior e de leste para oeste no curso inferior, onde está rodeado de terrenos alagadiços. Coimbra está integrada na sua bacia hidrográfica. O Rio Pranto vem do distrito de Leiria e desagua no rio Mondego próximo da sua foz. O rio Alva atravessa a zona oriental do distrito, de leste para oeste, o mesmo fazendo o rio Ceira, um pouco mais a sul. O rio Dueça também conhecido por rio Corvo, por sua vez, corre de sul para norte, indo desaguar no Rio Ceira muito perto de Coimbra, e o mesmo fazem o rio Soure, mais conhecido por Rio Arunca a ocidente, e o rio Pranto, também conhecido por ribeira de Carnide ainda mais a oeste. Todos estes rios são afluentes da margem esquerda do Mondego, que quase não tem afluentes na margem direita, no distrito de Coimbra. As exceções são um pequeno rio que nasce no Buçaco, o Botão e o rio Foja. No sueste do distrito, a ribeira da Pampilhosa é afluente da margem direita do rio Zêzere, e o seu vale, portanto, pertence à bacia do Tejo. O próprio Zêzere serve de limite com o distrito de Castelo Branco.

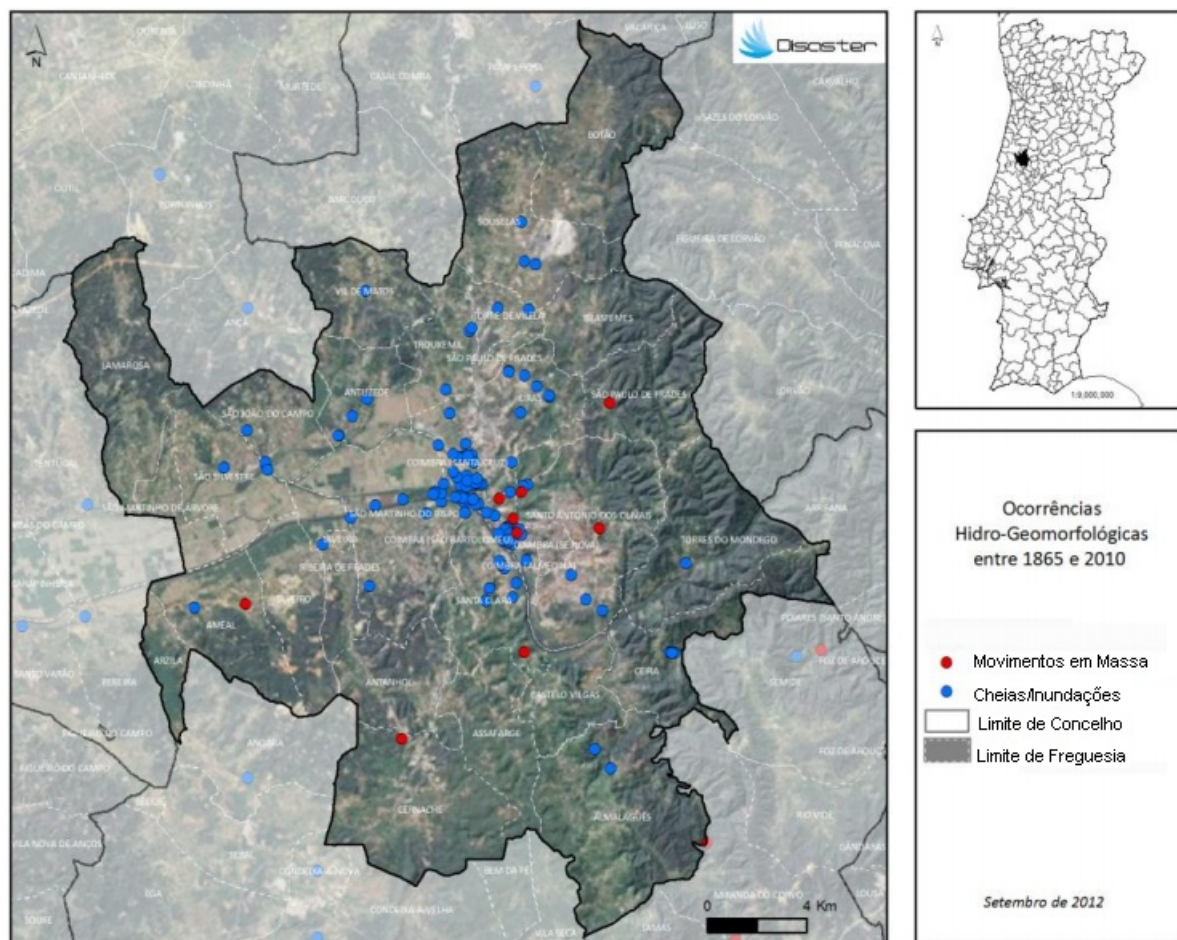
As características geológicas do território encontram-se no confronto dos metamorfitos precâmbrios do Maciço Hespérico e as unidades gresosas e calcárias da Orla Meso – cenozoica Ocidental. Enquanto que o Maciço Hespérico é o domínio de “rochas duras”, onde a ocorrência e circulação de água se encontra relacionada com as fraturas, superfícies de diaclasamento ou de xistosidade, quando a rocha se apresenta sã, a Orla Meso-cenozóica é um domínio com grande espessura de sedimentos, de geomorfologia suave com colinas calcárias e vales amplos, pouco profundos e com aluviamento significativo. É de assinalar na Orla Meso-cenozóica a abundância de carbonatos, os arenitos e os argilitos e, na cobertura quaternária ou plio-quaternária, os materiais arenosos desagregados que propiciam uma fácil infiltração de água das chuvas (Almeida *et al*, 1999, *apud* Freiria, 2009).

6.1.3 Características Geotécnicas de Coimbra.

Trata-se de uma região com característica geotécnica favorável a episódios de instabilidades de vertentes. Segundo Tavares (1999), as características geomecânicas favoráveis, com comportamento razoável em fundação e escavação, exceção feita aos termos granulométricos mais finos. Localmente são observados movimentos de instabilidade sob a forma de deslizamentos, desprendimentos ou fluxos, nomeadamente associados à fraturação do solo.

Segundo registros do *Disaster*, foram contabilizados no período de 1865 a 2010, 9 ocorrências de movimentos de massa em vertentes em Coimbra, com 144 evacuados e 23 desalojados, conforme mostra a Figura 27. O Conselho totaliza 3,2% do conjunto de movimentos de massa em vertentes com efeitos danosos registrados em Portugal Continental, ocupando o 4º. Lugar do ranking Nacional.

Figura 27 – Localização das ocorrências DISASTER de cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes 1865 a 2010



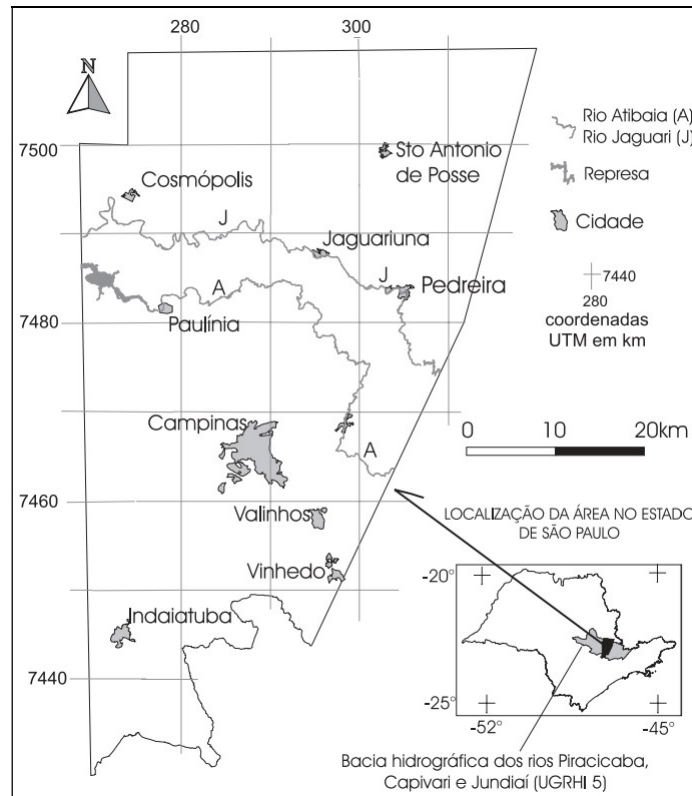
Fonte: DISASTER, 2012.

6.2 Campinas

O município de Campinas localiza-se a leste do estado de São Paulo, entre as longitudes 47°15'W e 46°45'W, latitudes 22°13'S e 23°05'S e altitude média de 680m. O município está situado a cerca de 100 km da capital do estado e inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-5) do Piracicaba, Capivari e Jundiaí, conforme mostra a Figura 28. Ocupa cerca de 795 km², sendo que 239 estão no perímetro urbano e 557 constituem a zona rural. A população em 2013 foi estimada em 1.144.862, é o terceiro município mais populoso do estado de São Paulo e representa 1,8% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro.

Destaca-se pelo setor industrial diversificado, com produção de artigos pesados como os mecânicos, passando pelo têxtil, químico, até a alta tecnologia dos ramos de informática e telecomunicações. Possui indústrias de pequeno, médio e grande porte como as multinacionais. O setor de serviços possui abrangência estadual e nacional com uma moderna infraestrutura de transportes com grande volume de cargas, entroncamento de importantes rodovias, aeroporto internacional (Viracopos), renomada Universidade de Campinas (UNICAMP) e empreendimentos de grande porte voltados para o comércio. Dessa forma, o município e região tornaram-se um pólo de atração populacional, e em consequência, a estrutura urbana foi se ampliando para acomodar esse contingente, nem sempre em consonância com as especificidades físicas da área, ocupando áreas de risco, deixando a população vulnerável aos danos (VICENTE, 2005).

Figura 28 – Localização do município de Campinas no estado de São Paulo - UGRHI-5.



Fonte: FERNANDES E MELLO, 2004.

Vicente (2005) citou que os impactos relacionados aos fenômenos pluviais na Região Metropolitana de Campinas (RMC), em sua maioria são alagamentos e acontecem principalmente na primavera e verão, no período de precipitações intensas. Também verificam-se ocorrências de movimentos de massa na região, conforme pesquisa realizada no Banco de Dados disponível na página do IPMet (PELLEGRINA, 2011). A erosão e o assoreamento de cursos d'água também fazem parte dos processos do meio físico na região de Campinas (IDE, 2005)

6.2.1 Características Climáticas de Campinas

A região de Campinas tem um clima subtropical úmido, com características de verão quente e chuvoso e inverno seco. O volume total anual de precipitação varia de 1.200 a 1.400 mm, com médias maiores a nordeste e menores a sudoeste do município, segundo análises das

isoietas da distribuição das médias anuais, elaborada por DAEE (2000), com base na interpolação de dados das estações meteorológicas (IDE, 2005).

A estação seca inicia-se em abril e vai até setembro, enquanto a estação chuvosa vai de outubro a março. O período chuvoso, é caracterizado por precipitações predominantemente convectivas, em forma de pancadas no final da tarde e noite (IDE, 2005)

O estado de São Paulo, do qual faz parte o município de Campinas é afetado por vários sistemas meteorológicos, tais como sistemas frontais (MONTEIRO, 1973), complexos convectivos de mesoescala (SILVA DIAS, 1987), linhas de instabilidades (SILVA DIAS, 1987), com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade do sistema, que são responsáveis por intensa precipitação na região .

A precipitação na região é também produzida pela interação entre sistemas tropicais e sistemas de latitudes médias, como por exemplo, as frentes frias. Essa interação manifesta-se como ZCAS, durante os meses de verão, uma das principais características climatológicas da América do Sul. A ZCAS configura-se como uma banda de muita nebulosidade orientada na direção Noroeste-Sudeste sobre a América do Sul desde a região da Amazônia até a região Sudeste do Brasil e oceano adjacente (KOUSKY, 1988).

Tavares (1974) citou que devido à sua localização, a precipitação em Campinas sofre influência geomorfológica da Depressão Periférica Paulista, por situar-se na extremidade ocidental do Planalto Atlântico, abriga as passagens frontais impulsionadas por anticiclones migratórios polares com trajetórias nitidamente marítimas. Em escala local, o autor ainda chamou a atenção para as alterações do clima, influenciadas por ações antrópicas para o crescimento da cidade, como a expansão da área industrial, impermeabilização e verticalização da cidade, com isso nota-se a influência da ilha de calor na distribuição das precipitações, fator que contribui para ocorrência de chuvas convectivas, como também pode acentuar as chuvas provenientes de instabilidades frontais (TAVARES, 1974).

As análises detalhadas da precipitação em Campinas serão apresentadas posteriormente nos resultados deste trabalho.

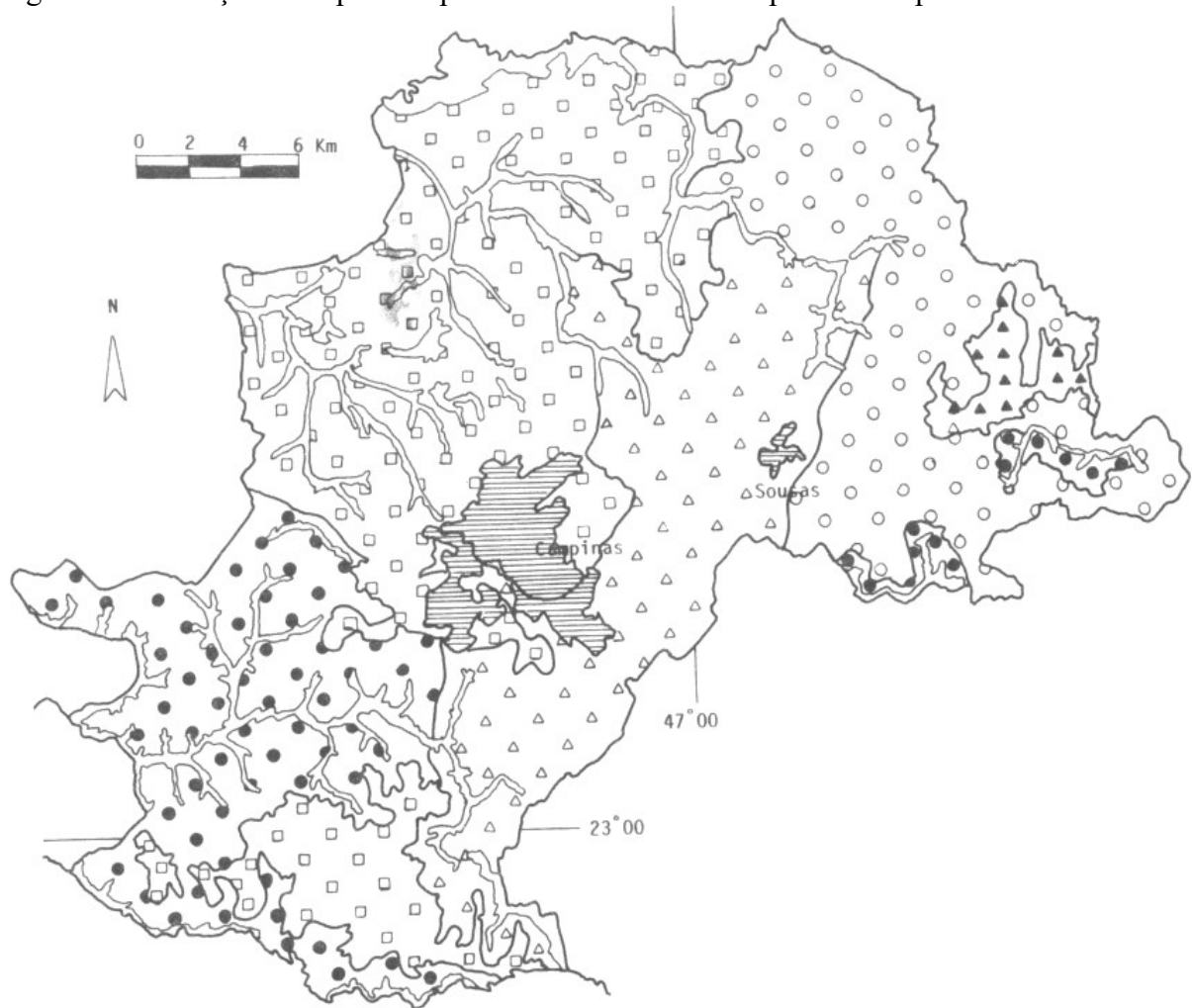
6.2.2 Características Geomorfológicas, Geológicas e Hidrológicas de Campinas

O conhecimento das características geomorfológicas, geológicas e hidrológicas fornece elementos para análise dos impactos relacionados aos eventos de altos volumes pluviométricos.

Yoshinaga *et al* (1995) descrevem que o município de Campinas subdivide-se em dois grandes compartimentos geomorfológicos: o Planalto Atlântico, a leste e a Depressão Periférica, a oeste, sendo notada ainda uma área de transição entre eles. A disposição do relevo vincula-se à ocorrência de rochas gnáissicas do Complexo Itapira, graníticas das suítes Jaguariúna e Morungaba e miloníticas, a leste; e de arenitos, ritmitos e lamitos do Subgrupo Itararé, junto com diabásios da Formação Serra Geral, a oeste. As principais estruturas geológicas servem muitas vezes, de limites para as unidades geomorfológicas. Dentro do domínio do primeiro compartimento, situam-se dois tipos de terrenos: os Amorreados de inclinação moderada a forte e os Amorreados ondulados a inclinados, conforme mostra a Figura 26 (YOSHINAGA *et al*, 1995).

Nestes tipos de terrenos, apresentados na Figura 29, o solo é podzólico vermelho-amarelo, com textura grossa e de cascalhos nos horizontes superiores. Apresentam alta susceptibilidade à erosão devido ao tipo de solo e às altas declividades (12 a 30% nos Amorreados de inclinação moderada a forte e 9 a 21% no Amorreados ondulados a inclinados). Nestas duas unidades e, de um modo geral no Planalto Atlântico, a ação catalisadora dos processos morfodinâmicos é decorrente de uma ocupação histórica, que promoveu o desmatamento e a remoção da cobertura superficial do solo, favorecendo a aceleração dos processos erosivos, naturais, em áreas de dissecação natural do relevo (YOSHINAGA *et al*, 1995).

Figura 29 – Esboço do Mapa de Tipos de Terreno do Município de Campinas.



LEGENDA

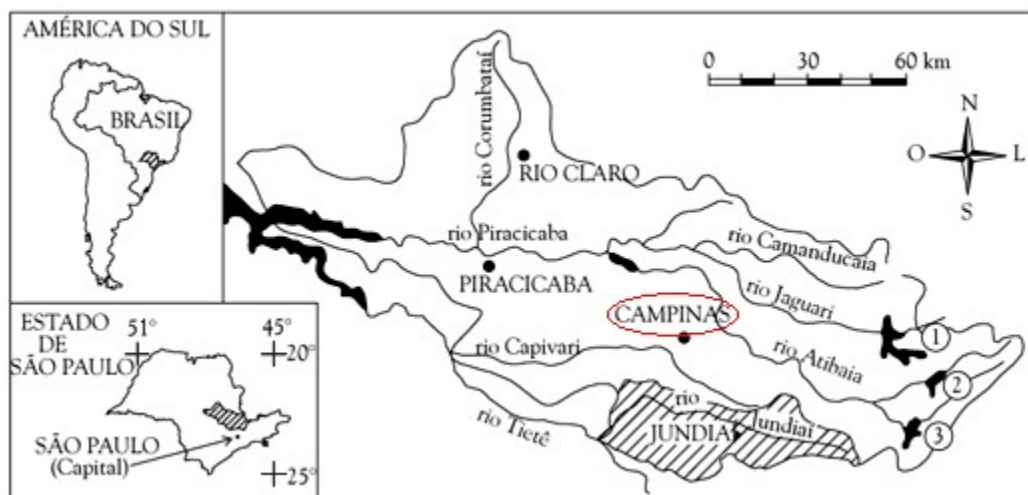
TIPOS DE TERRENO		OCUPAÇÃO		
		URBANA	INDUSTRIAL	AGROPECUÁRIA
□	Colinosos suavemente ondulados	FAVORÁVEL		FAVORÁVEL
●	Colinosos ondulados	FAVORÁVEL		FAVORÁVEL
6	Colinosos ondulados e inclinados	APROPRIADO		FAVORÁVEL
4	Amorreados ondulados e inclinados	APROPRIADO		FAVORÁVEL
B	Amorreados de inclinação moderada a forte	APROPRIADO	IMPRÓPRIO	APROPRIADO
	Planícies aluviais	IMPRÓPRIO		RESTRITO

Fonte: IG, 1993. Apud YOSHINAGA *et al* (1995).

As características hidrológicas apresentadas por Vicente (2005) para a RMC descreveu a área drenada pelas bacia do Piracicaba, Capivari e Jundiá. Pertence à Unidade de

Gerenciamento de Recursos Hídricos 05 (UGRH-5) (Figura 30), os principais cursos d'água da região são os rios Piracicaba, Jaguari, Atibaia, Camanducaia, Capivari e ribeirões Quilombo, Anhumas e Piçarrão. Um traço característico da região é a urbanização indiscriminada das bacias hidrográficas (NEVES *et al*, 2007). A bacia do Córrego Piçarrão, por exemplo, possuía 80% de sua área urbanizada no início da década de 90; e a do Ribeirão Anhumas, 70%. Conseqüentemente, a capacidade de infiltração do solo diminui o que somado ao assoreamento das margens, resulta em aumento das enchentes (VICENTINI, 1993 apud VICENTE, 2005).

Figura 30 - Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH-5) no estado de São Paulo



Legenda: Os números indicam as represas do Sistema Cantareira: 1= Jaguari e Jacaré, 2=Cachoeira e 3=Atibaia)

Fonte: NEVES *et al*, 2007.

6.2.3 Características Geotécnicas de Campinas

As análises geotécnicas consistem em apontar as áreas suscetíveis à erosão, movimentos gravitacionais de massa, inundações, adensamento de terreno, levando em consideração as características do meio físico e os problemas relevantes do uso do solo.

As características marcantes na carta geotécnica para a região de Campinas (IPT, 1994) são:

- a) Alta suscetibilidade à erosão por sulcas, ravinas e boçorocas a oeste do município;
- b) Alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzidas por movimentos de terra na parte sul, central e norte de Campinas;
- c) Média suscetibilidade à escorregamentos, exclusivamente induzidos (rochas cristalinas do embasamento) na parte leste e nordeste, e no extremo leste uma pequena faixa de alta suscetibilidade à escorregamentos naturais e induzidos (rochas cristalinas do embasamento);

Há pontos no extremo norte de baixas suscetibilidades aos diversos processos do meio físico analisados. A área de maior ocupação populacional está na região de muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas e a leste sob a influência de alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

Os processos erosivos e de movimentos de massa na região podem resultar dos fatores condicionantes naturais dos terrenos ou estarem associados a fatores antrópicos, com forte contribuição do condicionante climático, responsável pelas chuvas intensas no verão, sendo mais notáveis quando atingem os solos residuais e solos saprolíticos resultantes da alteração das rochas cristalinas, que geralmente apresentam baixa coesão por serem de natureza silto-arenosa (CPRM, 2009).

7 ANÁLISES E RESULTADOS

7.1 Ocorrências de Movimentos de massa em Coimbra

As ocorrências encontradas nas pesquisas realizadas no jornal, Diário de Coimbra, estão descritas no Apêndice A (Quadros 1 a 14) e foram espacializadas em um ambiente SIG - Sistema de Informação Geográfica (CÂMARA; MONTEIRO, 2004) do ArcGis conforme demonstrado nas Figuras 31 a 33.

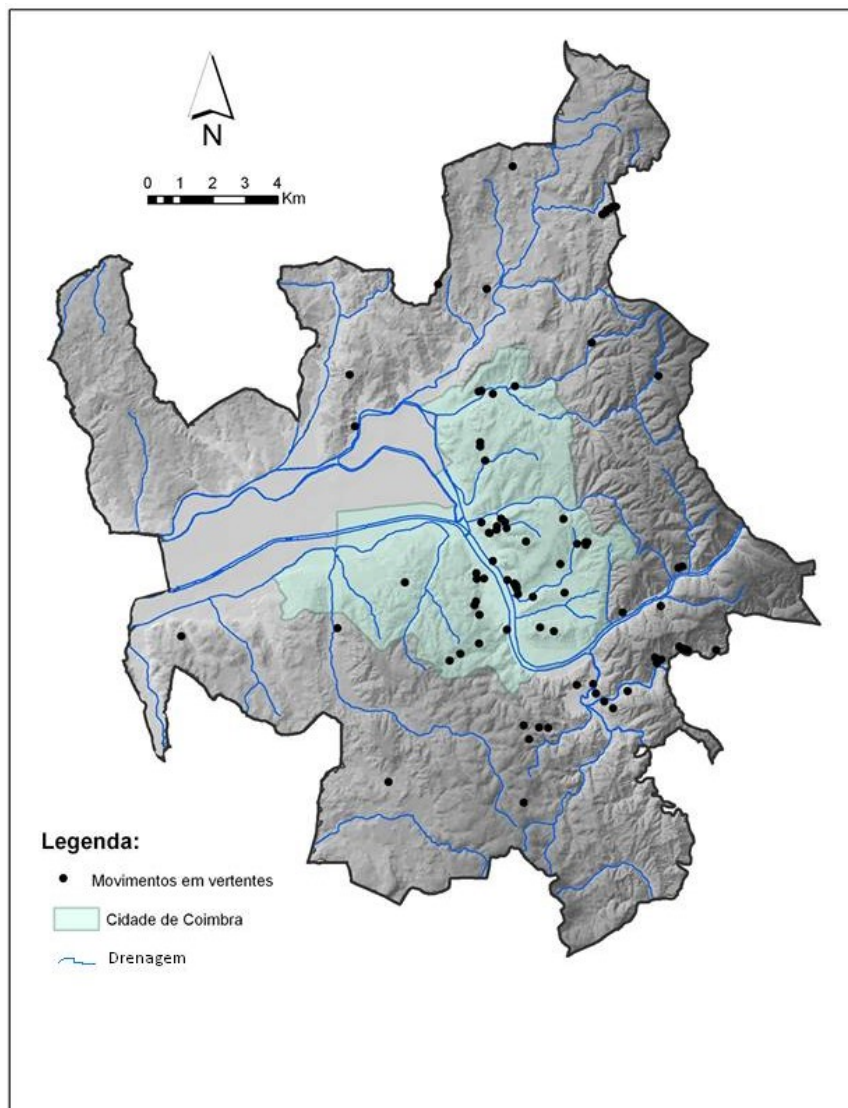
Foram levantados 138 movimentos em massa nos jornais de Coimbra, entre o período de Janeiro de 2000 a Março de 2013. Em algumas datas, foram encontradas várias ocorrências. Dos movimentos reportados pelos jornais (apresentados no Apêndice A), pela sua dimensão, prejuízos diretos ou indiretos (cortes de estradas, por exemplo), alguns se situavam fora do município de Coimbra (25), que não foram cartografados e não incluídos nas Figuras 31 a 33. Dos movimentos que se situavam dentro do município, 23 casos não foram localizados pela referência notificada pelo jornal. Assim, sobraram 87 movimentos em massa registrados em ArcGis conforme é demonstrado na Figura 31. A Figura 32 mostra que dentre os movimentos notificados, foram registrados: 1 abatimento (deformação do pavimento de uma estrada, DNER, 1997), 22 desabamentos (quedas de pedras e blocos) e 64 deslizamentos de terra e fluxos.

A maior parte dos movimentos registra-se na metade oriental do município, que apresenta a região mais montanhosa, com declives mais acentuados. Para além das vertentes dos vales dos rios Ceira e Mondego, a ocidente, a maioria dos movimentos de massa acompanha obras antrópicas responsáveis pela instabilização de vertentes, sobretudo na construção das estradas. A geologia local, contribui para a preferência da ocorrência dos movimentos em xistos e depósitos superficiais quaternários.

Vale destacar o inverno de 2000/2001, por ter apresentado o maior número de ocorrências de movimentos de massa de todo o período estudado (janeiro 2000 a março de 2013). A Figura 33 mostra que 42 dos movimentos (48%) dizem respeito ao Inverno de 2000/2001, o Inverno mais pluvioso dos últimos anos, com registro de inundações e muitos prejuízos em Coimbra. Os meses de novembro e dezembro de 2000, estiveram muito acima das normais climatológicas, 181% e 253% respectivamente, resultando em ocorrências nesses

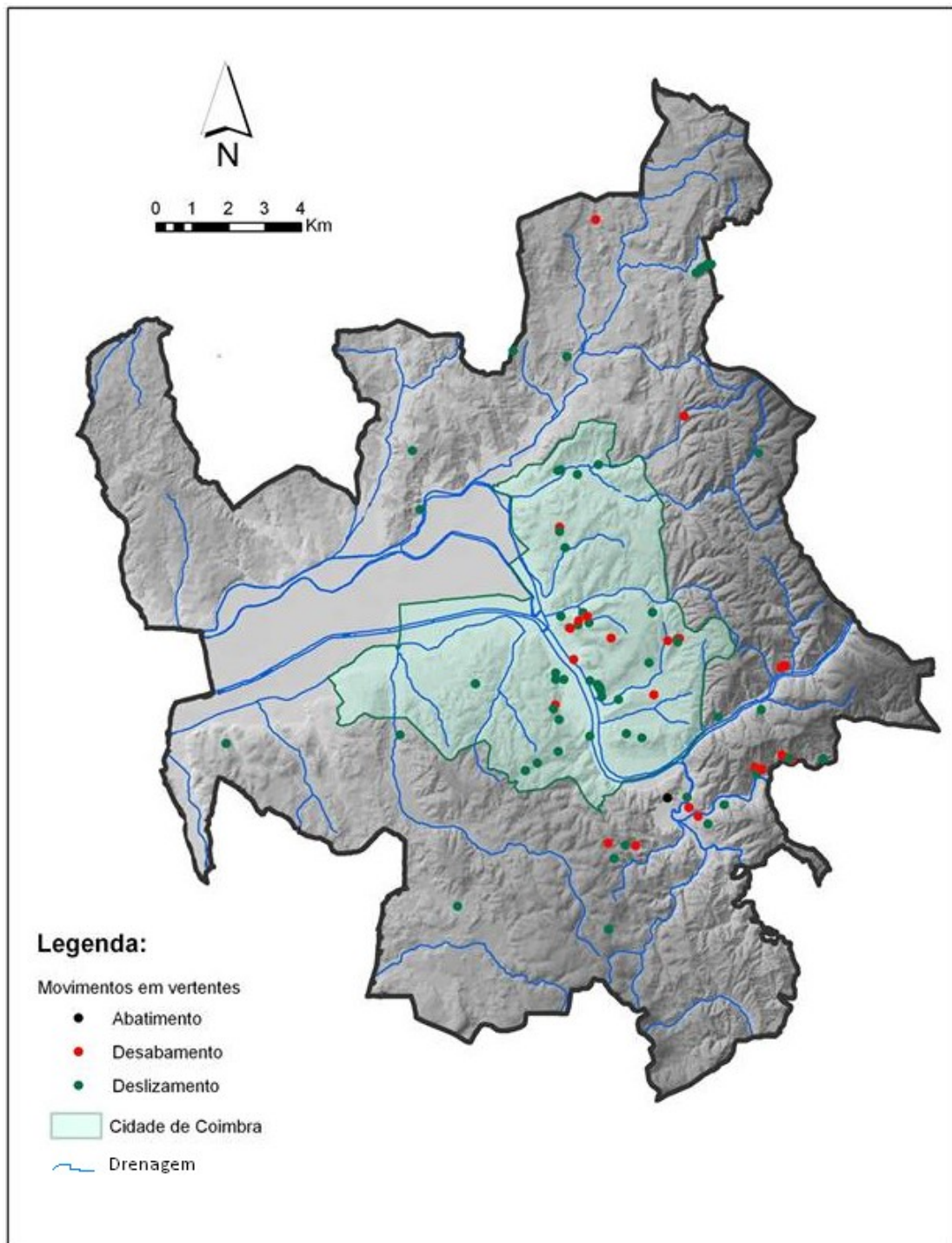
meses, dentre eles quedas de barreiras, desabamentos, deslizamentos com danos em estradas, residências, automóveis e 40 pessoas desalojadas. A maioria das notificações foi registrada no mês de janeiro, e vale destacar que esse aumento nos registros esteve relacionado ao aumento significativo dos volumes de precipitação, aproximadamente 248% acima dos valores normais de precipitação para o mês. O solo manteve-se muito saturado devido às fortes e constantes chuvas nos meses anteriores (novembro e dezembro), o que pode ter deflagrado as inúmeras ocorrências destacadas.

Figura 31 – Movimentos em vertentes em Coimbra no período entre Janeiro de 2000 a Março de 2013.



Fonte: Apêndice A. Organizado pela autora e elaborado por Lúcio Cunha.

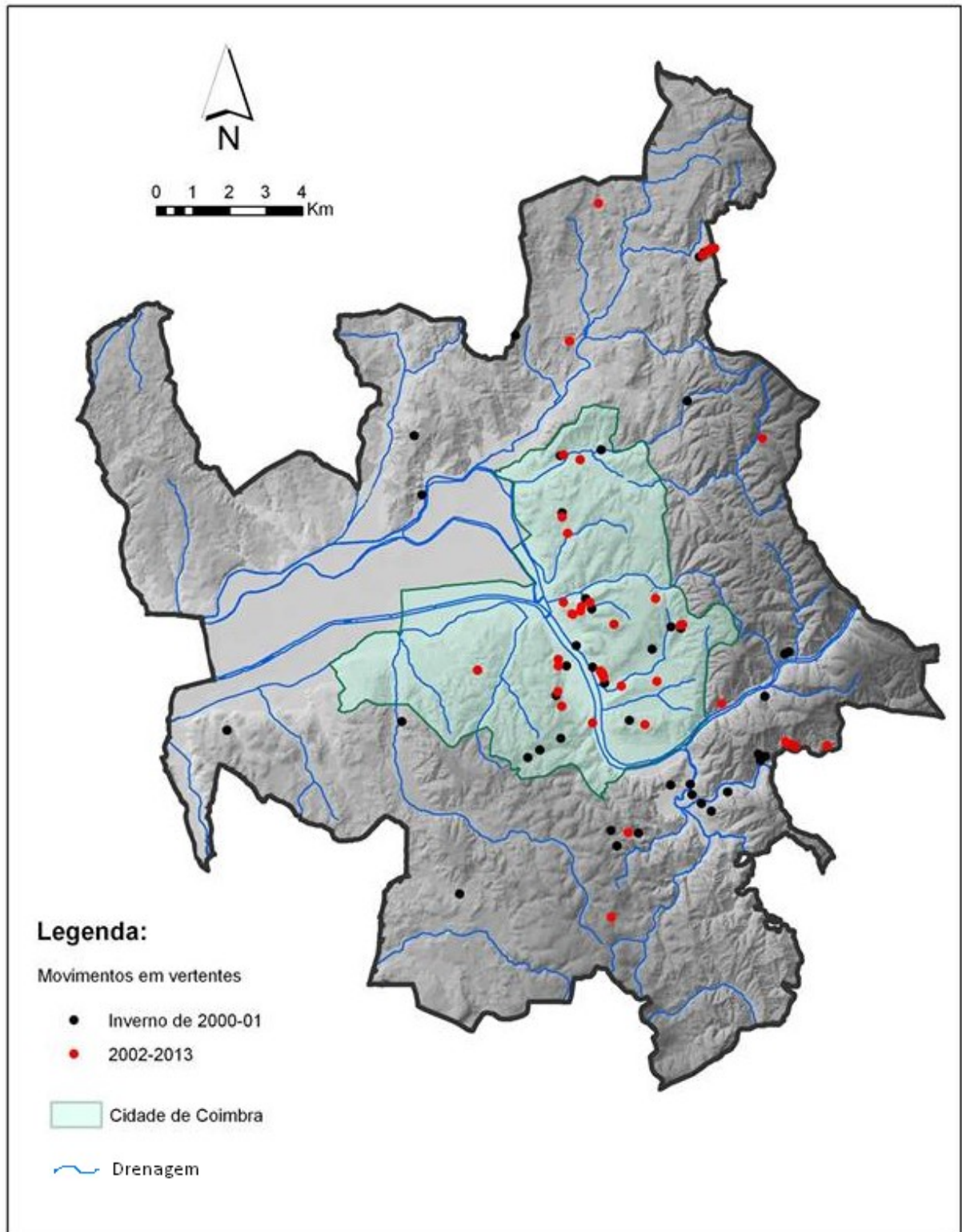
Figura 32 – Diferentes tipos de movimentos em massa no período de janeiro de 2000 a março de 2013 em Coimbra.



Legenda: Abatimento (preto), Desabamento (vermelho), Deslizamento (verde).

Fonte: Apêndice A. Organizado pela autora e elaborado por Lúcio Cunha.

Figura 33 – Movimentos em vertentes em Coimbra no período de 2000 a 2013.



Legenda: Inverno de 2000/2001 (preto) e os demais (vermelho) no período de 2002 a 2013.

Fonte: Apêndice A. Organizado pela autora e elaborado por Lúcio Cunha.

Para estudar os valores de precipitação na deflagração dos movimentos de massa, foi importante considerar tanto a precipitação média mensal, quanto a sua distribuição temporal ao longo de um período que antecederam as ocorrências de movimentos de massa.

Assim, verificou-se os volumes pluviométricos ocorridos no dia, a soma dos três dias que antecederam o evento, e também no quinto, décimo e décimo quinto dia anteriores aos eventos. A verificação desses volumes mostram os acumulados ao longo do período que antecederam o evento, para assim estabelecer os valores para a saturação do solo e a deflagração dos movimentos de massa. Foram analisados também os totais mensais do mês da ocorrência e do mês anterior, para comparação com os totais mensais históricos (normais climatológicas). As tabelas a seguir demonstram esses volumes de precipitação para o período de 2000 a março de 2013 (Tabelas 4 a 17).

Tabela 4 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2000 em Coimbra.

DATA da ocorrência	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
04-04-2000	34,9	42,5	51,5	56,1	117,7	59,1	198,8
24-11-2000	2	24,5	28,2	42,1	71,1	124,8	214,1
01-12-2000	28	9,6	20,1	73,1	78,7	214,1	319,6
02-12-2000	33	37,6	45,4	98,9	105,7	214,1	319,6
03-12-2000	0,3	61	70,6	129,1	137,8	214,1	319,6
05-12-2000	13,5	38,6	66,6	113,2	143,4	214,1	319,6
10-12-2000	5,6	52,7	96,5	163,1	209,7	214,1	319,6
26-12-2000	10,4	26,1	40,2	55,1	85,5	214,1	319,6
27-12-2000	22,4	29,2	47,9	65,1	94,8	214,1	319,6
29-12-2000	11,3	46,8	65,6	101,2	122,9	214,1	319,6

Fonte: Estação meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

A Tabela 4 mostra altos volumes de precipitação acumulada nos dias 4 de abril, 1, 2, e 27 de dezembro; dias em que ocorreram os eventos de movimentos de massa. No dia 4 de abril, choveu o equivalente a 45% do total esperado para o mês, de acordo com a média

climatológica para abril que é 87,4 mm. Nas ocorrências dos dias 1, 2 e 27 de dezembro, choveu em cada dia mais de 30% esperado para todo o mês de dezembro comparado com as normais climatológicas de dezembro que é 126,2. Esses altos volumes de precipitação associados ao total de precipitação mensal acima das médias climatológicas, foram os responsáveis pelas deflagrações dos movimentos de massa.

É possível notar ainda na Tabela 4, que os eventos ocorridos nos dias 24 de novembro, 3, 5, 10 e 29 de dezembro, apresentaram baixos volumes de precipitação no dia da ocorrência, mas nos três dias que antecederam apresentaram altos valores, assim como nos cinco e dez dias anteriores, o que demonstra que os meses de novembro e dezembro, apresentaram altos acumulados de precipitação diária durante o período, caracterizando-os muito acima das médias históricas, saturando o solo e deflagrando os diversos eventos de movimentos de massa.

Tabela 5 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2001 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
02-01-2001	20,8	19,6	44,9	103,8	132,8	319,6	375,3
04-01-2001	24,3	35,9	43,2	116,9	155,7	319,6	375,3
05-01-2001	18,1	47,9	60,3	125,6	165,8	319,6	375,3
06-01-2001	46,2	45,2	78,3	133,3	181,2	319,6	375,3
09-01-2001	1,2	54,9	97,3	140,5	214,2	319,6	375,3
24-01-2001	39,3	16,2	21,2	36,7	73,6	319,6	375,3
25-01-2001	22,3	55,5	55,5	76,0	111,7	319,6	375,3
26-01-2001	19,1	61,6	78,8	98,3	114,1	319,6	375,3
28-01-2001	25,3	100,7	156,2	168,9	176,7	319,6	375,3
06-02-2001	29,5	8,6	8,6	96,4	193,3	375,3	122,7
07-02-2001	36,1	38,1	38,1	66,6	228,8	375,3	122,7
02-03-2001	25,8	18,3	18,3	20,4	20,4	122,7	228,2
04-03-2001	29,4	33,8	50,1	52,2	52,2	122,7	228,2
05-03-2001	5,9	61,2	72,4	81,6	81,6	122,7	228,2
06-03-2001	4,7	41,3	69,1	87,5	87,5	122,7	228,2

10-03-2001	26,4	29,2	39,8	112,2	121,4	122,7	228,2
23-03-2001	0	19,6	23,3	46,1	100,8	122,7	228,2
10-05-2001	13,4	4	4	19,2	32,2	39,5	71,5

Fonte: Estação meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

A Tabela 5 demonstra o comportamento da precipitação nos dias dos eventos de movimentos de massa ocorridos em 2001. Nota-se que os primeiros três meses do ano mantiveram os totais de chuva acumulada acima das médias climatológicas que são: 107,9 mm para o mês de janeiro, 85,7 mm para o mês de fevereiro e 65,6 mm para março. Como esses altos valores persistiram desde novembro de 2000, os inúmeros eventos estiveram relacionados com esse aumento significativo da precipitação.

Tabela 6 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2002 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
23-01-2002	19,7	9,2	11,2	23,6	23,6	2,8	97,6
14-03-2002	21,5	25,2	25,2	29,6	67,7	53,3	108,2
16-09-2002	5,7	2,8	2,8	23,1	26,1	15,1	110,6
17-09-2002	19,6	8,5	8,5	28,8	31,8	15,1	110,6
22-10-2002	26,0	14,7	46,5	64,9	102,3	110,6	178,0
30-10-2002	19,5	0	0,7	45,7	92,6	110,6	178,0
19-11-2002	27,0	28,9	69,4	89,6	89,6	178,0	205,8
25-11-2002	10,8	40,7	57,4	138,8	174,0	178,0	205,8
10-12-2002	32,5	1,9	1,9	25,9	44,2	205,8	155,2
26-12-2002	2,2	15,0	15,0	30,2	54,6	205,8	155,2
27-12-2002	33,5	14,3	17,2	32,4	45,6	205,8	155,2

Fonte: Estação meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

A Tabela 6 mostra acumulados de precipitações diários no dia do evento a partir de 20 mm, com exceção aos dias 16 de setembro (5,7 mm), 25 de novembro (10,8) e 26 de

dezembro (2,2), nota-se que nestes três eventos, foi o acumulado de 10 dias anteriores ao movimento de massa que apresentou volumes maiores. Outro destaque é que o mês de janeiro de 2002, apresentou valor total mensal abaixo da média climatológica que é de 107,9 mm, e a precipitação acumulada no dia do movimento de massa foi próximo de 20 mm, já os demais meses do ano, possuíram valores do total mensal acima da média histórica.

Tabela 7 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2003 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
02-01-2003	8,8	18,8	29,0	79,7	90,1	155,2	281,2
03-01-2003	68,1	23,9	27,6	85,6	93,8	155,2	281,2
05-01-2003	0	79,9	96,5	144,6	159,6	155,2	281,2
07-01-2003	13,6	32,4	109,3	183,3	189,0	155,2	281,2
25-02-2003	25,0	7,1	31,2	59,5	60,2	281,2	121,1
27-02-2003	17,8	27,9	34,3	86,7	87,0	281,2	121,1
03-10-2003	18,0	73,6	73,6	73,6	80,2	141,1	230,9
19-10-2003	17,5	6,0	6,0	18,7	18,7	141,1	230,9
30-10-2003	2,3	26,0	38,8	53,4	76,9	141,1	230,9
15-11-2003	38,6	4,6	18,9	26,6	104,3	230,9	155,3
01-12-2003	33,8	8,7	25,8	50,0	64,6	155,3	101,7

Fonte: Estação meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

Os movimentos de massa que ocorreram em 2003 (Tabela 7) seguiram o mesmo padrão dos anos anteriores, com valores de acumulados diários no dia da ocorrência próximo a 20 mm, com destaque para os dias: 3 de janeiro, cujo valor foi próximo de 70 mm no dia do evento; o dia 05 de janeiro com valor zero de precipitação, mas quase 80 mm de chuva acumulada três dias antes do evento e o dia 30 de outubro com valor de 2,3 mm no dia da ocorrência e chuvas com altos volumes nos 15 dias que antecederam a ocorrência. Com exceção do mês de dezembro, cujo valor da normal climatológica para o mês é 126,2 mm, todos os demais meses apresentaram acumulados totais mensais de precipitação muito acima das normais climatológicas. Destacam-se os meses outubro e novembro, cujos valores das

normais climatológicas são: 116,8 mm e 118,1mm, respectivamente, e que estiveram muito acima da média histórica, quase 200% (outubro) e 132% (novembro).

Tabela 8 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2004 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
31-01-2004	33,2	7,9	44,1	49,6	53,1	101,7	104,7
17-08-2004	21,0	0	0,2	20,8	20,8	0,2	64,2
19-10-2004	0	0,1	0,1	0,1	0,1	51,7	0,3
24-10-2004	0	0	0	0,1	0,1	51,7	0,3

Fonte: Estação Meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

A Tabela 8 mostra dois eventos com mais de 20 mm de chuva acumulada no dia da ocorrência e dois eventos em outubro com ausência de precipitação, inclusive nos dias que antecederam as ocorrências, vale ressaltar que setembro e outubro de 2004 foram extremamente secos. Esses movimentos de massa que ocorreram em outubro, não estão relacionados com a precipitação.

Tabela 9 - Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2005 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
06-09-2005	23,2	0	0	0	0	2,2	6,8
11-10-2005	7,6	4,7	4,7	4,7	4,7	6,8	80,9

Fonte: Estação Meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

Assim como 2004, o ano 2005 foi muito seco, todos os meses estiveram abaixo das normais climatológicas. Somente no evento do dia 06 de setembro nota-se a precipitação acumulada acima dos 20 mm no dia da ocorrência (Tabela 9).

Tabela 10 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2006 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
09-06-2006	37,8	0	0	0	0	2,2	66,0
21-09-2006	22,8	0	0	17,3	17,3	45,2	95,4
25-10-2006	67,5	31,5	55,7	78,3	83,6	95,4	258,3
24-11-2006	30,6	11,9	15,3	76,0	76,0	258,3	194,8
05-12-2006	2,4	25,7	25,7	82,0	126,7	194,8	118,9
08-12-2006	36,4	42,9	57,8	89,8	161,7	194,8	118,9

Fonte: Estação Meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

A Tabela 10 mostra acumulados significativos de precipitação no dia da ocorrência em quase todos os eventos de movimentos de massa ocorridos em 2006, exceto dia 5 de dezembro, cuja precipitação no dia do evento foi apenas 2,4 mm, mas apresentou altos volumes de precipitação acumulada nos 3, 5, 10 e 15 dias anteriores ao evento.

Tabela 11 - Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2007 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
12-02-2007	30,3	20,7	44,0	44,0	53,5	25,7	142,6

Fonte: Estação Meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

A Tabela 11 mostra o único evento de movimento de massa ocorrido em 2007, e nota-se o valor acumulado no dia da ocorrência, acima de 30 mm e o total mensal acumulado muito acima da média histórica para fevereiro (85,7 mm), que representou 166% da média climatológica para este mês.

Tabela 12 - Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2008 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
19-04-2008	17,1	39,6	39,6	92,9	128,0	43,9	186,6

Fonte: Estação Meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

A Tabela 12 mostra a ocorrência do dia 19 de abril de 2008 com volume de precipitação acumulado neste dia próximo de 20 mm e nota-se altos volumes acumulados dez e quinze dias antes do evento, totalizando no mês aumento de 213% da média climatológica para o mês de abril que é 87,4 mm.

Tabela 13 - Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2009 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
29-01-2009	15,8	25,7	40,6	96,2	108,7	142,2	209,3
01-02-2009	10,4	49,4	62,0	117,2	145,8	209,3	68,7
16-11-2009	45,2	31,3	31,4	43,6	57,1	80,0	219,0

Fonte: Estação Meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

Os eventos ocorridos em 2009, demonstrados na Tabela 13, evidenciam valores acima das médias climatológicas para os meses janeiro e novembro, 194% e 185,4% respectivamente, embora o maior acumulado no dia da ocorrência foi no dia 16 de novembro, com valores acima de 45 mm. É interessante notar que o evento que ocorreu no primeiro dia de fevereiro esteve relacionado aos altos volumes ocorridos em janeiro, o acumulado para o mês de fevereiro esteve abaixo da média histórica (85,7 mm).

Tabela 14 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2010 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
03-01-2010	10,0	35,3	0	0	0	45,2	95,4
16-01-2010	3,6	42,0	0	17,3	17,3	45,2	95,4
28-02-2010	3,6	23,3	55,7	78,3	83,6	95,4	258,3
19-03-2010	8,8	0	15,3	76,0	76,0	258,3	194,8
14-11-2010	29,5	0	25,7	82,0	126,7	194,8	118,9

Fonte: Estação Meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

A Tabela 14 mostra a precipitação acumulada nos dias dos eventos em 2010 e nos dias que o antecederam, os volumes acumulados no dia 3 e 16 de janeiro não foram significativos, porém o acumulado em três dias anteriores ao evento esteve acima de 35 mm e 42 mm, respectivamente, vale notar que o acumulado mensal esteve abaixo da média histórica para o mês de janeiro que é 107,9 mm. Já o evento do dia 28 de fevereiro, embora tenha acumulado baixos valores de precipitação no dia do evento, os dias que o antecederam registraram altos volumes de precipitação, muito acima da média climatológica, quase 302% para o mês de fevereiro (85,7 mm). O evento do mês de março também apresentou baixos volumes de precipitação no dia da ocorrência, mas com valores extremamente altos e acima da média no mês e no mês anterior. Já o evento do dia 14 de novembro, apresentou valor acumulado no dia do evento próximo a 30 mm, também com total mensal dentro da média histórica.

Tabela 15 - Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2011 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
19-02-2011	20,4	29,3	63,8	69,4	69,4	79,1	93,2
29-04-2011	26,5	0	0	55,1	55,1	53,5	82,3

Fonte: Estação Meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

Para os eventos ocorridos em 2011 (Tabela 15), nota-se que os dois dias apresentaram valores acima de 20 mm no dia da ocorrência, embora os valores acumulados mensais estiveram próximos das médias climatológicas para os meses de fevereiro (85,7 mm) e abril (87,4mm).

Tabela 16 - Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2012 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
20-04-2012	4,2	13,7	14,8	46,7	47,9	13,5	109,9
14-12-2012	19,3	1	1	19,7	27,6	114,2	99,9

Fonte: Estação Meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

A Tabela 16 mostra mais uma vez que eventos com acumulados totais diário, próximo a 20 mm deflagram os movimentos de massa e eventos com valores baixos, apresentaram acumulados significativos nos dias que antecederam o evento e totais mensais acima da média climatológica (109,9 mm), que é o caso do evento do dia 20 de abril cuja média é 87,4 mm.

Tabela 17 - Precipitação acumulada no dia da ocorrência, nos 3, 5 10 e 15 dias que antecederam a ocorrência, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para o ano de 2013 em Coimbra.

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. Ac. 15 dias anteriores	Prec. AC. Mês Anterior	Prec. Ac. Mensal
18-01-2013	11,4	22,3	37,2	51,1	51,1	99,9	199,7
19-01-2013	14,4	33,7	33,7	62,5	62,5	99,9	199,7
29-03-2013	34,7	47,5	65,9	104,5	83,6	69,5	262,1
31-03-2013	0	66,2	109,3	160,3	186,4	69,5	262,1

Fonte: Estação Meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

Esta pesquisa analisou apenas os três primeiros meses de 2013, e este ano apresentou totais mensais muito acima das médias climatológicas para os meses janeiro (107,9mm) e

março (65,6 mm), aproximadamente 185% e 399% respectivamente. Nota-se que nas duas ocorrências de movimentos de massa em março, uma apresentou total acumulado diário próximo de 35 mm e outro nulo, mas este último com valores extremamente altos nos três dias que antecederam o evento (66,2 mm).

7.1.1 Análise dos condicionantes atmosféricos associados aos eventos em Coimbra.

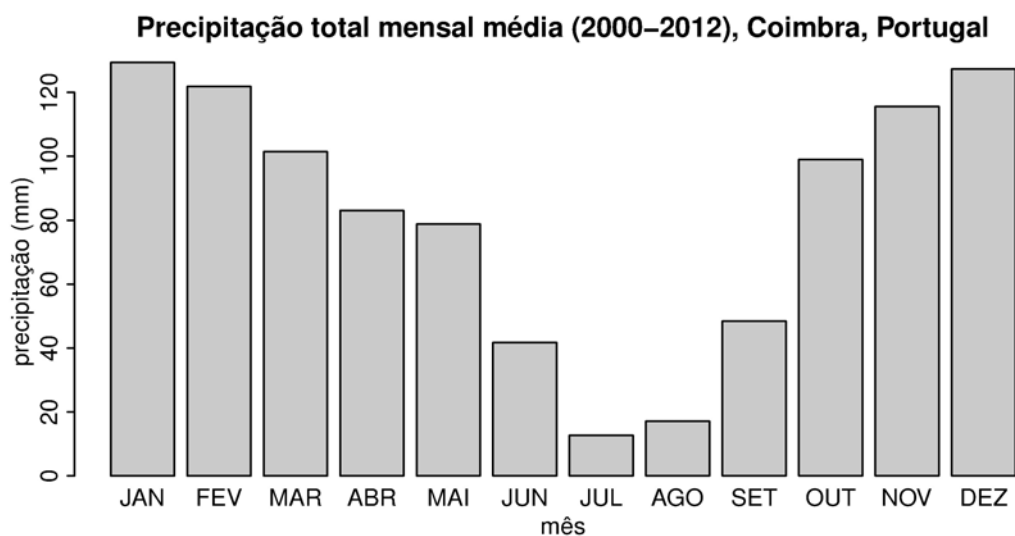
Para o estudo, foram considerados os eventos responsáveis pelas inúmeras ocorrências de deslizamentos, quedas de barreira e escorregamentos de encostas deflagrados por instabilidades atmosféricas severas. Estes eventos são aqueles notificados pelo Jornal de Coimbra que afetaram a população de forma direta ou indireta, aqueles que não causaram danos não foram computados.

Os meses que compreenderam o maior número de ocorrências referem-se aos meses mais chuvosos (outubro a fevereiro, podendo se estender a março). Para melhor entendimento do comportamento das chuvas em Coimbra, os dados de precipitação do IGUC foram analisados para investigar a influência do NAO na precipitação sobre toda a Europa, seguindo estudos anteriores, por exemplo, Hurrell and Van Loon (1997). Também foram utilizados para efeito de comparação, os dados das normais climatológicas de precipitação para Coimbra no período de 1981 a 2010 fornecidos pelo IPMA.

7.1.2 Análise da Precipitação em Coimbra

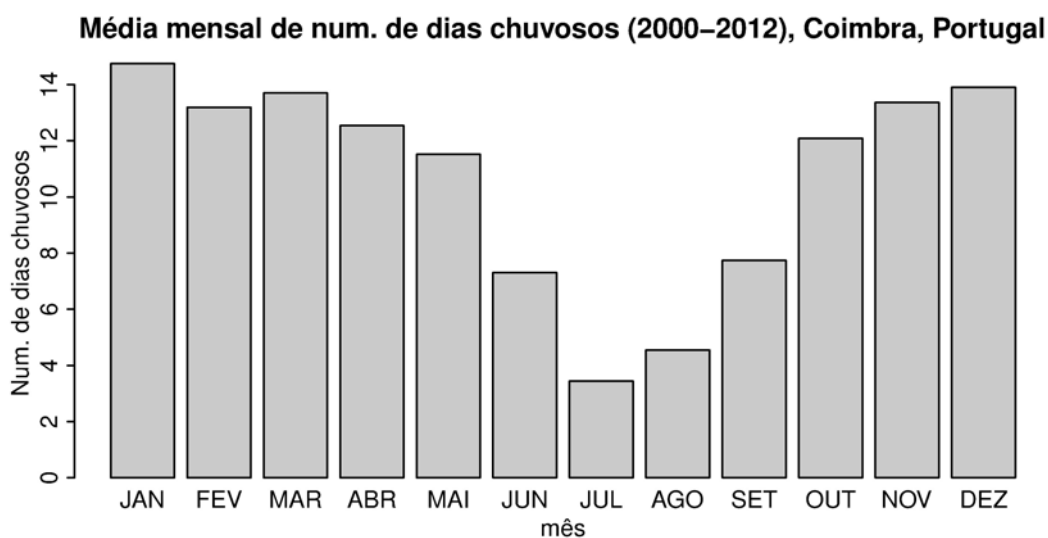
Anualmente, a maior parte (cerca de 78%) da precipitação em Coimbra, ocorre no outono (setembro, outubro e novembro, SON) e inverno (dezembro, janeiro e fevereiro, DJF) do hemisfério Norte, podendo se estender a março. A evolução anual da precipitação total mensal média assim como o número de dias com precipitação ($> 0.1\text{mm}$), para o período 2000-2012, em Coimbra, é mostrada nas Figuras 34 e 35, respectivamente. Essa climatologia da precipitação é para a estação meteorológica do IGUC.

Figura 34 – Precipitação total mensal média, para o período 2000-2012, em Coimbra - Portugal.



Fonte: Estação meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

Figura 35 – Número mensal médio de dias chuvosos (>0.1mm) , para o período de 2000-2012, em Coimbra, Portugal.

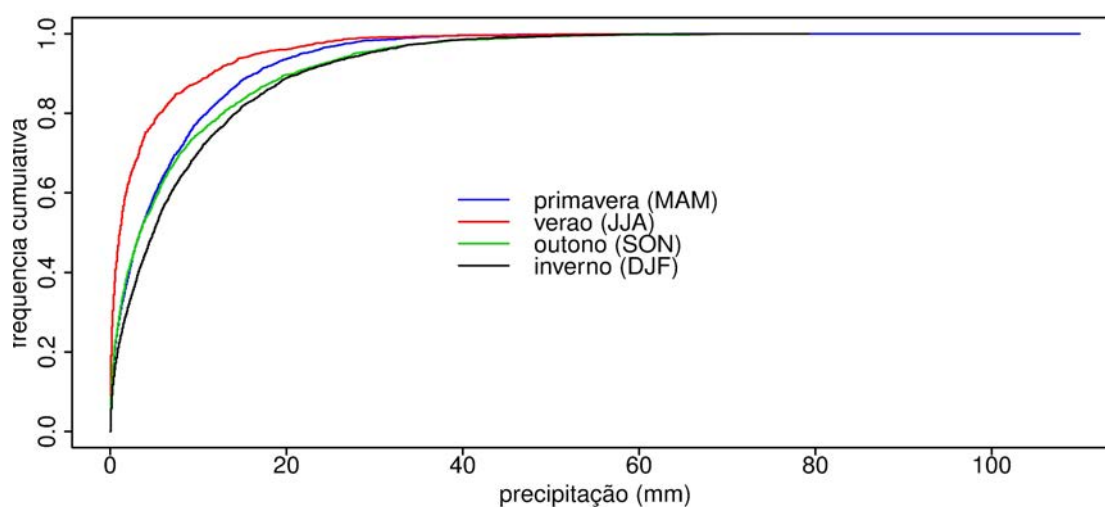


Fonte: Estação meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

A distribuição de frequência cumulativa de precipitação diária em Coimbra, para o período 2000-2012, é apresentada na Figura 36, para primavera (MAM), verão (JJA), outono (SON) e inverno (DJF). É fácil notar que a intensidade de precipitação diária varia com as

estações do ano. A menor diferença ocorre entre outono e primavera. As precipitações no inverno são claramente mais intensas, e do verão mais fracas, estando no nível intermediário a precipitação de outono e primavera. Assim, o inverno, além de apresentar maior volume de chuva e ter maior número de dias de chuva, as suas intensidades são maiores.

Figura 36 - Distribuição de frequência cumulativa da precipitação diária em Coimbra, 2000-2012.



Fonte: Estação meteorológica do IGUC. Elaborado pela autora.

A variação fortemente sazonal da precipitação observada em Coimbra, com maior volume no inverno semestral do hemisfério Norte (de outubro a março) principalmente no inverno (dezembro a fevereiro) e verão extremamente seco (junho a agosto), é comum para o clima do tipo Mediterrâneo que predomina na Europa Ocidental (RODRIGUEZ-PUEBLA *et al*, 1998, SANTOS *et al*, 2005).

A grande abrangência espacial desse regime pluviométrico em Coimbra se deve ao fato que a precipitação na região é predominantemente de natureza frontal associada aos ciclones transientes de origem no Atlântico Norte (SERRANO *et al*, 1998). Portanto, é diferente do período com chuvas mais intensas em Campinas, que são de natureza convectiva, ou em outras palavras, são isoladas.

A frequência de ciclones alcançando a região de Coimbra é fortemente influenciada pelo campo de pressão ao nível do mar de grande escala e portanto de transporte de ar marítimo úmido do Atlântico em direção ao Europa Ocidental, sobretudo no inverno. Por exemplo, o inverno chuvoso na região de Coimbra está conectado com pressão atmosférica mais baixa que sua normal climatológica no Atlântico Norte Leste que intensifica ventos de Oeste sobre o Sudoeste da Europa, enquanto que pressão mais alta que a normal climatológica tem contribuído para ocorrência de déficit de precipitação. As chuvas de verão que em geral são escassas, irregulares e localizadas e usualmente estão relacionadas com sistemas de mesoescala (SERRANO *et al*, 1998). Portanto, falta de chuva no inverno é decisiva no déficit de precipitação acumulada e desencadeia seca severa nos meses seguintes

A variação da pressão atmosférica acima ou abaixo da normal climatológica no Atlântico Norte Leste, acima mencionada, é uma das características do fenômeno climático de grande escala conhecido como Oscilação do Atlântico Norte (*North Atlantic Oscillation - NAO*).

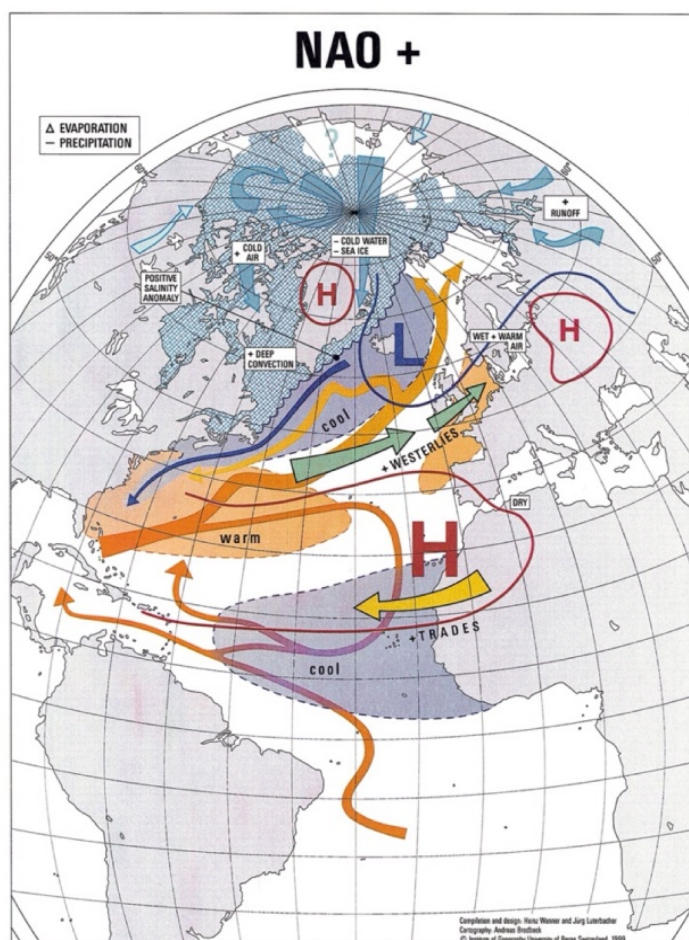
A NAO é o principal modo de variabilidade atmosférica sobre o Atlântico Norte no inverno do Hemisfério Norte (DJF) e exerce importante papel nas variações do tempo e clima sobre o Leste da América do Norte, Oceano Atlântico Norte, e Eurásia e tem sido exaustivamente investigado nas últimas décadas (HURRELL AND VAN LOON, 1997; SERREZE *et al*, 1997; WANNER *et al*, 2001). O fenômeno tem sido estudado em conexão com chuva de inverno na Europa (SANTOS *et al*, 2005, 2007; ZÉZERE *et al*, 2005; TRIGO *et al*, 2004; TRIGO *et al*, 2005; LÓPEZ-MORENO E VICENTE-SERRANO, 2008; ANDRADE *et al*, 2011) incluindo suas influências nos movimentos de massa (TRIGO *et al*, 2005; ZÉRERE *et al*, 2005).

A intensidade e a fase da NAO são usualmente expressas pela diferença na pressão atmosférica entre região do anticiclone subtropical perto de Açores e sistema de baixa pressão subpolar da Islândia (SERREZE *et al*, 1997). Então, este índice é uma medida da intensidade de escoamento (de ar) de oeste. Seu valor positivo indica forte vento de oeste (fase positiva do NAO ou NAO+) e reflete fortalecimento da Alta subtropical e do sistema de baixa pressão da Islândia, isto é, pressão na Alta subtropical mais alta que normal e pressão na região da Islândia mais baixa que normal. Esta condição significa aumento de diferença na pressão na direção norte-sul o que favorece formação de ciclones cruzando Atlântico Norte em número e intensidade numa rota mais ao norte do que normal e a consequência climática no inverno

sobre o Sul da Europa, que caracteriza déficit de chuva em Portugal, enquanto o Norte da Europa, chuva abundante. Exemplos de forte influência da NAO sobre a precipitação em Portugal são seca severa no inverno de 2004/2005 (dezembro de 2004 a fevereiro de 2005) (GARCIA-HERRERA *et al*, 2007, SANTOS *et al*, 2007): NAO+, e precipitação bem acima da normal no inverno de 2009/2010 (ANDRADE *et al*, 2011): NAO-.

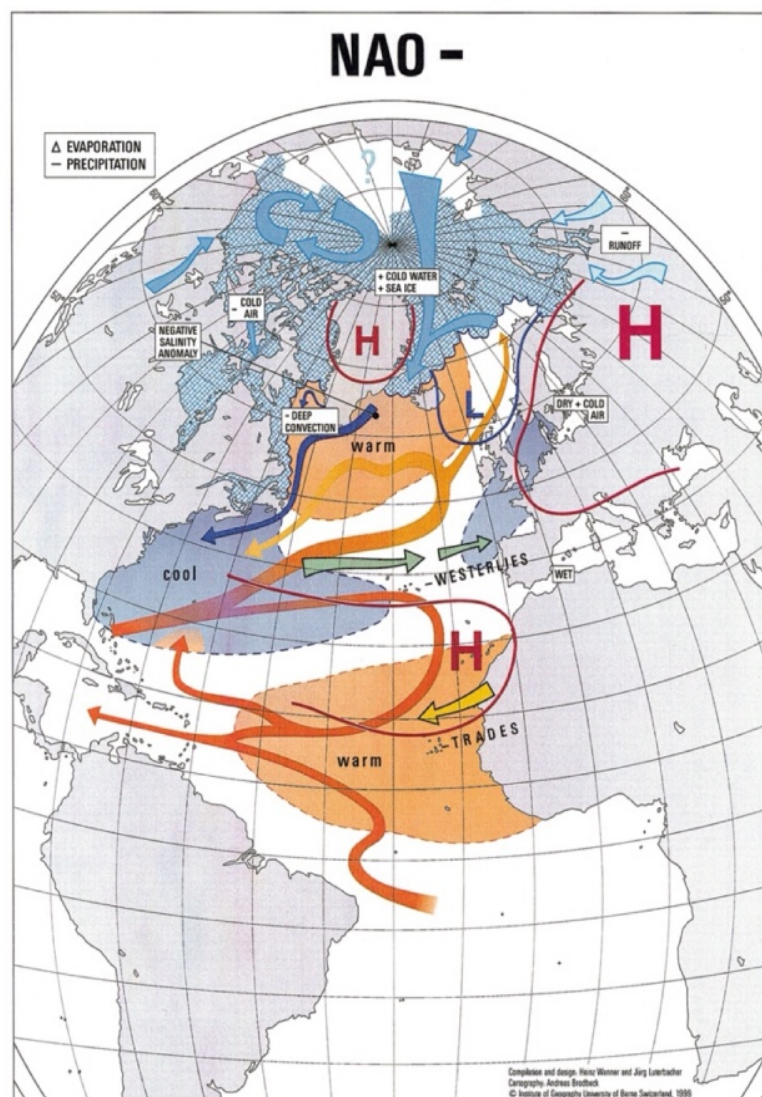
O valor negativo do índice de NAO (fase negativa da NAO ou NAO-) reflete alta subtropical fraca e baixa da Islândia também mais fraca, o que diminui a diferença de pressão na direção norte-sul, e condição climática observada na Europa é inversa da observada durante NAO+ (HURRELL E VAN LOON, 1997, LÓPEZ-MORENO E VICENTE-SERRANO, 2008). As Figura 37 e 38 mostram esquematicamente as duas fases da NAO.

Figura 37 – Ilustração esquemática da fase positiva da NAO +.



Fonte: Wanner *et al*, 2001.

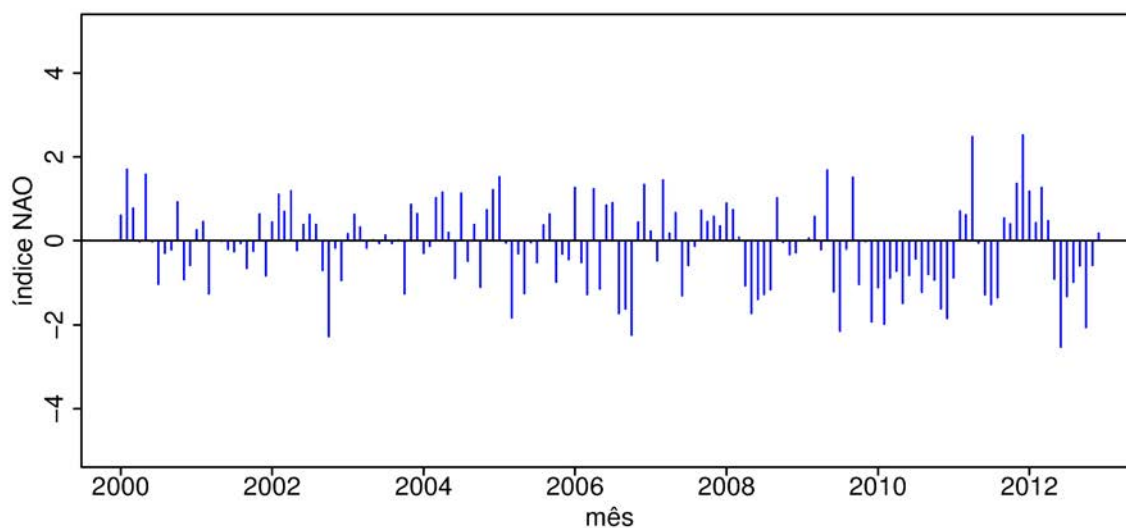
Figura 38 - Ilustração esquemática da fase negativa da NAO +.



Fonte: Wanner *et al.*, 2001.

A Figura 39 mostra a série temporal mensal de índice de NAO, para o período 2000-2012 disponibilizada no Climate Prediction Center (CPC) dos Estados Unidos.

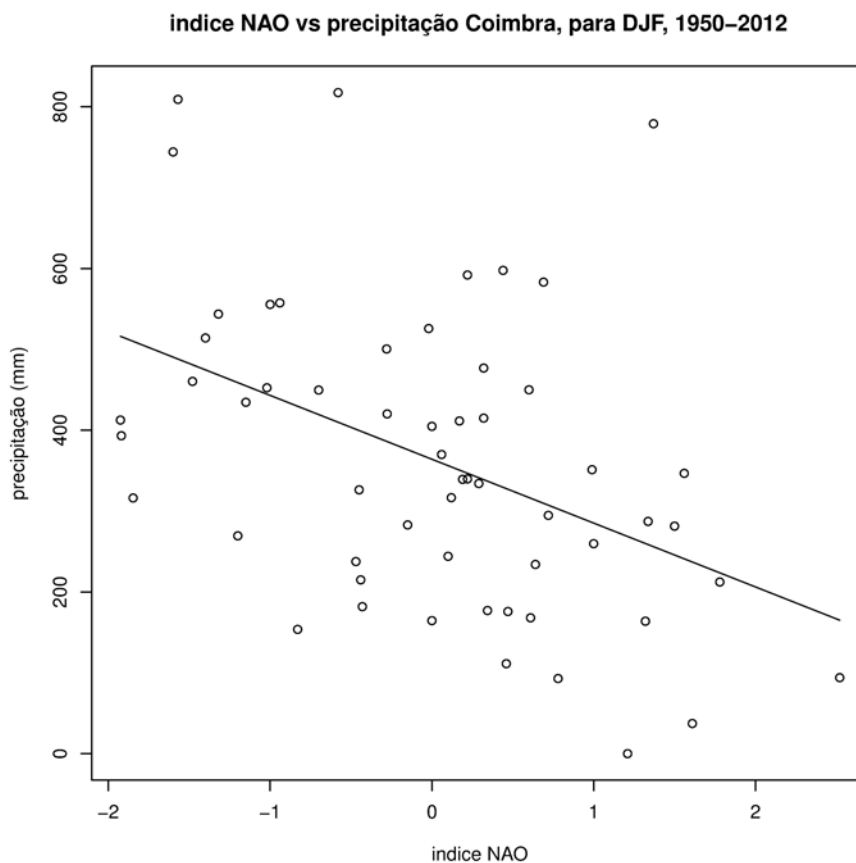
Figura 39 – Série temporal mensal de índice de NAO.



Fonte: CPC.

A existência da correlação entre NAO e precipitação em Coimbra pode ser vista no diagrama de dispersão apresentado na Figura 40, e nota-se que existe uma tendência de ter maior precipitação quando o índice de NAO está baixo e vice-versa, corroborando com os resultados obtidos anteriormente por outros autores (TRIGO *et al* 2004; SANTOS *et al*, 2007; ANDRADE *et al*, 2011). Contudo, é importante ressaltar que essa relação é somente em termos de tendência. Em outras palavras, nem todos os casos de secas severas ou de precipitação excessiva podem ser associados ao NAO. Há vários casos, como se pode notar na Figura 40, que volumes abundantes de chuvas estiveram relacionados com alto índice de NAO e vice-versa, indicando existência de outros fatores que controlam a precipitação em Coimbra.

Figura 40 - Diagrama de dispersão para índice NAO de inverno versus precipitação total de inverno (DJF) em Coimbra, para o período de 1950-2012, com a reta ajustada pelo método dos mínimos quadrados.

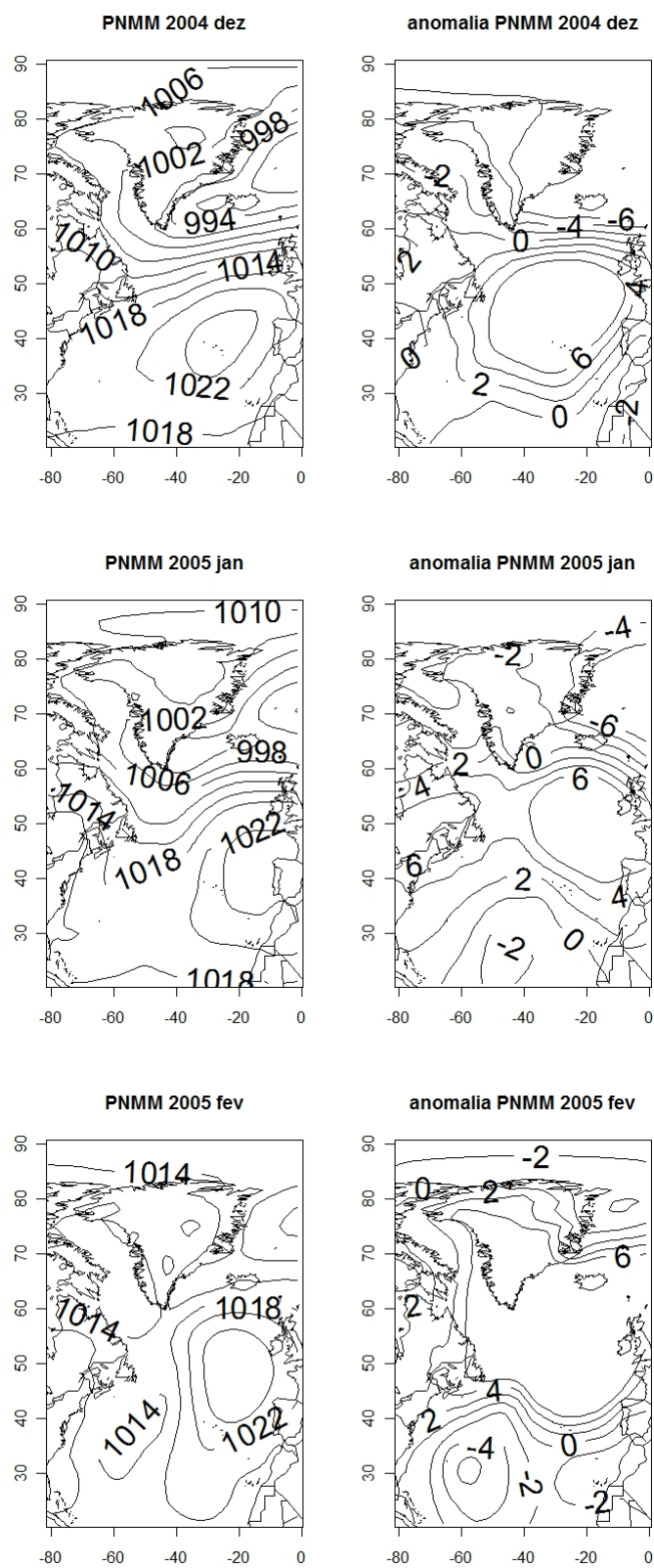


Fonte: Estação meteorológica do IGUC e CPC dos Estados Unidos. Elaborado pela autora.

Durante o período selecionado para o presente estudo, de 2000 a 2013, um caso extremo de NAO- e outro de NAO+ foram observados, respectivamente, nos invernos (dezembro/janeiro/fevereiro) de 2004/2005 e 2009/2010. Os campos médios de PNMM observados nesses invernos e correspondentes campos de anomalias, baseados nos dados de reanálises do ERA ínterim e analisados usando R, são apresentados nas Figuras 41 e 42.

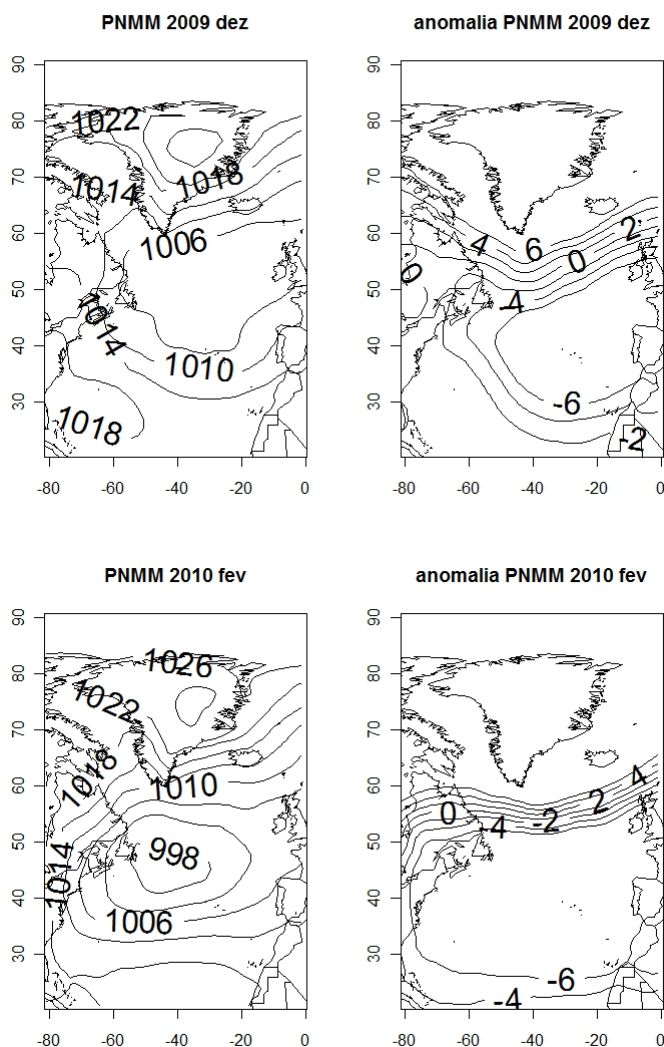
Nota-se que o inverno de 2004/2005 o Sul da Europa esteve sob forte influência de alta pressão com anomalia positiva variando entre 4 e 6 hPa (Figura 41), uma condição climática que não favorece passagem de sistemas meteorológicos que produzem chuva na região. A condição no inverno 2009/2010 (Figura 42) foi praticamente oposta, com forte anomalia negativa de PNMM sobre a região.

Figura 41 – Campos médios de PNMM e desvio em relação à correspondente média climatológica, para inverno de 2004/2005, caracterizado como fase positiva da NAO. A unidade é em hPa.



Fonte: ECMWF. Elaborado pela autora.

Figura 42 – Campos médios de PNMM e desvio destes em relação à correspondente média climatológica, para inverno de 2009/2010 que foi caracterizado como fase negativa da Oscilação do Atlântico Norte. A unidade é em hPa.



Fonte: ECMWF. Elaborado pela autora.

Conforme será discutido mais adiante na seção seguinte, esses resultados estão consistentes com a relação esperada entre NAO e precipitação em Portugal.

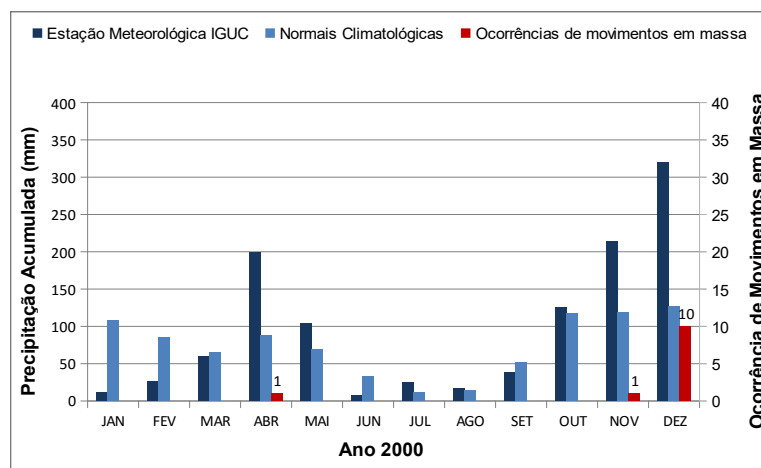
7.1.3 Precipitação e os movimentos em massa em Coimbra.

Para um melhor estudo e correlação entre precipitação e movimentos em massa ocorridos em Coimbra, foram realizadas análises mensais no período que compreende janeiro de 2000 a março de 2013, com o auxílio dos boletins meteorológicos, dados sinóticos e das

caracterizações climáticas mensais e anuais do IPMA, assim como os dados dos totais de chuva acumulada diária e mensal do IGUC para todo o período da pesquisa. Serão apresentados gráficos com acumulados mensais anuais (2000 a 2013), as normais climatológicas e o número de movimentos em massa ocorridos em Coimbra.

O ano 2000 foi marcado por altos volumes pluviométricos nos meses de abril, maio, outubro, novembro e dezembro. Os meses abril, novembro e dezembro estiveram acima das normais climatológicas em 227%, 181% e 253% respectivamente, resultando em ocorrências de movimentos em massa nesses meses (Figura 43). Os valores significativos de precipitação em abril foram influenciados por uma região de baixa pressão localizada sobre Portugal, já em novembro os sistemas frontais com forte atividade contribuíram para os valores muito acima das normais. Dezembro também merece destaque, pois foi um mês extremamente chuvoso devido à passagem de sucessivas frentes frias associadas à baixa pressão atmosférica.

Figura 43 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2000 – Coimbra.

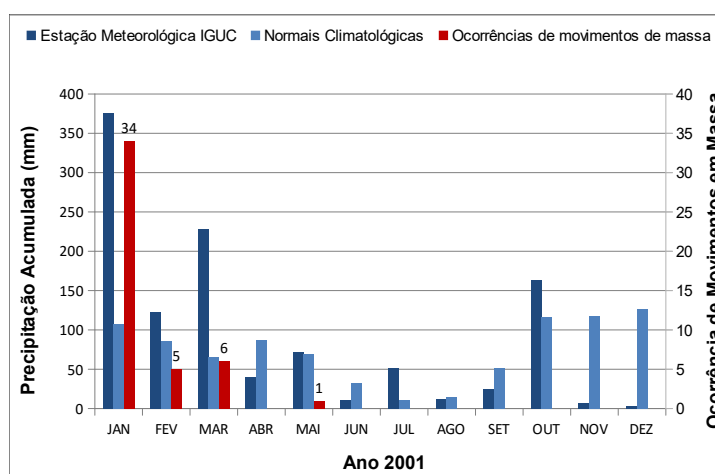


Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Em 2001 foi registrado o maior número de ocorrências de movimentos de massa do período estudado. Foram 34 notificações em janeiro, 5 em fevereiro, 6 em março e 1 no mês de maio. Verifica-se na Figura 44, os altos volumes acumulados mensais de precipitação, os valores das normais climatológicas (1981 – 2010) e o número das ocorrências de movimentos de massa em Coimbra. Vale destacar que os meses de janeiro e março excederam

aproximadamente em 248% os valores normais de precipitação para o mês, enquanto que fevereiro excedeu em 43% e maio em 4%. O mês de outubro esteve acima da média mas não apresentou registro de ocorrências de movimentos de massa. Já os meses de abril, junho, agosto, setembro, novembro e dezembro, foram meses muito secos e estiveram abaixo da média das normais climatológicas (Figura 44).

Figura 44 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2001 – Coimbra.

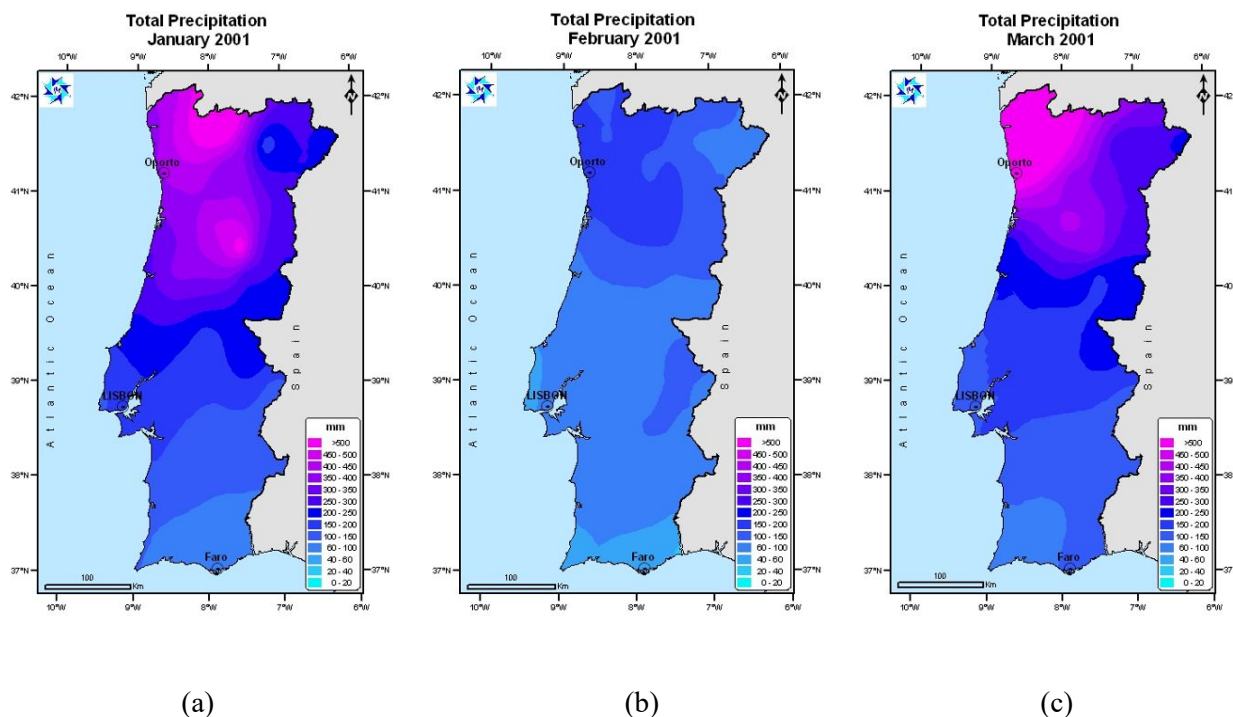


Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

O ano 2001 merece destaque por ter sido o mais chuvoso e com o maior número de ocorrências de desastres naturais (inundações, alagamentos, movimentos de massa e outros) relacionados a aspectos climáticos.

A Figura 45 mostra o total de precipitação acumulada em Portugal Continental nos meses janeiro, fevereiro e março de 2001, destacamos Coimbra com valores muito elevados, 375,3 mm de precipitação em janeiro (a), em fevereiro 122,7 mm (b) e 228,2 mm em março (c).

Figura 45 - Total de precipitação acumulada em Portugal Continental nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2001.



Fonte: Boletim Climatológico, IPMA.

Os meses de janeiro a março de 2001 foram caracterizados pelas passagens de sistemas frontais (foram registrados 7 sistemas frontais só em janeiro) com forte atividade, por vezes associados a um sistema de baixa pressão atmosférica e a ação de anticiclones localizados no Atlântico, a oeste da Península Ibérica

É importante destacar os acumulados diários de precipitação durante os eventos de movimentos de massa e nos dias que antecederam as ocorrências. A seguir, esses valores são demonstrados nas Tabelas 18 e 19, para os meses de janeiro e março de 2001, quando os valores excederam significativamente as normais climatológicas. É possível notar os altos volumes pluviométricos durante todo o período.

Observa-se que os dias com o maior número de eventos foram o que apresentaram valores de precipitação acumulados em três dias igual ou superior a 50 mm e em cinco dias maior que 60 mm.

Tabela 18 – Data e número das ocorrências de movimentos de massa em janeiro de 2001 e os acumulados de precipitação.

DATA	Nº de Ocorrências	Prec. Ac. No dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. AC. 15 dias anteriores
02-01-2001	2	20,8	19,6	44,9	103,8	132,8
04-01-2001	1	24,3	35,9	43,2	116,9	155,7
05-01-2001	9	18,1	47,9	60,3	125,6	165,8
06-01-2001	1	46,2	45,2	78,3	133,3	181,2
09-01-2001	9	1,2	54,9	97,3	140,5	214,2
24-01-2001	1	39,3	16,2	21,2	36,7	73,6
25-01-2001	1	22,3	55,5	55,5	76,0	111,7
26-01-2001	7	19,1	61,6	77,8	98,3	114,1
28-01-2001	2	25,3	100,7	156,2	168,9	176,7

Fonte: Elaborado pela autora

Os volumes acumulados de precipitação no dia do evento foram significativos nos dias 2, 4 e 10, embora não foram nos dias 5, 6 e 23, mas mantiveram altos volumes nos 3 e 5 dias que antecederam o evento, conforme mostra a Tabela 18.

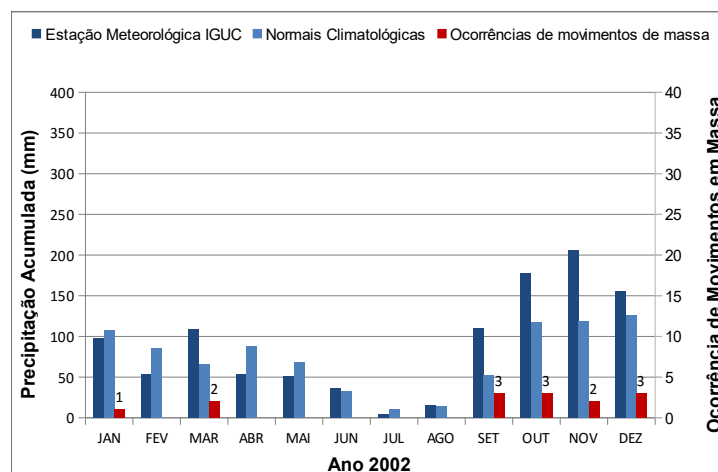
Tabela 19 – Data e número das ocorrências de movimentos de massa em março de 2001 e os acumulados de precipitação.

DATA	Nº de Ocorrências	Prec. Ac. No dia da ocorrência	Prec. Ac. 3 dias anteriores	Prec. Ac. 5 dias anteriores	Prec. Ac. 10 dias anteriores	Prec. AC. 15 dias anteriores
02-03-2001	1	25,8	18,3	18,3	20,4	20,4
04-03-2001	1	29,4	33,8	50,1	52,2	52,2
05-03-2001	1	5,9	61,2	72,4	81,6	81,6
06-03-2001	1	4,7	41,3	69,1	87,5	87,5
10-03-2001	1	16,4	29,2	39,8	112,2	124,4
23-03-2001	1	0	19,6	23,3	46,1	100,8

Fonte: Elaborado pela autora

O ano 2002 foi marcado por outono e inverno muito chuvosos. Embora no mês de janeiro tenha ocorrido um evento de movimento em massa e o volume acumulado mensal tenha ficado abaixo da média das normais climatológicas, no dia do evento o acumulado de precipitação chegou a 19,7 mm e 23,6 mm nos dez dias que antecederam o evento. Os meses de março, setembro, outubro, novembro e dezembro foram os mais chuvosos, os quais apresentaram notificações de ocorrências de movimentos em massa, sendo dois eventos em março e novembro e três eventos em setembro, outubro e dezembro (Figura 46). Nestes eventos, o tempo esteve condicionado à passagem de sistemas frontais, com forte atividade principalmente em janeiro, áreas de baixas pressões atmosféricas e massa de ar instável pós-frontal, associada à baixa pressão.

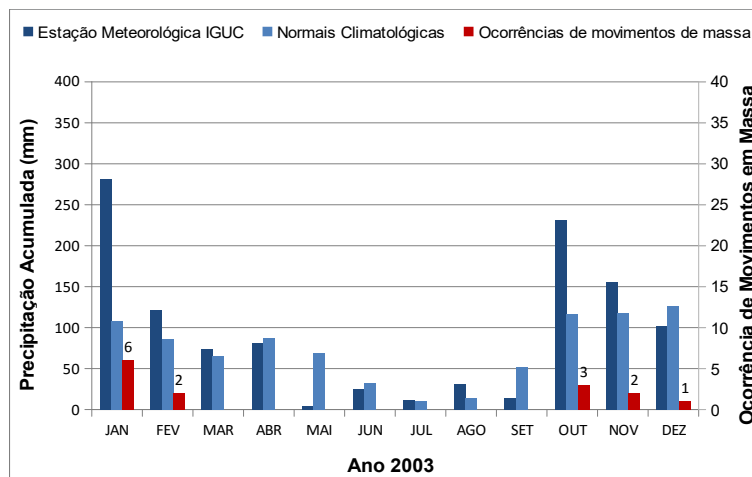
Figura 46 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2002 – Coimbra.



Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Em 2003 os meses de janeiro, abril e de outubro a dezembro foram os mais chuvosos, causando prejuízos elevados devido à ocorrência de cheias e inundações, em particular no mês de janeiro. Os eventos de movimentos em massa ocorreram principalmente nos primeiros dias do mês de janeiro, em outubro foram registrados três eventos, em novembro foram duas ocorrências e em dezembro somente um evento foi registrado. Apesar destes meses com elevadas quantidades de precipitação, o ano estava dentro da normalidade, conforme mostra a Figura 47. Os eventos estiveram associados às passagens de sistemas frontais, linhas de instabilidades e áreas de baixa pressão associados à aproximação de frentes frias.

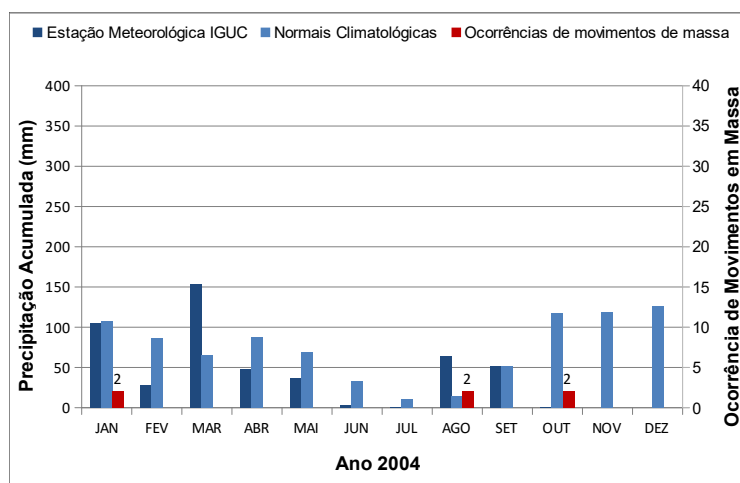
Figura 47 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2003 – Coimbra.



Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

O ano de 2004 caracterizou-se por valores de precipitação muito inferiores aos valores médios de 1981-2010, classificando-se como um ano extremamente seco. Durante o ano, apenas os meses de março, agosto e outubro apresentaram quantidades mensais de precipitação acima da normal climatológica (Figura 48).

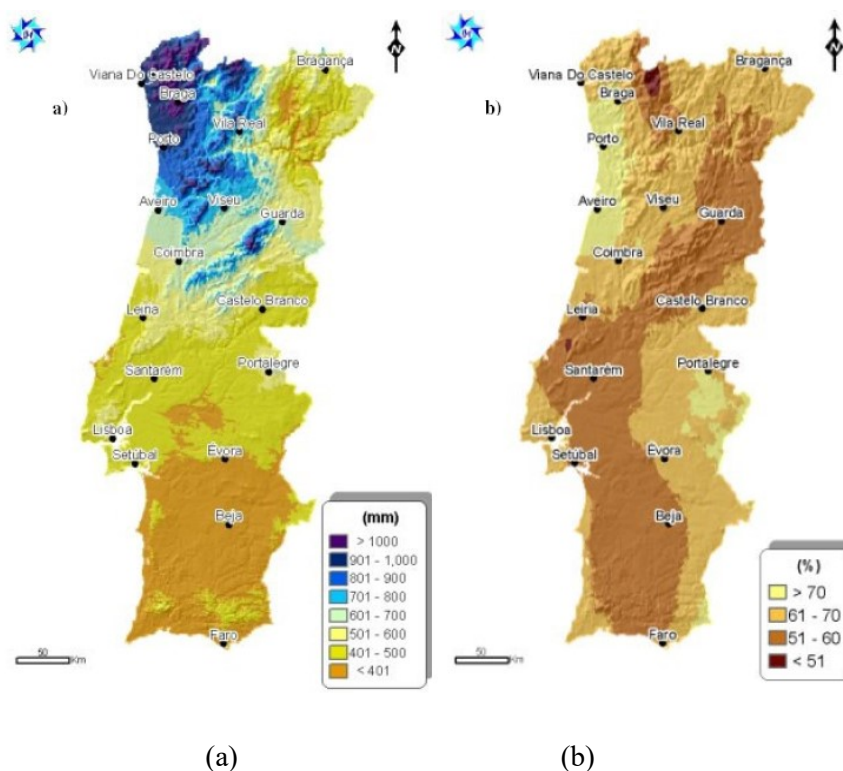
Figura 48 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2004 – Coimbra.



Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Segundo relatórios do IPMA, 2004 registrou o valor mais baixo do total de precipitação anual desde 1931. Em finais de dezembro o território encontrava-se em situação de seca com intensidade fraca a severa, em grande parte do território, apresentava em torno 60% a 70% mais seco em relação ao valor das médias, conforme mostra a Figura 49. A passagem de frentes frias associadas à baixa pressão foi a responsável pela anomalia nos meses que excederam os volumes das normais climatológicas.

Figura 49 – Distribuição espacial da média anual da precipitação (a) e desvios em relação ao valor médio 1961-1990 (b).

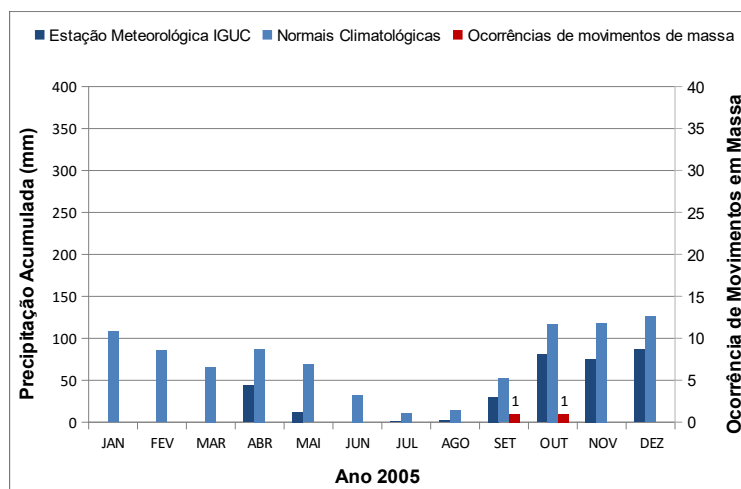


Fonte: Boletim Climatológico, IPMA.

O ano de 2005 continuou a apresentar (à semelhança do ano de 2004) valores da quantidade de precipitação muito inferiores aos valores médios normais, classificando-se como um ano extremamente seco, tendo sido registrado o valor mais baixo desde 1931. Foi um ano muito quente em que a situação de seca foi muito grave e perdurou até setembro. O inverno 2004/2005 foi o mais seco dos últimos 75 anos. A primavera de 2005 foi a 4ª mais quente desde 1931 e o verão foi o 3º mais seco desde 1931. Já o mês de outubro apresentou valores de precipitação muito superiores aos valores médios e foi classificado como extremamente chuvoso, e os demais meses classificaram-se como secos a extremamente secos. A Figura 50

mostra a precipitação mensal em Coimbra no ano de 2005 comparado aos valores das normais climatológicas de 1981 a 2010, com as duas ocorrências de movimentos de massa, um no mês de setembro e outro no mês de outubro, condicionados por áreas de baixa pressão e sistema frontal em setembro e em outubro por uma massa de ar quente e úmida associada à corrente de oeste, causando chuvas, por vezes em regime de aguaceiros fortes.

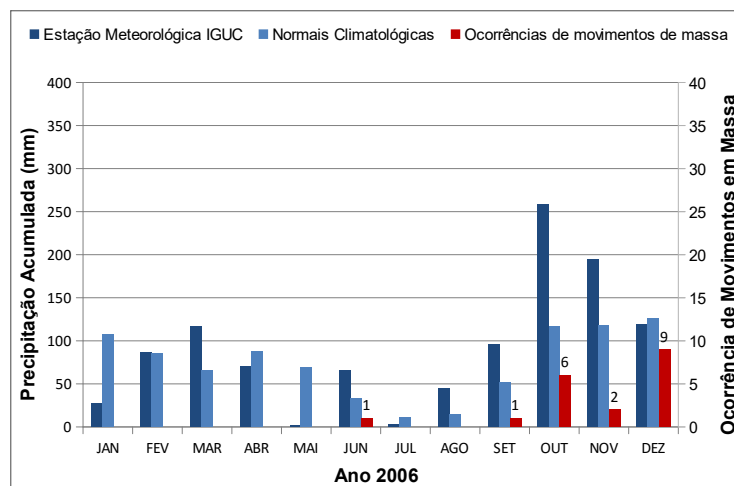
Figura 50 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2005 – Coimbra.



Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

O ano de 2006 foi o 5º mais quente em Portugal Continental desde 1931. O inverno (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) 2005/2006, classificou-se como muito seco. A primavera (Março, Abril e Maio) classificou-se como seca, ainda que o mês de Março tenha sido muito chuvoso. O Verão foi chuvoso e o Outono foi o 3º mais chuvoso desde 1931, depois do Outono de 1960 e 1965. A Figura 51 demonstra os acumulados de precipitação mensal, as normais climatológicas e os registos das ocorrências de movimentos de massa nos meses de junho (1), setembro (1), outubro (6), novembro (2) e dezembro (9). O estado do tempo foi influenciado por anticiclone, por sistema de baixa pressão e um cavado em altitude no mês de junho, setembro, por depressões associadas a frentes frias e linhas de instabilidades. Em outubro de 2006, o tempo foi condicionado pela passagem de frentes frias e também por um anticiclone que provocou chuvas localmente fortes. O mês de outubro, em Coimbra, apresentou um elevado número de dias com precipitação maior ou igual a 10 mm (6 dias) e 14 dias com volumes iguais ou maiores que 1 mm.

Figura 51 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2006 – Coimbra.

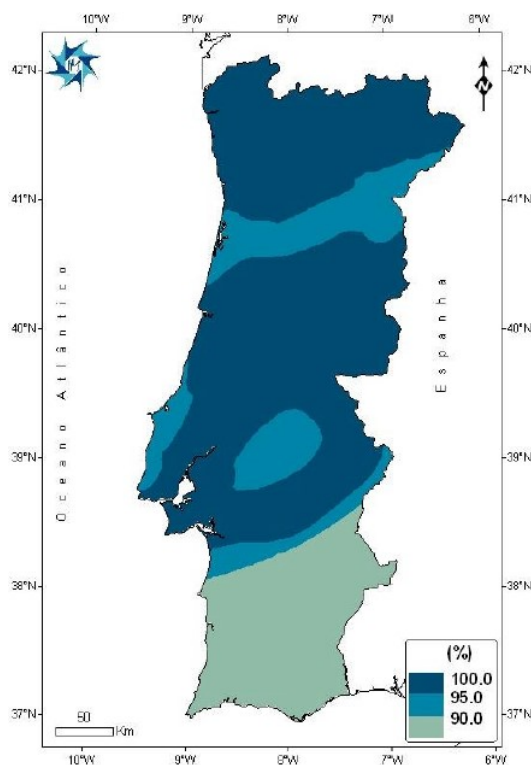


Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

A Figura 52 mostra os valores em percentagem de água no solo em relação à capacidade de água utilizável pelas plantas em 31 de outubro de 2006, muito superiores aos valores médios para esta época do ano em todo o território, em grande parte das regiões Norte e Centro, que inclui Coimbra, o solo encontrava-se saturado. Novembro esteve sob a influência de baixas pressões, por vezes associadas por sistemas frontais e por um anticiclone, com períodos de chuva e aguaceiros mais significativos na região de Coimbra.

Embora dezembro tenha sido classificado como seco, o solo mantinha-se saturado devido aos meses extremamente chuvosos que o antecederam, e no início do mês sob a influência de uma corrente perturbadora de oeste, ocorreram períodos de chuva que deflagraram os movimentos de massa.

Figura 52 – Percentagem de água no solo em 31 de outubro de 2006.

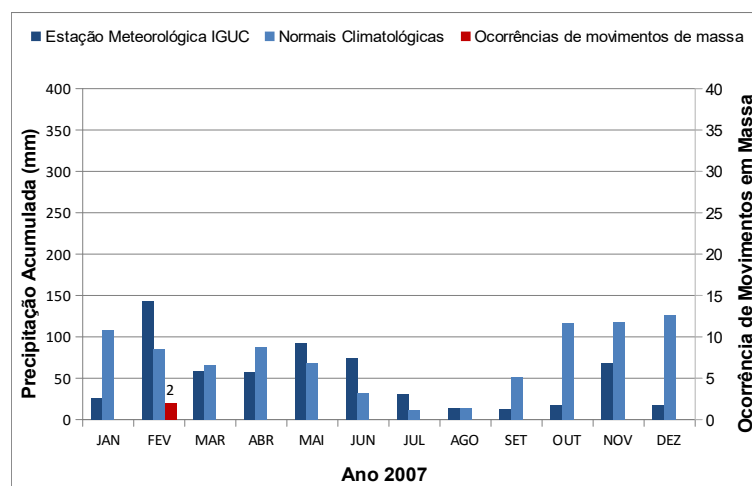


Fonte: Boletim Climatológico, IPMA.

O ano de 2007 caracterizou-se por valores da quantidade de precipitação muito inferiores ao valor da normal. Foi classificado como ano extremamente seco, foi o 2º valor mais baixo do total de precipitação anual desde 1931. Destacam-se os meses de fevereiro, maio e junho com valores acima das normais climatológicas (Figura 53).

A Figura 53 demonstra o registro dos totais acumulados mensais, as normais climatológicas e os eventos de movimentos de massa ocorridos em 2007. Foram registrados apenas 2 eventos de deslizamentos no mês de fevereiro, cujo total diário de chuva foi 30,3 mm e o acumulado mensal de precipitação foi de 142,6 mm. Esses dois eventos ocorreram quando o estado do tempo foi condicionado por um sistema frontal, com períodos de chuva, por vezes moderadas na região de Coimbra.

Figura 53 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2007 – Coimbra.

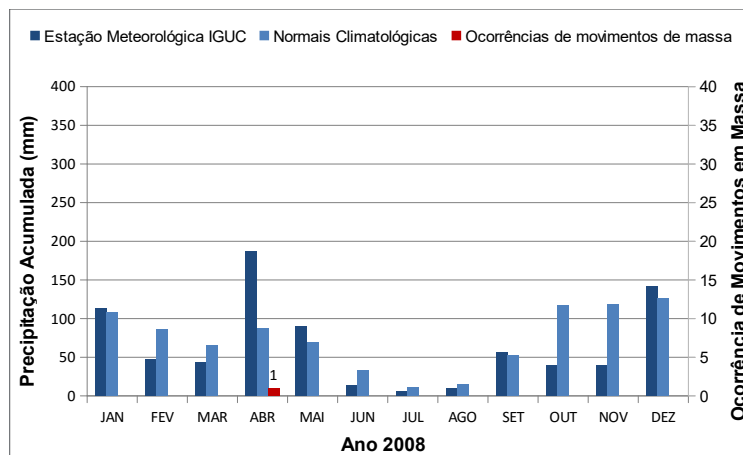


Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Em relação à quantidade de precipitação, os valores registrados foram inferiores ao valor normal, classificando-se 2008 como um ano muito seco a seco. Apenas nos meses de janeiro, abril, maio, setembro e dezembro os valores de precipitação em Coimbra foram superiores aos valores médios, sendo nos restantes meses inferiores, em particular outubro e novembro (Figura 54).

A Figura 54 demonstra os acumulados mensais de precipitação, as normais climatológicas e apenas uma ocorrência de movimentos de massa em abril de 2008. No dia do evento, o tempo estava sob a influência de um vasto campo de baixa pressão com centro a noroeste da Península Ibérica e pela aproximação de um sistema frontal, que provocaram chuvas moderadas por vezes fortes, acompanhados por trovoadas e granizo.

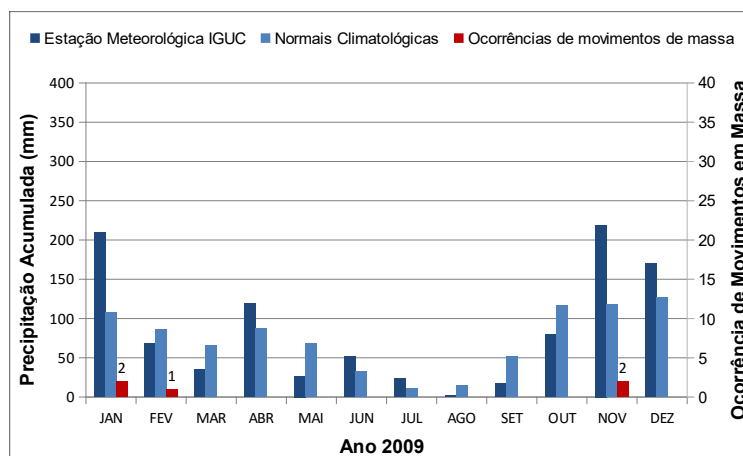
Figura 54 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2008 – Coimbra.



Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Em 2009, o estado do tempo foi condicionado predominantemente por depressões às quais por vezes estiveram associadas a sistemas frontais. Ocorreram frequentemente períodos de chuva ou aguaceiros, por vezes fortes nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, que incidiram mais nas regiões Central (Coimbra) e Norte do Continente. É possível verificar na Figura 55 o aumento dos acumulados mensais de precipitação, os valores das normais climatológicas e o número de ocorrências de movimentos de massa em Coimbra. Os meses de janeiro, novembro e dezembro merecem destaque.

Figura 55 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2009 – Coimbra.

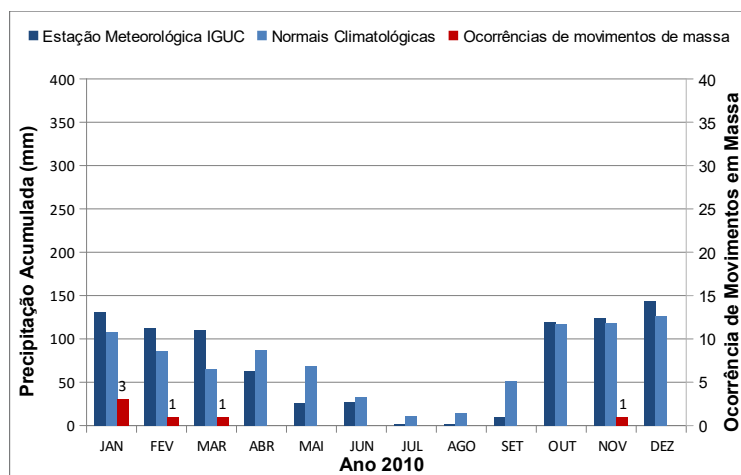


Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

O ano 2010 em Portugal Continental foi caracterizado por valores médios da temperatura máxima, mínima e média do ar superiores ao valor médio (1971-2000), e por valores da quantidade de precipitação superiores ao valor normal (1971-2000), sendo o ano mais chuvoso da última década (2001-2010), com 1063 mm, o que supera em quase 20% o valor da normal climatológica (1971-2000). Os meses de janeiro a março e de outubro a dezembro, os valores de precipitação foram superiores aos valores médios, e abril a setembro os valores foram inferiores ao valor médio (exceto junho que foi próximo do normal (Figura 66), realçando os meses de julho que foi o mais seco dos últimos 24 anos, agosto mais seco dos últimos 23 anos e setembro 2º mais seco dos últimos 22 anos.

A Figura 56 demonstra os valores de precipitação acumulados mensais ocorridos em 2010, as normais climatológicas com as ocorrências de movimentos de massa notificadas pelo jornal Diário de Coimbra. Foram notificados 3 eventos de deslizamentos de terra em janeiro, um no dia 3 e outros dois no dia 16 do mesmo mês. Outros deslizamentos ocorreram em fevereiro, março e novembro. O estado do tempo no Continente começou por ser influenciado predominantemente por regiões depressionárias, por vezes com sistemas frontais associados. A partir do mês de março até junho verificou-se uma influência mais prolongada de núcleos anticiclônicos sobre o Atlântico. Entre o início de Julho e meados de Setembro salienta-se, em alguns períodos, a influência de massas de ar quente associadas a circulações do quadrante leste. Até o final do ano, verificou-se novamente uma alternância entre a influência de depressões, por vezes com sistemas frontais associados e de núcleos anticiclônicos sobre o Atlântico.

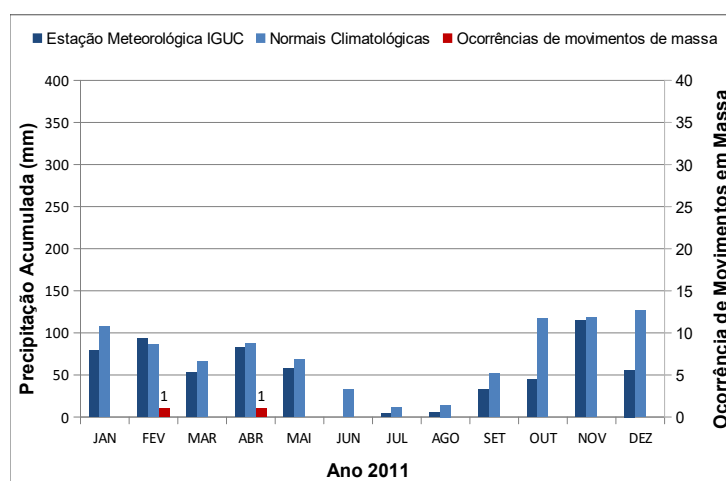
Figura 56 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2010 – Coimbra.



Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Os meses (outubro, novembro e dezembro/2010) que antecederam janeiro de 2011 estiveram acima da média climatológica, embora janeiro de 2011 apresentou valores abaixo da média, a quantidade de precipitação em Coimbra em fevereiro de 2011 (93.2 mm) foi próxima das normais climatológicas 1981-2010 (85.7 mm), classificando-se como normal a seco. O mês de fevereiro apresentou somente um evento de movimento em massa. É possível verificar na Figura 57, os volumes diários de precipitação em Coimbra, as normais climatológicas e o número de ocorrência de movimentos de massa para 2011. Fevereiro esteve sob a influência de uma baixa pressão e um sistema frontal associado, com chuvas fortes, vendaval e queda de granizo.

Figura 57 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2011 – Coimbra.

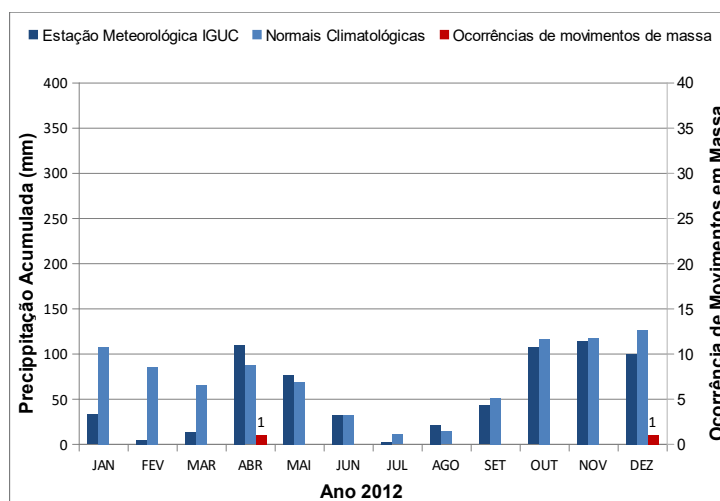


Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

O valor médio da quantidade de precipitação foi inferior ao normal em dezembro de 2011 e em janeiro, fevereiro e março de 2012, que tiveram seus valores de precipitação inferiores aos valores normais em todo o Continente e em Coimbra, como é possível verificar na Figura 58. Foram considerados meses secos a extremamente secos. A precipitação em abril excedeu um pouco as normais climatológicas, houve um desagravamento da severidade da seca meteorológica em Portugal Continental e apenas um evento de movimento de massa em Coimbra, registrado pelo jornal Diário de Coimbra. A situação meteorológica durante o mês de abril de 2012 foi caracterizada por uma vasta região de baixas pressões e, por vezes, pela

passagem de ondulações frontais, o que originou predominância de céu em geral muito nublado e ocorrência de precipitação.

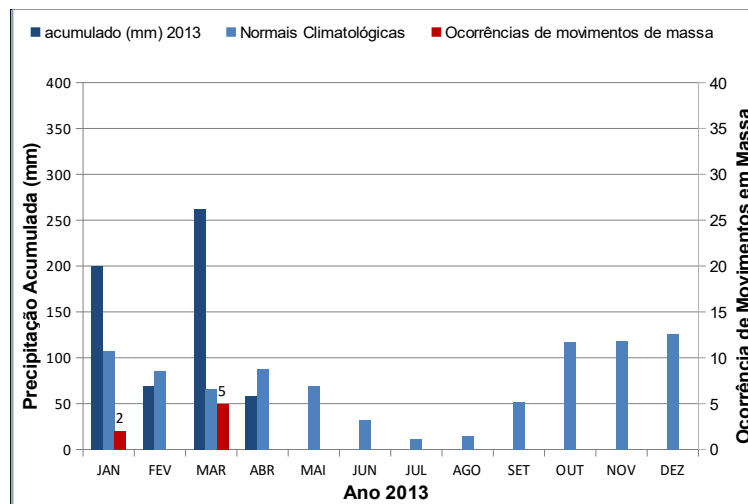
Figura 58 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2012 – Coimbra.



Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

O mês de janeiro de 2013 em Portugal Continental caracterizou-se por valores médios da quantidade de precipitação e da temperatura média do ar acima do valor normal para 1971-2000. O mês foi classificado como extremamente chuvoso, como é possível verificar na Figura 59. Ocorreram dois eventos de movimentos em massa no mês de janeiro e mais 5 eventos no mês de março, cujo valor do acumulado mensal de precipitação excedeu em quase 400 % das normais climatológicas (Figura 59). O tempo esteve associado a centro de baixa pressão em janeiro, que sofreu processo de ciclogênese explosiva (formação de baixa pressão muito intensa), com altos valores de precipitação e ventos muito fortes. Março também foi classificado como extremamente chuvoso e foi influenciado por áreas de baixa pressão associados a frentes frias.

Figura 59 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2013 – Coimbra.



Fonte: Dados do IPMA, IGUC e do Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

A sequência das análises de 2000 a 2013, acima apresentada, demonstra existência da correlação positiva entre o número de eventos de movimentos de massa e a precipitação. Além disso, a avaliação de principais sistemas meteorológicos, como sistemas frontais e NAO-, como discutido anteriormente, mostrou a potencialidade da previsão do tempo na prevenção desses eventos.

7.2 Ocorrências de Movimentos de massa em Campinas

As ocorrências encontradas nas pesquisas realizadas no banco de dados de desastres naturais do IPMet estão descritas no Quadro 10. O período consultado compreende o mesmo que foi estudado em Coimbra, de janeiro de 2000 a março de 2013. Os números de ocorrências notificados pelo Banco de Dados do IPMet em Campinas (7) são reduzidos, comparados com as ocorrências notificadas pelo Jornal de Coimbra (123). É importante citar que as características geotécnicas de Coimbra são mais favoráveis aos movimentos de massa que Campinas, cuja problemática envolve mais alagamentos e inundações.

Quadro 10 – Ocorrências de movimentos de massa no período de 2000 a 2013 em Campinas.

DATA	HORARIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	OUTROS DANOS
17-11-2003	tarde	Bairro Escorpião, Jardim Campos Elíseos e Parque Cidade	Deslizamento de terra	Desabrigados, desalojados, danos em imóveis (5) e veículos, alagamentos.
13-10-2004	19h40	Campos Elíseos, Parque Industrial, Jardim Rossim, Jardim Santa Lúcia, DIC5, Jardim Florence I e II (*)	Deslizamento de terra (3)	Queda de muro (3), danos em imóveis (36), inundações graduais e alagamentos via pública (2).
04-01-2005	Final da tarde	Rua Dois, 65 – Parque Universal Rua Cabo Rubens Zimmermman, s/n – Jardim do Lago II	Deslizamento de terra (2)	Danos em imóveis (4), quedas de árvores, corte no fornecimento de energia, desabrigados (8) e desalojados (18).
24-03-2005	Sem informação	Avenida Anchieta,, Avenida Norte-Sul, Avenida Heitor Penteado e Rua Pedro Álvares Cabral. (*)	Deslizamento de terra	Desabrigados (154), queda de muro, danos em imóveis, veículos arrastados pela enxurrada e alagamentos.
29-03-2006	11h25	Jardim Campos Elíseos, Jardim Satélite Íris, Jardim Nossa Senhora de Lourdes, Parque Taquaral, Paraíso de Viracopos e Vila Industrial. (*)	Deslizamento de terra	Quedas de árvores, transbordamento de rios e córregos, danos em imóveis e destalamentos, desalojados (8).
05-01-2007	Sem informação	Rua Abigail Veni Nader, 592, Núcleo 5 de Março, bairro Diqe Cinco	Escorregamento de encosta	Desabrigados (7), desalojados (17), transbordamento de rios e córregos, queda de muro, danos em imóveis (3).
04-06-2012	tarde	Jardim das Bandeiras 1	Deslizamento de terra	Queda de muro, desabrigado e corte no fornecimento de energia.

(*) Os locais citados não correspondem exatamente ao endereço do evento de movimento de massa, e sim aos bairros onde foram registraram todas as ocorrências relacionadas no Quadro.

A seguir, foram verificados os volumes pluviométricos totais diários em duas estações meteorológicas (CIIAGRO e CEPAGRI), e a soma dos três dias que antecederam o evento de movimento de massa, assim como o quinto, décimo e décimo quinto. Também foram analisados os totais mensais do mês da ocorrência e do mês anterior. O quadro a seguir demonstra esses volumes de precipitação (Tabela 20).

Tabela 20 – Precipitação acumulada no dia da ocorrência, e nos 3^o, 5^o, 10^o e 15^o dias que antecederam o evento de movimento de massa, mais a precipitação acumulada do mês anterior e do mês da ocorrência para todos os eventos. A – Estação Meteorológica do CIIAGRO (IAC), B – Estação Meteorológica do CEPAGRI (Unicamp).

DATA	Prec. Ac. no dia da ocorrência		Prec. Ac. 3 dias anteriores		Prec. Ac. 5 dias anteriores		Prec. Ac. 10 dias anteriores		Prec. Ac. 15 dias anteriores		Prec. Ac. Mês anterior		Prec. Ac. Mensal	
ESTAÇÕES	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
17-11-2003	43,4	51,05	49,1	16,51	66,7	21,34	116,8	35,82	119,40	39,63	86,0	89,91	223,3	159,26
13-10-2004	1,8	5,8	19,8	32,77	19,8	32,77	36,8	55,13	40,8	58,18	27,5	16,5	201	233,16
04-01-2005	18,5	18,29	15,0	1,02	15,1	1,02	83,90	65,79	139,8	149,62	177,5	243,84	452,8	424,65
24-03-2005	15,6	36,83	84,5	127	84,7	129,03	268,1	286,26	275,1	286,26	96,7	58,41	308,1	347,22
29-03-2006	12,3	5,08	14,2	20,32	17,5	23,11	36,6	79,50	43,1	81,02	184,7	261,6	203,1	276,09
05-01-2007	30,9	48,3	49,1	63	93,2	100	119,0	127	171,4	190	229,2	198,42	404,1	475,86
04-06-2012	0,3	0	1,8	8,63	1,8	8,63	23,4	26,41	23,4	26,41	73,1	64	165,5	133,09

Fonte: CIIAGRO e CEPAGRI. Elaborado pela autora.

7.2.1 Análise dos condicionantes atmosféricos associados aos eventos em Campinas

Para o estudo, foram considerados os eventos responsáveis pelas ocorrências de deslizamentos, quedas de barreira e escorregamentos de encostas deflagrados por instabilidades atmosféricas severas. Estes eventos são aqueles notificados pela Defesa Civil do estado de São Paulo e demais notícias de jornais, encontrados no Banco de Dados de Desastres Naturais (IPMet), que afetaram a população de forma direta ou indireta, aqueles que não causaram danos não foram computados.

Os meses que compreenderam o maior número de ocorrências referem-se aos meses mais chuvosos (outubro a fevereiro, podendo se estender a março). Com a exceção de um evento em junho de 2012, que foi um mês extremamente chuvoso, e que normalmente é considerado seco.

Para melhor entendimento do comportamento das chuvas em Campinas, os dados de precipitação das estações do CIIAGRO e CEPAGRI foram analisados para investigar a influência do ENOS na precipitação sobre Campinas. Também foram utilizados para efeito de

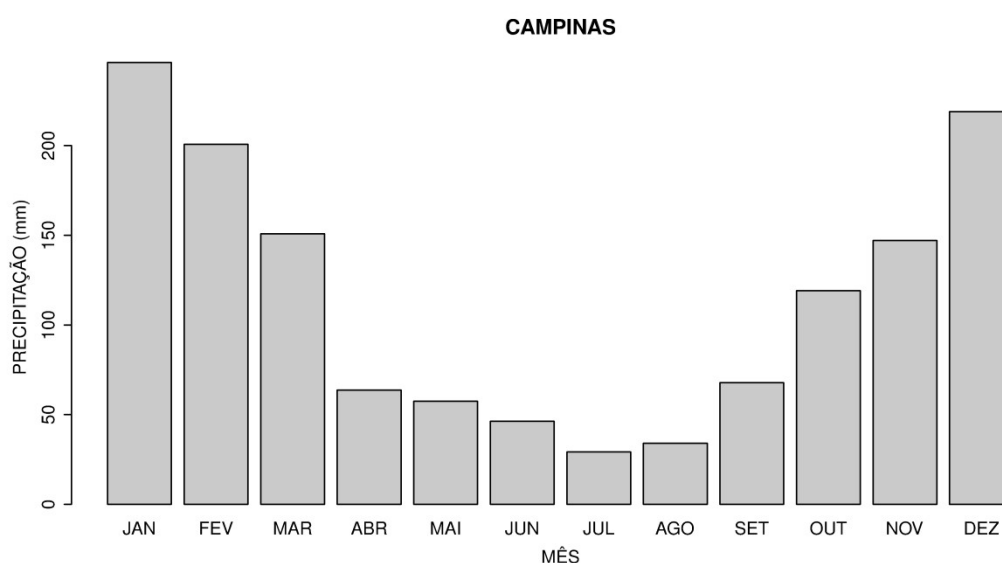
comparação, os dados das normais climatológicas de precipitação em Campinas no período de 1941 a 2004 fornecidos pelo IAC.

7.2.2 Análise da Precipitação em Campinas

A região de Campinas, como na maior parte do estado de São Paulo, apresenta um regime de chuva altamente sazonal com maior volume de chuva (aproximadamente 78%) ocorrendo entre outubro e março (Figura 60). A sazonalidade é também observada na frequência de dias chuvosos ($> 0.1\text{mm}$) (Figura 61). Os principais mecanismos que produzem precipitação na região são sistemas frontais, e sistemas de mesoescala (linhas de instabilidades, ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul, CCM - Complexo convectivo de mesoescala), mas muitas ocorrem sem tais mecanismos devido a instabilidade atmosférica local, especialmente no verão do Hemisfério Sul (dezembro a janeiro, DJF) (REBOITA *et al*, 2010).

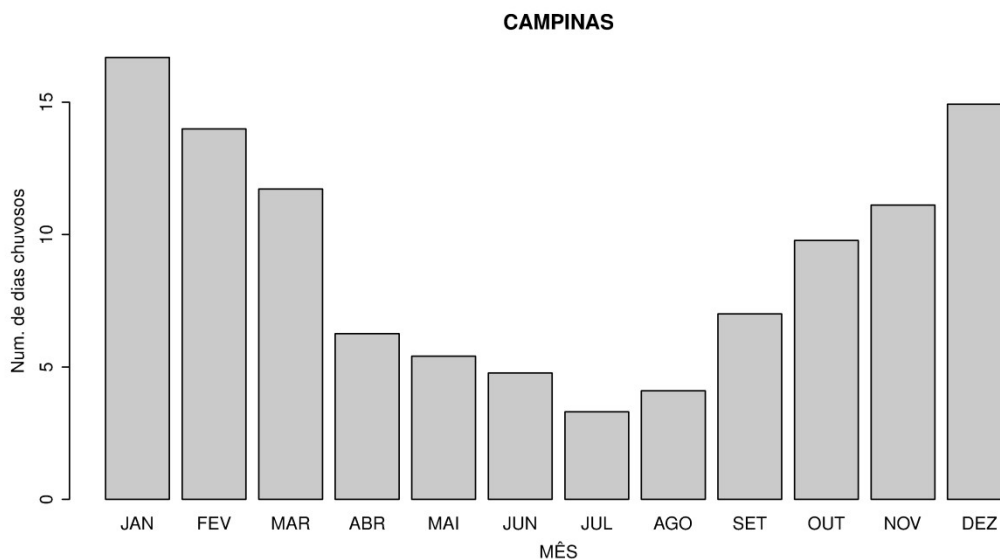
Essa climatologia é baseada nos dados da estação do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), para o período de 1941 a 2004. Os dados anteriores a esse período (1890 a 1940) foram descartados por apresentarem problemas de qualidade, entre os quais, reportagens de valor zero no lugar da ausência de observações, que foram detectados seguindo procedimentos propostos por Sugahara *et al* (2014).

Figura 60 - Precipitação mensal média (mm) em Campinas, para o período 1941-2004.



Fonte: Dados da estação meteorológica do IAC. Elaborado pela autora.

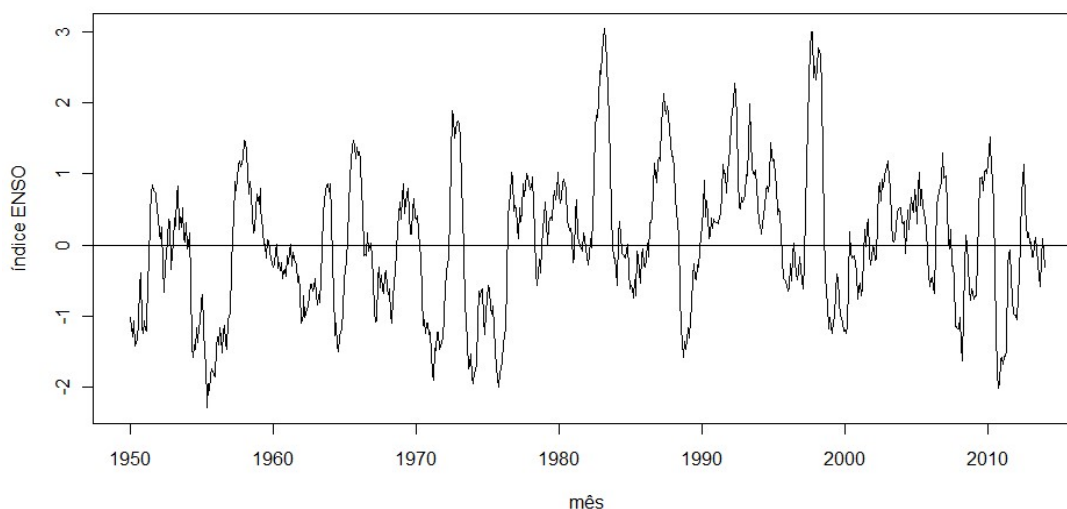
Figura 61 – Número médio de dias chuvosos, para o período 1941-2004 em Campinas.



Fonte: Dados da estação meteorológica do IAC. Elaborado pela autora.

Entre os mecanismos de variabilidade interanual da precipitação no Brasil, os fenômenos El Niño e La Niña têm merecido destaque, especialmente nas regiões Sul e Nordeste do país. Resumidamente, El Niño é um fenômeno oceânico caracterizado principalmente pelo aparecimento de temperatura da superfície do mar (TSM) mais quente que normal no oceano Pacífico Tropical sobretudo perto da costa oeste da América do Sul. Essa redistribuição de TSM tem um grande impacto na circulação atmosférica que por sua vez pode estabelecer um padrão de teleconexão climática, isto é, correlação variabilidade climática entre pontos distantes do globo. A grosso modo, La Niña ocorre o oposto ao El Niño, então no lugar do aparecimento de TSM mais quente que normal surge TSM mais fria. Usualmente, os fenômenos El Niño e La Niña são monitorados baseando-se nos números chamados índices de Oscilação Sul ou índice ENOS. Entre vários índices existentes, o de NOAA é apresentado na Figura 62, para o período de 1950 a 2013. Nesse índice, os valores mais positivos indicam El Niño e os mais negativos La Niña.

Figura 62 – Índice de ENOS produzido pelo NOAA.

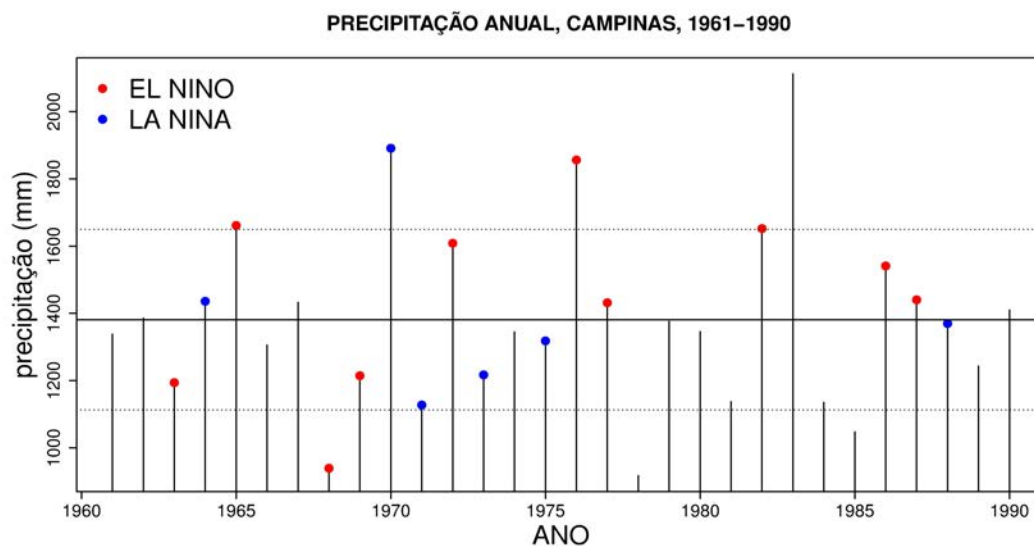


Fonte: NOAA

A análise apresentada na Figura 63, onde a ocorrência de El Niño ou La Niña é indicada sobre a quantidade anual de precipitação, mostra que o impacto desses fenômenos sobre a precipitação em Campinas é muito irregular, no sentido que a ocorrência de cada um deles pode ocasionar quantidade de precipitação tanto acima da normal quanto abaixo da normal.

Nota-se, por exemplo, que o El Niño de 1976 esteve associado com precipitação bem acima da normal, mas o de 1968 com a precipitação bem abaixo da normal. Em outros casos de El Niño, como de 1977 e 1987 a quantidade de precipitação foi praticamente normal. Pode-se também notar relação irregular entre a precipitação anual em Campinas com a La Niña (Figura 63). Assim, de acordo com essas análises, a precipitação em Campinas parece não sofrer influência das condições de TSM no oceano Pacífico Tropical, em concordância com os resultados de Ropelewski e Halpert (1988). Contudo, para tal afirmação, faz-se necessário, estudos mais aprofundados.

Figura 63 - Precipitação anual (mm) em Campinas de 1961 a 1990, com a indicação de anos de El Niño e La Niña.



Legenda: El Niño (círculo vermelho) e La Niña (círculo azul). A linha horizontal cheia indica média para todo o período e as linhas horizontais pontilhadas, um desvio padrão para cima e para baixo da média.

Fonte: Ropelewsk & Bell (2008). Elaborado pela autora.

Para a análise das condições atmosféricas associadas aos eventos em Campinas, foram considerados os boletins meteorológicos do CPTEC (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos), dados sinóticos, imagens de satélite, dados das normais climatológicas, de estações meteorológicas do CIIAGRO (Lat:-22.8674, Lon:-47.0063) e CEPAGRI (Lat:-22.8156, Lon:-47.0578), e dados do radar meteorológico do IPMet.

7.2.3 Precipitação e os movimentos em massa em Campinas

Para o estudo e correlação entre precipitação e movimentos em massa ocorridos em Campinas, foram realizadas análises mensais no período que compreende janeiro de 2000 a março de 2013, com o auxílio dos boletins meteorológicos, dados sinóticos e das caracterizações climáticas mensais e anuais do CPTEC, assim como os dados dos totais de chuva acumulada diária e mensal do CEPAGRI e CIIAGRO para todo o período da pesquisa.

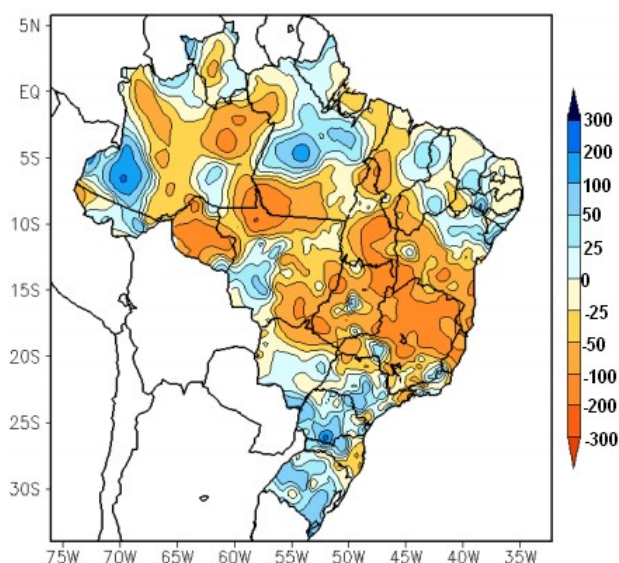
Nas análises, serão mostrados os gráficos com os acumulados mensais anuais (2000 a 2013) das estações CEPAGRI e CIIAGRO, as normais climatológicas (INMET) e o número de movimentos em massa ocorridos em Campinas (Banco de dados do IPMet).

As datas das ocorrências são: 17/11/2003 (a), 13/10/2004 (b), 04/01/2005 (c), 24/03/2005 (c), 29/03/2006 (d), 05/01/2007 (e), 04/06/2012 (f) e analisadas a seguir:

a) 17/11/2003:

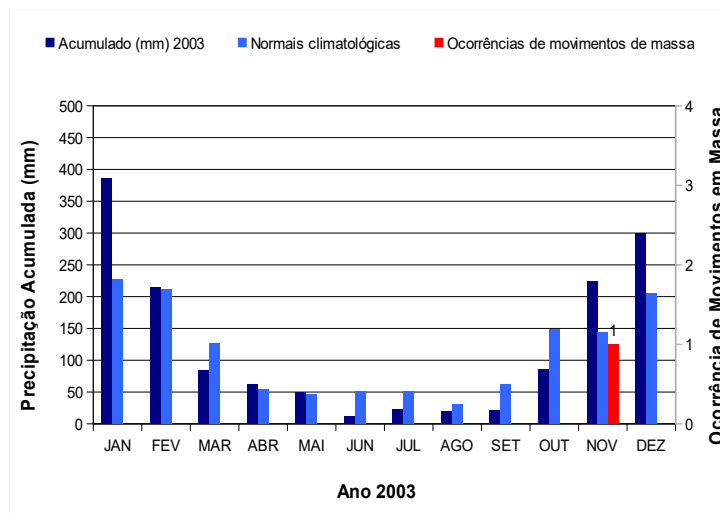
Para análise do evento ocorrido em 2003, o boletim Climanálise do CPTEC considerou que embora ainda seja um mês de transição entre a estação de estiagem e a estação chuvosa, novembro apresentou ocorrências de chuvas intensas e ventos fortes que causaram perdas humanas e econômicas em diversas localidades da Região Sul, no sul do Mato Grosso do Sul, em São Paulo e no Rio de Janeiro. Os totais de chuva ocorreram entre 100 e 150 mm em grande parte da Região Sudeste. Valores acima da média histórica foram observados no centro e sul do estado de São Paulo, como mostra a Figura 64. Já em Campinas, ao longo do ano de 2003, os meses que apresentaram valores acima da normal climatológica foram os meses de janeiro, novembro, quando ocorreu o evento de movimento de massa e dezembro (Figura 65).

Figura 64 – Desvio de precipitação em mm em relação à média climatológica para Novembro/2003 (Climatologia INMET: 1961-1990), Brasil.



Fonte: Boletim Climanálise – CPTEC/INPE.

Figura 65 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2003 – Campinas.



Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, INMET, Banco de Desastres do IPMet. Elaborado pela autora.

Os sistemas frontais atuaram dentro da média histórica para o mês de novembro de 2003 no Brasil. A primeira frente fria ingressou pelo litoral do Rio Grande do Sul no dia 09. Este sistema frontal teve um rápido deslocamento desde o litoral do Rio Grande do Sul até o Rio de Janeiro, onde enfraqueceu. A aproximação deste sistema provocou chuvas convectivas no município de Campinas, como é possível notar nas imagens detectadas pelo radar do IPMet (Figuras 66 e 68) e os registros dos pluviômetros (CIIAGRO e CEPAGRI), demonstrados no Tabela 21.

No dia 13 de novembro, o segundo sistema frontal atuou no litoral do Paraná, esse sistema estava associado a uma baixa pressão em superfície e apresentou rápido deslocamento até a Bahia. Já no dia 16, o terceiro sistema frontal iniciou-se sua trajetória no Rio Grande do Sul e deslocou-se até o Espírito Santo, onde enfraqueceu. Esses dois sistemas causaram chuvas moderada a forte sobre o município de Campinas, como pode ser demonstrado na sequência de imagens do radar (Figuras 66 a 72) e nos dados dos pluviômetros (Tabela 21). As Figuras 67, 70 e 71 mostram chuvas do tipo convectivas que antecederam o sistema frontal, e as Figuras, 69 e 72, mostram o sistema frontal atuando com chuvas estratiformes sobre grande parte do estado de São Paulo. O evento de movimento de massa ocorreu no dia 17 de novembro em Campinas, com acumulado de chuva significativa para o município, conforme dados das estações meteorológicas descritas na Tabela 21. A Figura 73, mostra a imagem de satélite com a atuação do sistema frontal neste dia.

Tabela 21 – Acumulado diário de precipitação para o mês de novembro de 2003 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 17/11/2003 – período da tarde.

NOVEMBRO	Ac. Estação		Ac. Radar	
	CIIAGRO	CEPAGRI	CIIAGRO	CEPAGRI
2-11-2003	0	0,25	0	0
3-11-2003	0	0	0	0
4-11-2003	0	0	0	0
5-11-2003	0	0	0	0
6-11-2003	2,6	3,56	2,5	2,5
7-11-2003	36,4	7,62	25,5	17,5
8-11-2003	13,7	6,86	30,5	25,5
9-11-2003	0	0	0	0
10-11-2003	0	0	0	0
11-11-2003	0	0	0	0
12-11-2003	0,3	3,05	15,5	2,5
13-11-2003	17,3	1,78	20,5	11,5
14-11-2003	4,5	15,49	15,5	13,5
15-11-2003	0	0	0	0
16-11-2003	44,6	1,02	12,5	4,5
17-11-2003	43,4	51,05	28,5	32,5
18-11-2003	29,8	31,24	29,5	34,8

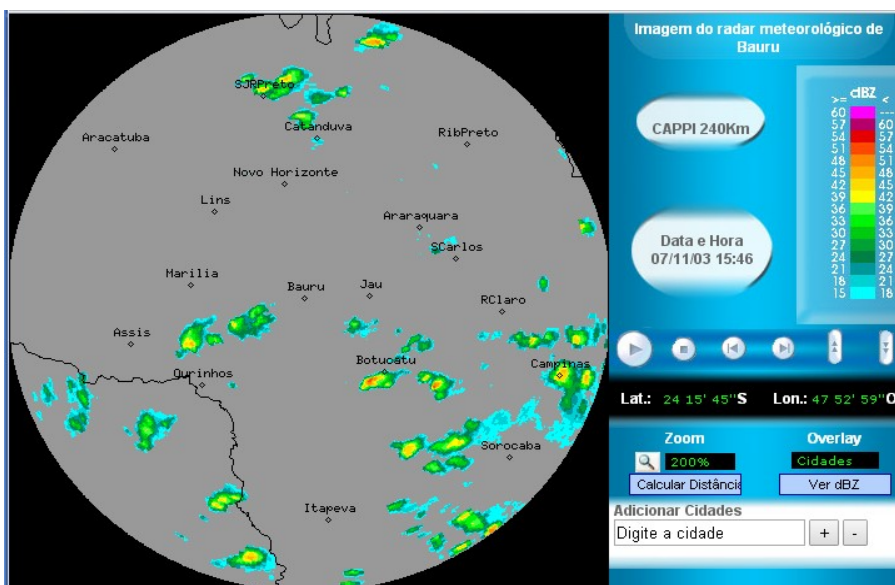
Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, Radar do IPMet.

Figura 66 – Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 06 de novembro de 2003 às 14h31.



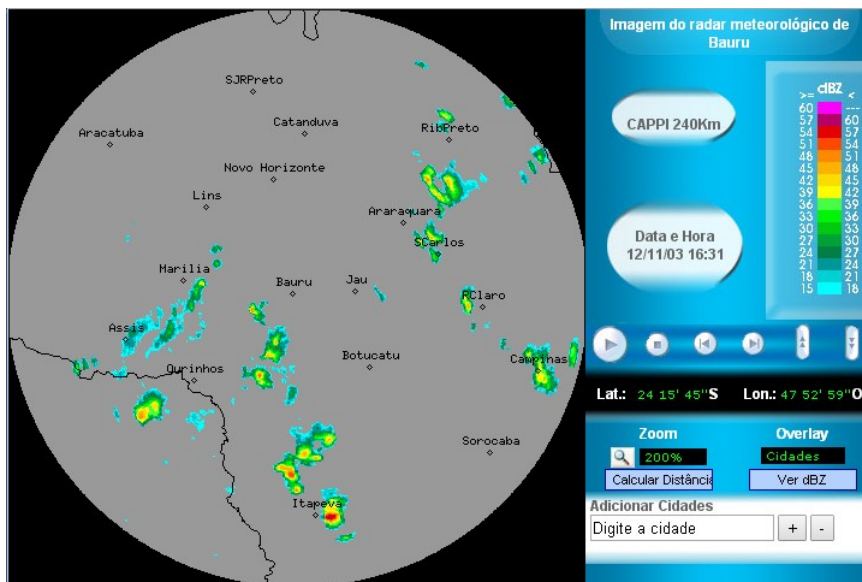
Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

Figura 67 – Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 07 de novembro de 2003 às 15h46.



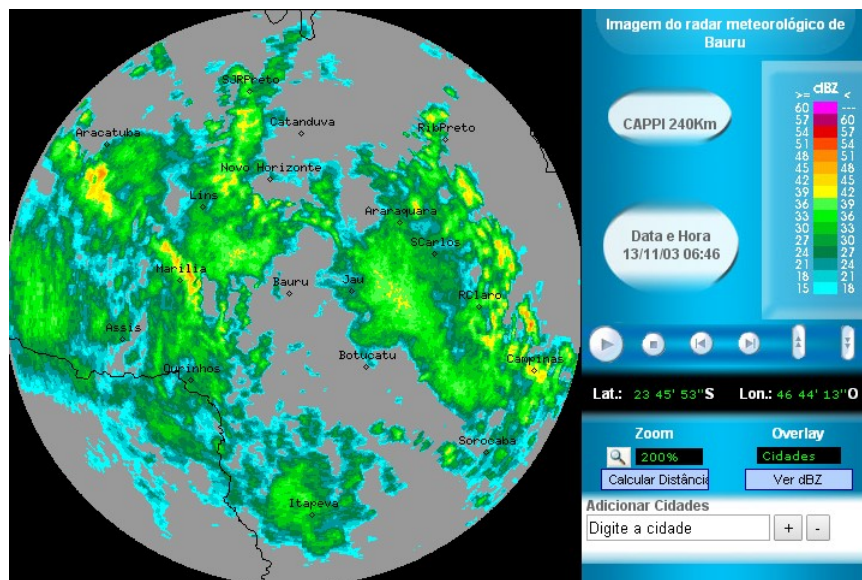
Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

Figura 68 – Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 12 de novembro de 2003 às 16h31.



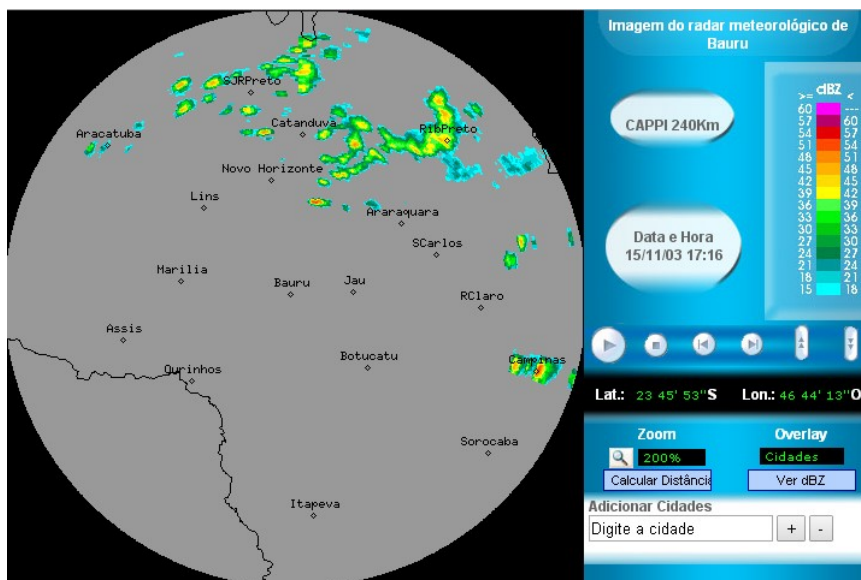
Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

Figura 69 – Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 13 de novembro de 2003 às 06h46.



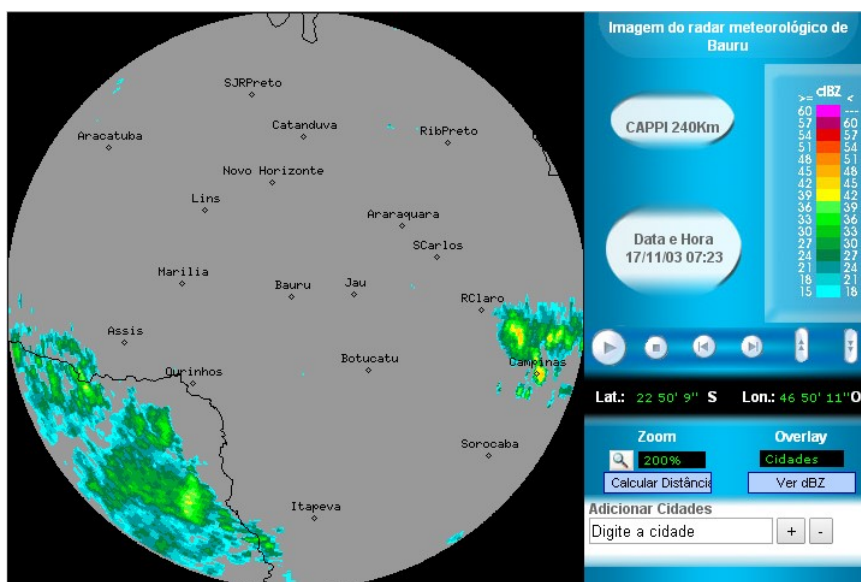
Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

Figura 70 – Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 15 de novembro de 2003 às 17h16.



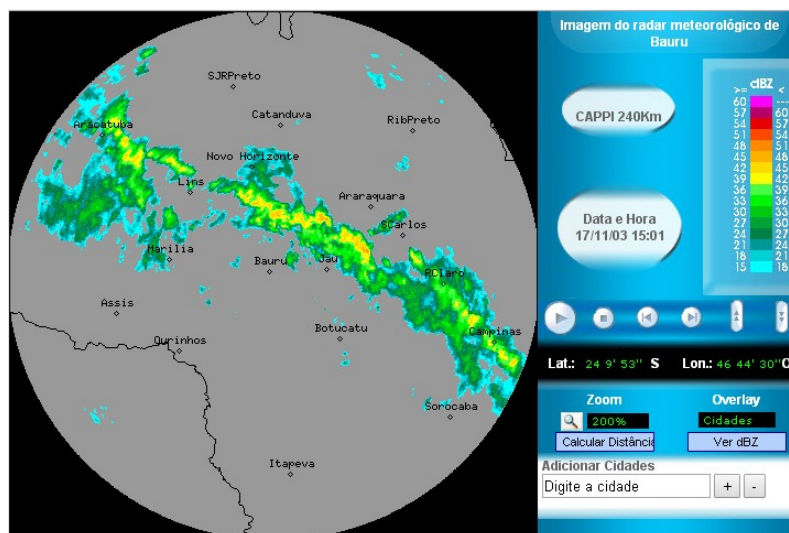
Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

Figura 71 – Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 17 de novembro de 2003 às 07h23.



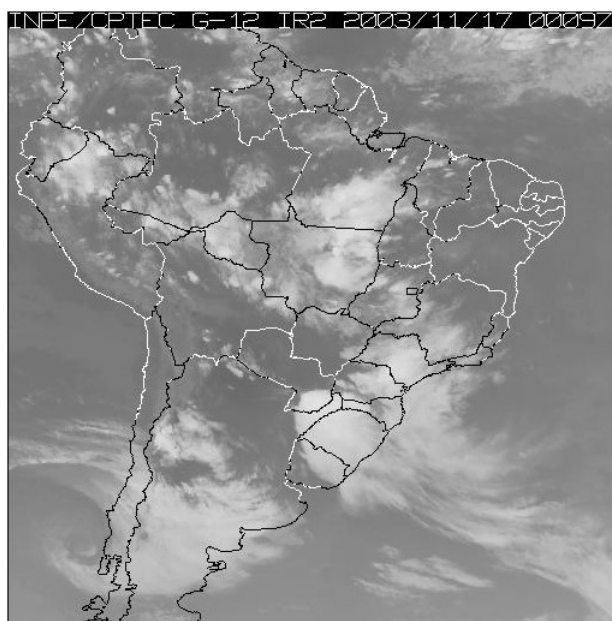
Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

Figura 72 – Imagem do radar meteorológico de Bauru (CAPPI) do dia 17 de novembro de 2003 às 15h01.



Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

Figura 73 – Imagem de satélite – Goes 12, do dia 17 de novembro de 2003.



Fonte: Arquivo de Imagens do CPTEC, acesso: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/>.

É possível observar nas Figuras 74 e 75 os acumulados de precipitação gerados pelo radar meteorológico para 24, 48, 72 e 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa para os dois pontos das estações meteorológicas, do CIIAGRO e do CEPAGRI. Com 24 horas de antecedência, o radar acumulou nas duas estações, 34,8 mm e 29,8 mm,

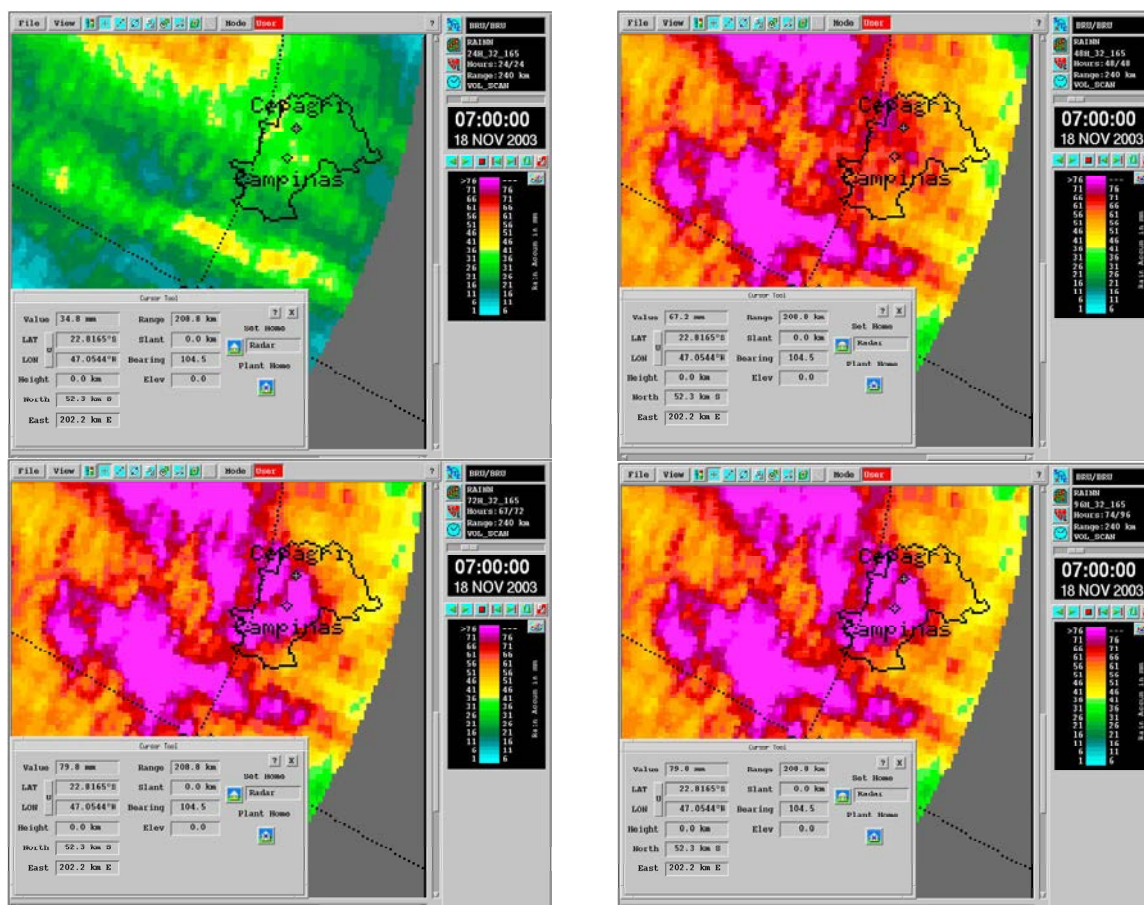
respectivamente. Para 48 horas, acumulou, 67,2 mm (CIIAGRO) e 59,8 mm (CEPAGRI), com 72 horas de antecedência, 79,8 mm e 69,8 mm, já para 96 horas de antecedência não houve acréscimo nos valores, pois não houve mais chuva.

Tabela 22 – Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 17/11/2003.

	EST. MET. CIIAGRO	EST. MET. CEPAGRI	RADAR CIIAGRO	RADAR CEPAGRI
24h	44,6 mm	1,02 mm	29,8 mm	34,8 mm
48h	88 mm	52,07 mm	67,2 mm	59,8 mm
72h	117,8 mm	83,31 mm	79,8 mm	69,8 mm

Fonte: CIIAGRO, CEPAGRI, Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Figura 74 – Imagens dos produtos de chuva acumulada gerados pelo radar meteorológico do IPMet, para 24, 48, 72 e 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CEPAGRI, no dia 17 de novembro de 2003.

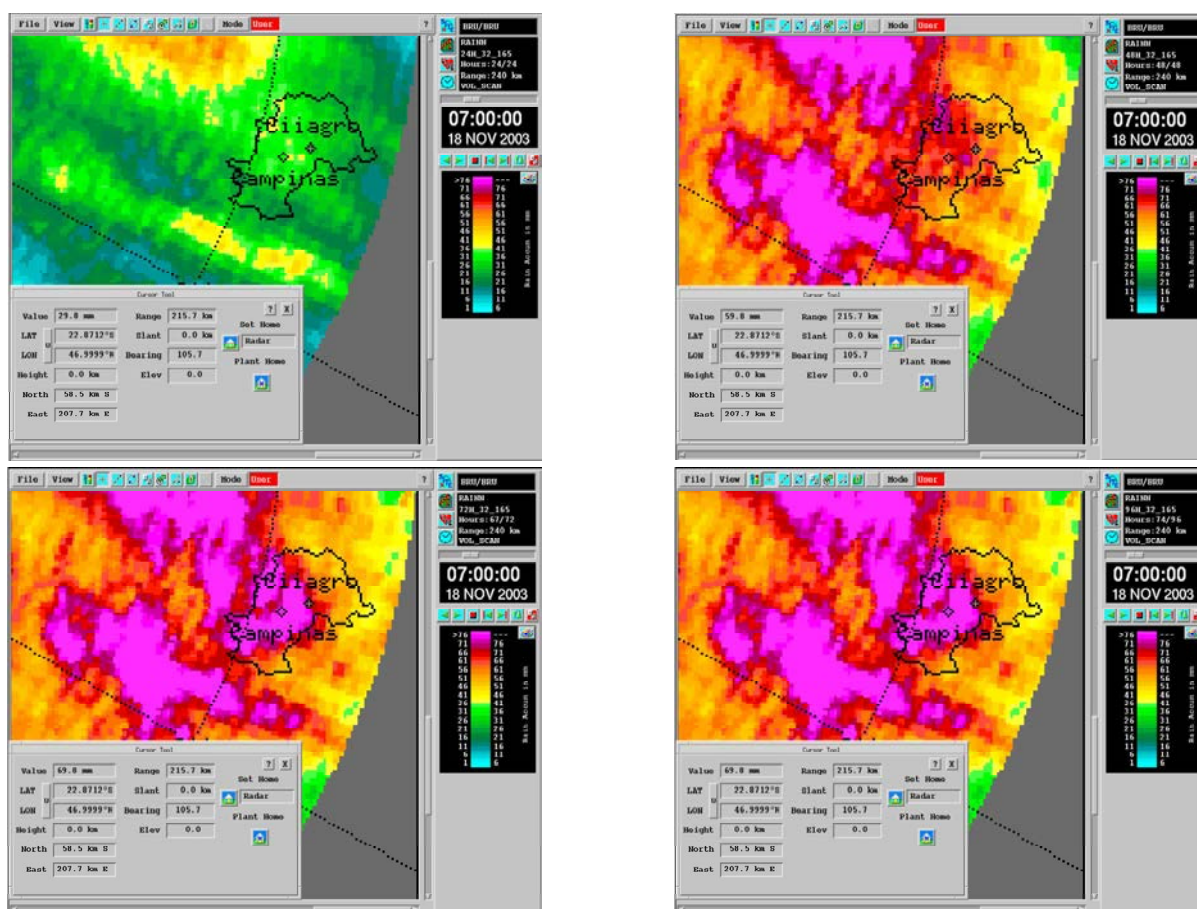


Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Observa-se que os produtos de chuva acumulada gerados pelo radar meteorológico, já seriam suficientes para emitir alerta de escorregamentos para o município de Campinas, levando em consideração o valor estimado pelo PPDC de 80 mm em três dias. O valor do pluviômetro da estação do CIIAGRO acumulou 117,8 mm em três dias, enquanto o do CEPAGRI acumulou 83,31 mm em três dias antes do evento.

A Tabela 22 mostra os valores acumulados 24h, 48h e 72h anterior ao evento de movimento de massa nos pontos geográficos do CIIAGRO e CEPAGRI, e nota-se que valores acima 60 mm detectados pelo radar meteorológico já seriam relevantes comparados aos valores das estações meteorológicas acima de 80 mm para a emissão de alerta.

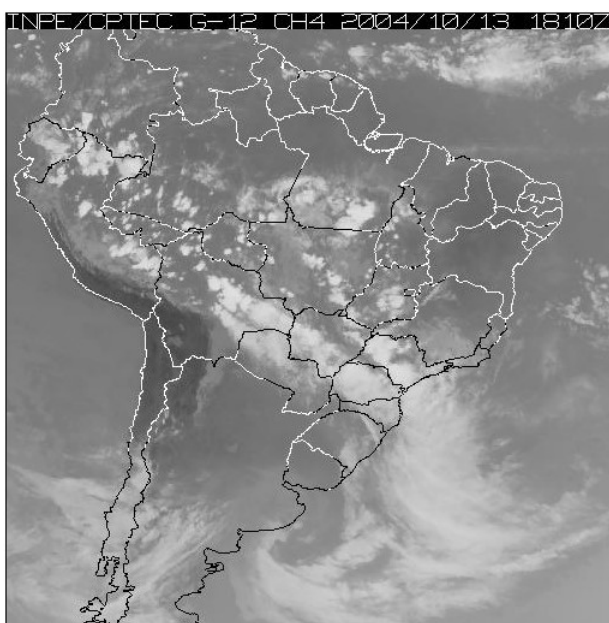
Figura 75 – Imagens dos produtos de chuva acumulada gerados pelo radar meteorológico do IPMet, para 24, 48, 72 e 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CIIAGRO, no dia 17 de novembro de 2003.



Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

b) 13/10/2004: Para o evento ocorrido em 2004, o Boletim de Monitoramento e Análise Climática do CPTEC, citou que permaneceram anomalias positivas de TSM na faixa equatorial do Oceano Pacífico Central, caracterizando o início do episódio quente do fenômeno ENOS, e destacou que no mês de outubro (mês que ocorreu o evento de movimento de massa em Campinas), houve uma mudança no padrão atmosférico e na frequência de chuvas em todo o Brasil. As chuvas, segundo o boletim, foram mais frequentes no estado de São Paulo, e em alguns lugares excederam a média histórica em mais de 100 mm. A atuação de frentes frias foi maior no sudoeste de São Paulo, onde ocorreram os maiores totais acumulados. Seis sistemas frontais atuaram no mês de outubro, sendo a climatologia igual a sete para as latitudes entre 35°S e 25°S. Foram observadas duas ciclogêneses que causaram chuvas significativas sobre a Região Sul, sul do Mato Grosso do Sul e oeste de São Paulo. O último sistema frontal de setembro permaneceu atuando até o dia 9 de outubro, entre o litoral de São Paulo e Salvador, com chuvas moderadas na faixa leste de São Paulo. O primeiro sistema frontal ingressou pelo sul do país dia 9 e atingiu Campinas dia 11 de outubro. O segundo sistema frontal originou-se de uma ciclogênese que se configurou sobre o Rio Grande do Sul no dia 12, proporcionando elevados totais de chuvas em toda Região Sul e Sudeste. No estado de São Paulo, a frente fria interagiu com áreas de instabilidades que se formaram no sul da Amazônia e proporcionou grandes volumes de chuva como é possível observar na Figura 76.

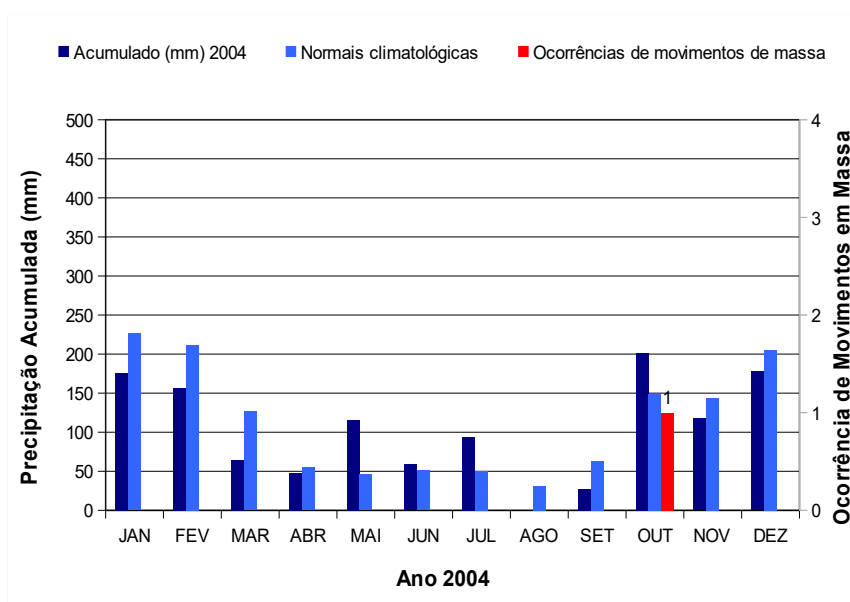
Figura 76 – Imagem de Satélite Goes-12 do dia 13 de outubro de 2004, às 18:10 Z.



Fonte: Acervo de Imagens do CPTEC, acesso: <http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/>.

Este alto volume acumulado de precipitação deflagrou o evento de movimento de massa do dia 13 de outubro. A Figura 77 mostra os totais acumulados mensais para o ano de 2004 das estações do CEPAGRI e do CIIAGRO, e os totais acumulados das normais climatológicas e a ocorrência de movimento de massa no dia 13 de outubro. Nota-se que os meses secos, maio, junho e julho, apresentaram valores acima da média histórica (Normais Climatológicas), assim como os meses de outubro, novembro e dezembro. Outubro destaca-se por ultrapassar em quase 57% acima da normal climatológica para o mês.

Figura 77 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2004 – Campinas.



Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, INMET, Banco de Desastres do IPMet. Elaborado pela autora.

Tabela 23 – Acumulado diário de precipitação para os meses de setembro e outubro de 2004 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 13/10/2004 – às 19h40.

OUTUBRO	Ac. .Estação		Ac. Radar	
	CIIAGRO	CEPAGRI	CIIAGRO	CEPAGRI
1-10-2004	0	0	0	0
2-10-2004	4,0	3,05	3,5	3,0
3-10-2004	14,5	18,8	16,5	15,0
4-10-2004	2,5	3,56	5,5	6,0
5-10-2004	0	0	0	0
6-10-2004	0	0	0	0
7-10-2004	0	0	0	0
8-10-2004	0	0	0	0
9-10-2004	0	0	0	0
10-10-2004	0	0	0	0
11-10-2004	18,0	31,75	9,5	10,5
12-10-2004	0	1,02	SEM DADOS	
13-10-2004	1,8	5,08	SEM DADOS	
14-10-2004	51,5	58,93	SEM DADOS	

Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, Radar do IPMet.

A Tabela 23 mostra os valores da precipitação nas estações meteorológicas no dia do evento e nos dias que o antecederam. Não foi possível gerar os acumulados de chuva no radar meteorológico, pois este passava por manutenção e não se encontrava operacional. Mas, é possível observar volumes de precipitação acima de 20 mm acumulados em três dias anteriores ao evento. E, dez dias antes do deslizamento, um período de 6 dias sem chuva e 48 horas antes do evento, valores acima de 18 mm. O alto volume de chuva acumulada nas duas estações em 24 horas (superou 53 mm) no dia 13 de outubro, registrado às 07h da manhã do dia 14 de outubro foi o agente deflagrador do movimento de massa.

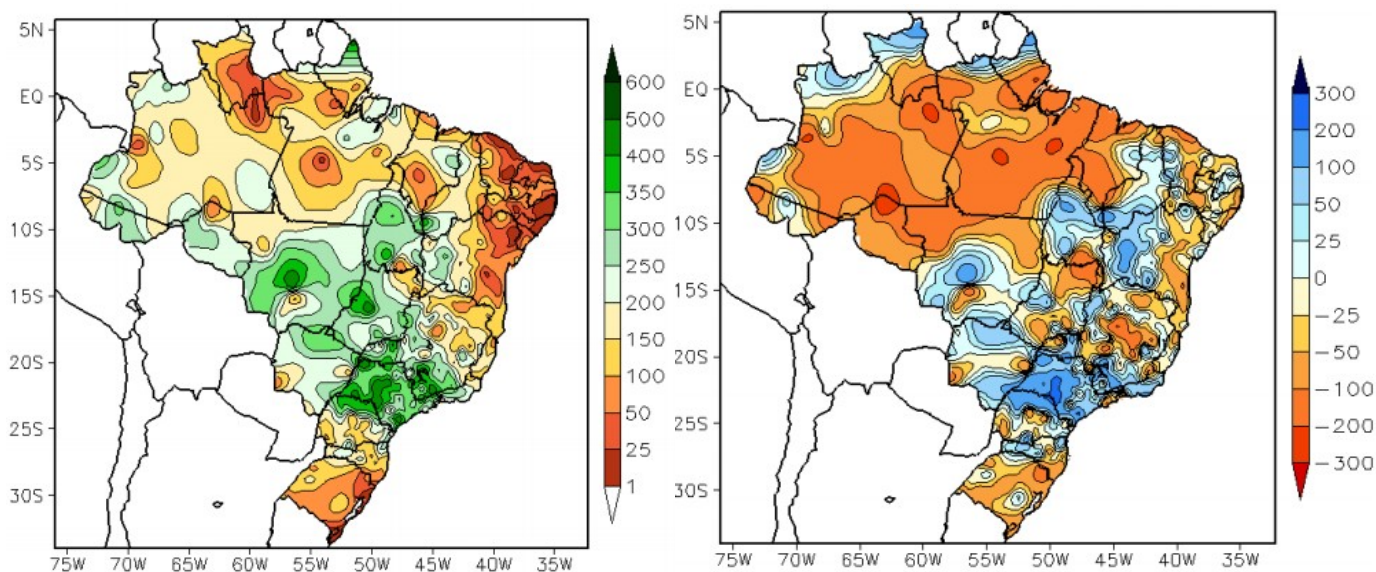
Nota-se ainda na Tabela 23, que desde o acumulado do dia 11 de outubro para a estação do CIIAGRO foi acumulado 71,3 e para a estação do CEPAGRI acumulou 96,78.

Assim, baseados nesses valores, já era possível entrar em estado de Atenção, segundo valor estimado pelo PPDC de 80 mm.

c) 04/01/2005 e 24/03/2005: Para a análise das duas ocorrências em 2005, vale destacar que durante o mês de dezembro de 2004, permaneceram condições de um El Niño de fraca intensidade. Em janeiro de 2005, persistiu a fraca intensidade desse fenômeno. Somente quatro frentes frias atuaram no país em janeiro de 2005, segundo boletim de informações climáticas do CPTEC/INPE e INMET. Estes sistemas apresentaram rápido deslocamento pela Região Sul e ficaram semi-estacionários sobre as Regiões Sudeste e Centro-Oeste, contribuindo para a configuração da ZCAS – banda de nuvens que, nos meses de verão, estende-se desde o centro do Brasil até o Oceano Atlântico e produz chuva por dias consecutivos. A atuação da ZCAS em três episódios ao longo do mês, proporcionou aumento das chuvas e contribuiu para que a precipitação ficasse acima da média histórica no estado de São Paulo, para o município de Campinas os valores foram um pouco acima da média histórica.

A Figura 78 mostra a precipitação observada em todo o Brasil e os desvios em relação aos valores médios históricos para o mês de janeiro de 2005. Nota-se que a região onde se encontra Campinas ficou acima da média.

Figura 78 – (a) Precipitação total (mm) em Janeiro de 2005. (b) Desvio de precipitação (mm) em relação à média climatológica de Janeiro/2005 (Climatologia INMET: 1961-1990).



(a)

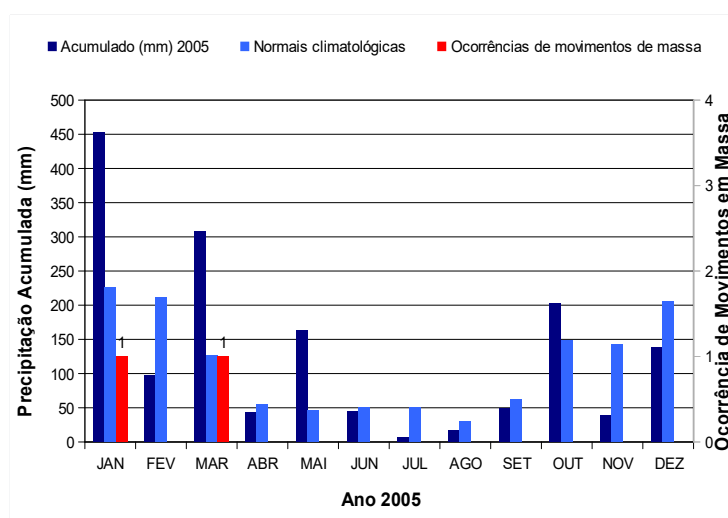
(b)

Fonte: Fonte: Boletim Climanálise – CPTEC (2005).

A Figura 79 mostra os totais pluviométricos mensais das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, as normais climatológicas e os dois eventos de movimentos de massa ocorridos em 4 de janeiro e 24 de março de 2005. Observa-se também na Figura 79 que os totais de chuva nos meses de janeiro e março estiveram muito acima das normais climatológicas, 100% e 175% acima dos valores respectivamente. Meses que estiveram acima da média foram maio e outubro, mas sem ocorrências de escorregamentos. Os meses de fevereiro, abril, julho, setembro, novembro e dezembro foram muito secos e estiveram abaixo da média climatológica.

Em março de 2005, evidencia o enfraquecimento do fenômeno El Niño e a transição para uma fase de neutralidade no Pacífico Equatorial. A maior parte do país apresentou déficit de precipitação, exceto Bahia e norte da Região Sudeste. As chuvas que estiveram associadas à formação da ZCAS e à passagem dos sistemas frontais causaram valores acima da normal climatológica. No dia 20, fortes pancadas de chuva e granizo atingiram as áreas, central e norte do estado de São Paulo. As cidades de Campinas e Sumaré, no interior, foram castigadas por chuvas intensas entre os dias 22 e 24, que provocaram danos à população local, a ocorrência de escorregamento em Campinas ocorreu no dia 24 de março, conforme apresentado no Quadro 10 anteriormente.

Figura 79 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2005 – Campinas.

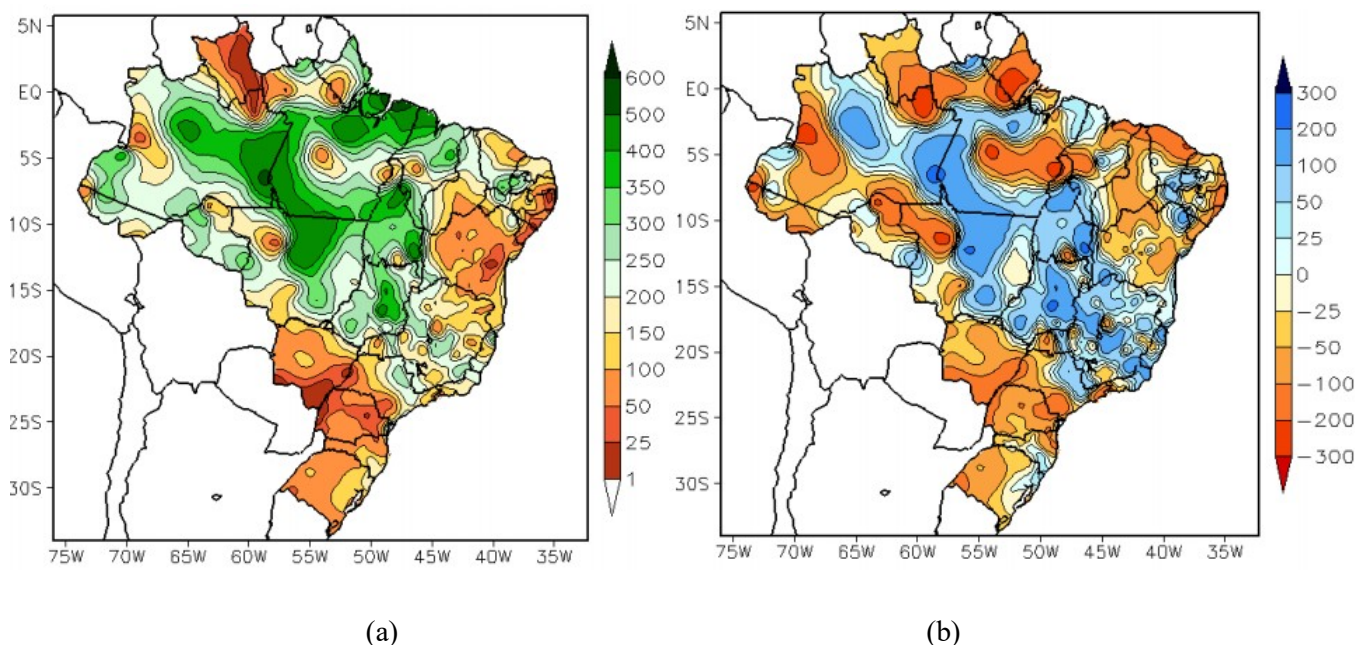


Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, INMET, Banco de Desastres do IPMet. Elaborado pela autora.

Em março, a ZCAS esteve configurada em dois episódios: o primeiro entre os dias 01 e 07 e o segundo entre os dias 15 e 20. Em ambos os episódios, a banda de nebulosidade associada esteve centrada preferencialmente sobre as Regiões Sudeste e Centro-Oeste, posicionando-se mais ao norte no primeiro evento, que por sinal causou menos chuvas na Região de Campinas. Já o segundo episódio, os maiores totais acumulados ocorreram no estado de São Paulo. A Figura 80, mostra o total de precipitação (mm) e o desvio de precipitação em relação à média climatológica para o mês de março de 2005. Nota-se que a Região de Campinas apresentou valores acima da média esperada para o mês.

As Tabelas 24 e 25 apresentam os valores de precipitação acumulados diários das estações meteorológicas, acumulados do radar meteorológico para os dias dos eventos de movimentos de massa e para os dias que antecederam os eventos. Em vermelho destaca-se o dia do evento do escorregamento e em azul claro os valores de até quinze dias que antecederam o evento.

Figura 80 – (a) Precipitação total (mm) em Março de 2005. (b) Desvio de precipitação (mm) em relação à média climatológica para Março de 2005 (Climatologia INMET: 1961-1990).



Fonte: Boletim Climanálise do CPTEC (2005).

Tabela 24 – Acumulado diário de precipitação para os meses de dezembro de 2004 e janeiro de 2005 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 04/01/2005 – no final da tarde.

DEZEMBRO	Ac. Estação		Ac. Radar	
	CIIAGRO	CEPAGRI	CIIAGRO	CEPAGRI
20-12-2004	3	0		
21-12-2004	31,4	75,7		
22-12-2004	0	4,83	6,5	7,5
23-12-2004	3	3,3	1,5	0
24-12-2004	0	0	14,5	0
25-12-2004	0	0	0	0
26-12-2004	3,2	3,56	7,5	4,5
27-12-2004	65,6	60,96	54,0	47,5
28-12-2004	0	0,25	0	0
29-12-2004	0	0	0	0
30-12-2004	0	0	SUPER REFRAÇÃO	
31-12-2004	0	0	0	0
JANEIRO				
01-01-2005	0	0	0	0
02-01-2005	0	0	0	0
03-01-2005	15,1	1,02	15,5	5,5
04-01-2005	18,5	18,29	7,5	13,5
05-01-2005	64,5	65,28	33,2	33,2

Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, Radar do IPMet.

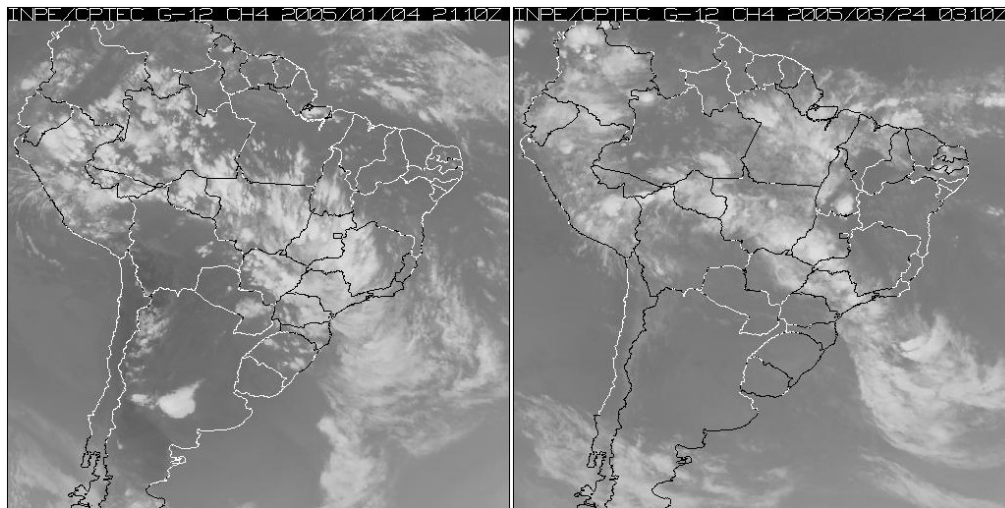
Tabela 25 – Acumulado diário de precipitação para o mês de março de 2005 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 24/03/2005.

MARÇO	Ac. Estação		Ac. Radar	
	CIIAGRO	CEPAGRI	CIIAGRO	CEPAGRI
9-03-2005	0	0		
10-03-2005	0	0		
11-03-2005	0	0	0	0
12-03-2005	0	0	0	0
13-03-2005	7	0	22,5	5,5
14-03-2005	0,6	1,02	15,5	1,5
15-03-2005	107,9	108,7	75,0	102,0
16-03-2005	36,2	32,77	30,5	33,2
17-03-2005	36,6	12,45	14,5	13,5
18-03-2005	2,1	2,29	2,5	1,5
19-03-2005	0,2	2,03	9,5	2,5
20-03-2005	0	0	0	0
21-03-2005	0	0	2,5	2,5
22-03-2005	0	0	0	0
23-03-2005	84,5	127	49,8	56,5
24-03-2005	15,6	36,83	52,0	50,0
25-03-2005	17	21,34	24,5	23,5

Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, Radar do IPMet.

A Figura 81 mostra a atuação da frente fria sobre o estado de São Paulo com muita nebulosidade e forte atividade convectiva nos dias 04 de janeiro (a) e 24 de março de 2005 (b) respectivamente, e são possíveis verificar a atuação da frente fria nas imagens do radar meteorológico (Produto CAPPI) de Bauru (Figuras 82 e 83), para os dias citados.

Figura 81 – (a) Imagem de satélite Goes-12 das 21Z10 do dia 04 de janeiro de 2005. (b) Imagem de satélite Goes-12 das 03Z10 do dia 24 de março de 2005.



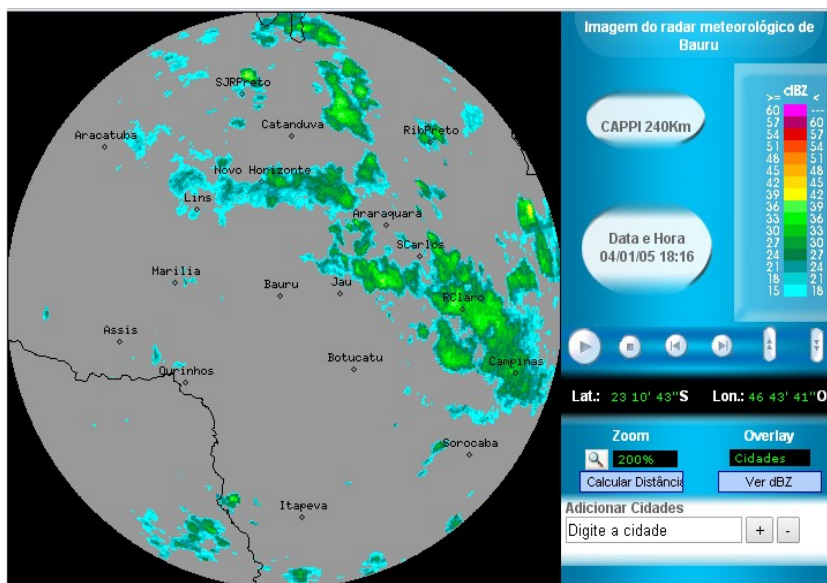
(a)

(b)

Fonte: Banco de Dados de Imagens do CPTEC.

Acesso: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>

Figura 82 – Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 04/01/2005 às 18h16, horário aproximado do evento de movimento de massa ocorrido em Campinas.

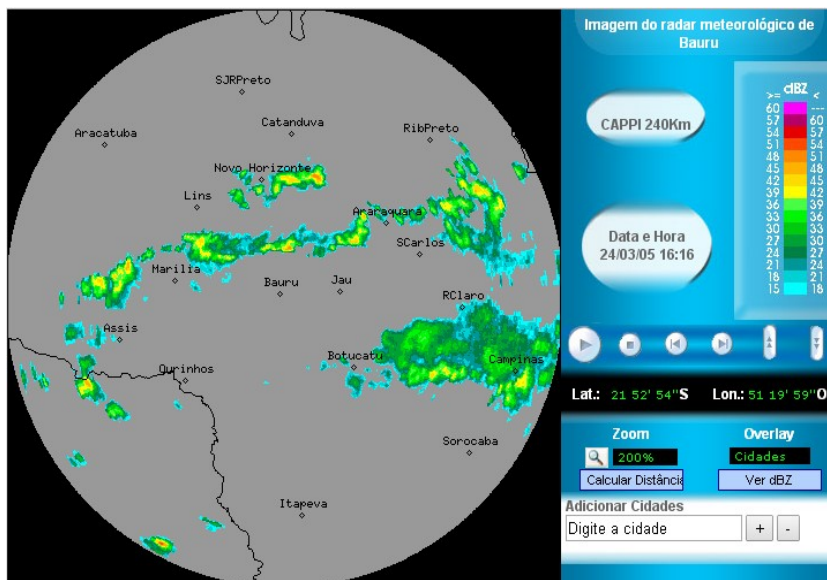


Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

Acesso: <http://storage.ipmet.unesp.br/bdradar/index.php>

Figura 83 – Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 24/03/2005 às 16h16.

Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

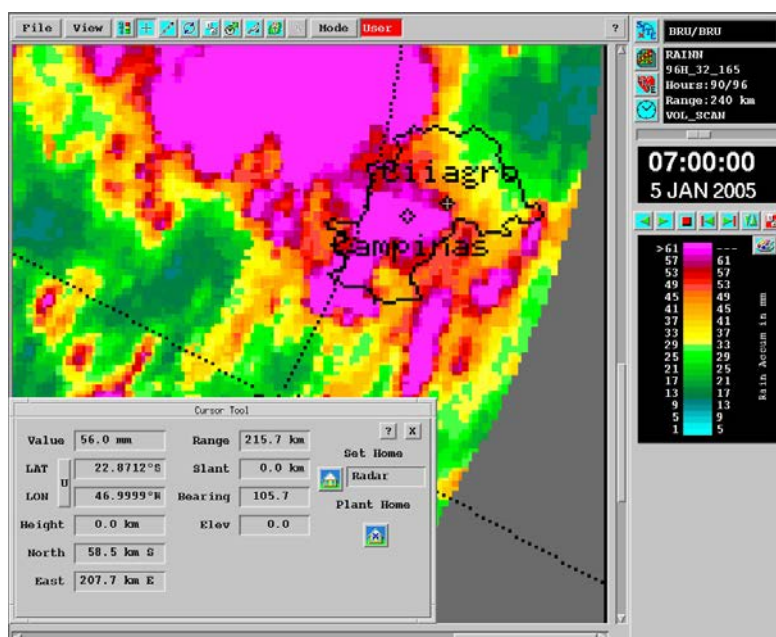


Acesso: <http://storage.ipmet.unesp.br/bdradar/index.php>

As Figuras 84 a 87 mostram os acumulados gerados pelo radar do IPMet com os valores de precipitação acumulada (mm) em 96 horas para os pontos da localização geográfica das estações meteorológicas do CIIAGRO e CEPAGRI nos dois eventos de movimentos de massa em Campinas.

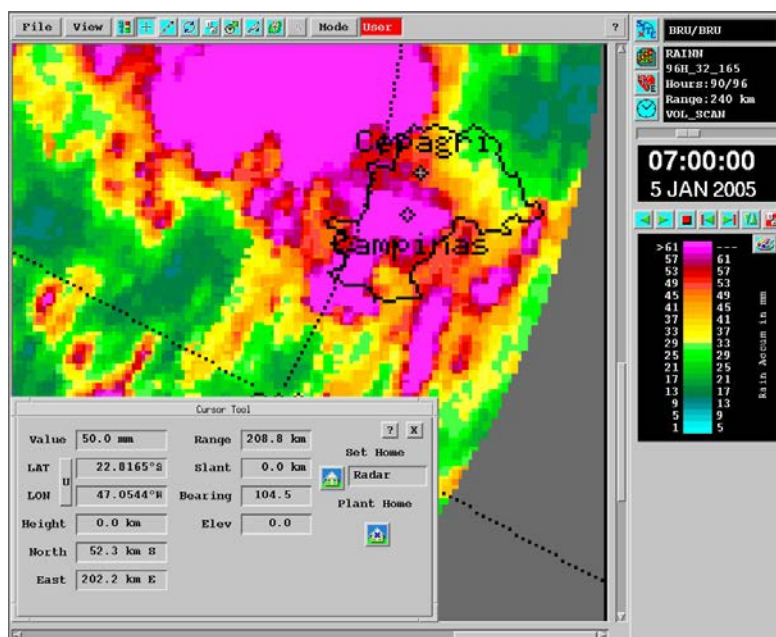
Observa-se nas imagens (Figuras 84 e 85) que foram acumulados valores de 56 e 50 mm para os pontos geográficos das estações CIIAGRO e CEPAGRI, enquanto que nas estações, os valores foram, 98,1 mm e 84,59 mm para as 96h que antecederam o evento do dia 05 de janeiro de 2005.

Figura 84 – Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CIIAGRO, no dia 05 de janeiro de 2005.



Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

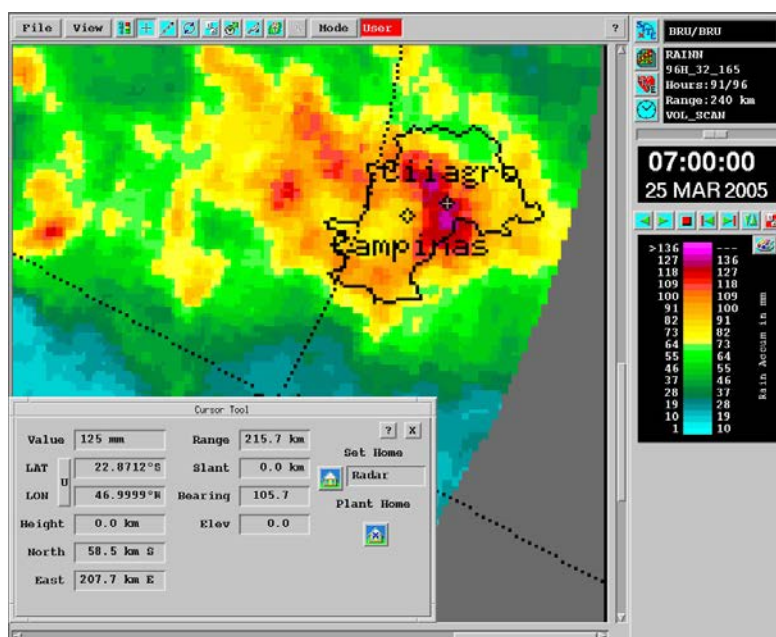
Figura 85 - Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CEPAGRI, no dia 05 de janeiro de 2005.



Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

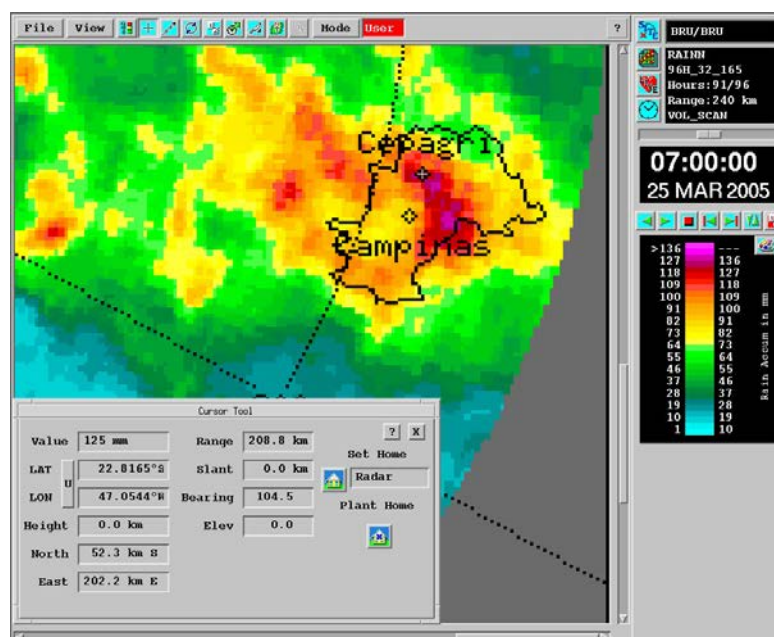
Já as Figuras 86 e 87 foram acumulados valores de 125 mm para os dois pontos geográficos das estações CIIAGRO e CEPAGRI, enquanto que nas estações, os valores foram, 117,1 mm e 185,17 mm para as 96h que antecederam o evento do dia 25 de março de 2005.

Figura 86 - Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CIIAGRO, no dia 25 de março de 2005.



Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Figura 87 - Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CEPAGRI, no dia 25 de março de 2005.



Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

As Tabelas 26 e 27 demonstram os valores das estações meteorológicas e do radar para os dois pontos geográficos, do CIIAGRO e CEPAGRI para os dois dias do evento. Nota-se no evento do dia 04/01/2005 que os valores de chuva acumulada pelo radar chegaram próximo a 60 mm para esses pontos, enquanto que nas estações meteorológicas ultrapassaram os 80mm, e para o evento do dia 24/03/2005, esses valores extrapolaram 120 mm no radar, enquanto nas estações ultrapassaram 100 mm em três dias. Levando-se em consideração o PPDC, em apenas 24 horas já seria possível passar para o nível de Atenção e emitir o aviso de alerta.

Tabela 26 – Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 04/01/2005.

	EST. MET. CIIAGRO	EST. MET. CEPAGRI	RADAR CIIAGRO	RADAR CEPAGRI
24h	15,1 mm	1,02 mm	15,5 mm	5,5 mm
48h	33,6 mm	19,31 mm	23 mm	19 mm
72h	98,1 mm	84,59 mm	56,0 mm	50 mm

Fonte: CIIAGRO, CEPAGRI, Radar do IPMet.

Tabela 27 – Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 24/03/2005.

	EST. MET. CIIAGRO	EST. MET. CEPAGRI	RADAR CIIAGRO	RADAR CEPAGRI
24h	84,5 mm	127 mm	49,8 mm	56,5 mm
48h	100,1 mm	163,8 mm	101,8 mm	106,5 mm
72h	117,1 mm	185,2 mm	125 mm	125 mm

Fonte: CIIAGRO, CEPAGRI, Radar do IPMet.

Os acumulados das estações meteorológicas apresentaram consistência com os dados acumulados do radar de Bauru, que contribuem de forma efetiva para o monitoramento dos volumes de chuva acumulados descritos pelo PPDC, para alerta a partir de 80 mm de chuva acumulada em três dias para o município de Campinas. Um fator que merece destaque, apresentados nas Tabelas 24 e 25, foram os altos volumes de chuva acumulado diário nos 9 dias que antecederam o deslizamento. No mês de dezembro de 2004 em apenas dois dias (26 e 27) choveu 39% do total acumulado do mês e 33,4% da média histórica para o mês de dezembro. Já no mês de março de 2005, o acumulado em apenas três dias (15, 16 e 17) totalizaram 58% do total de chuva acumulada mensal o que corresponde a 43% acima da média histórica para o mês de março.

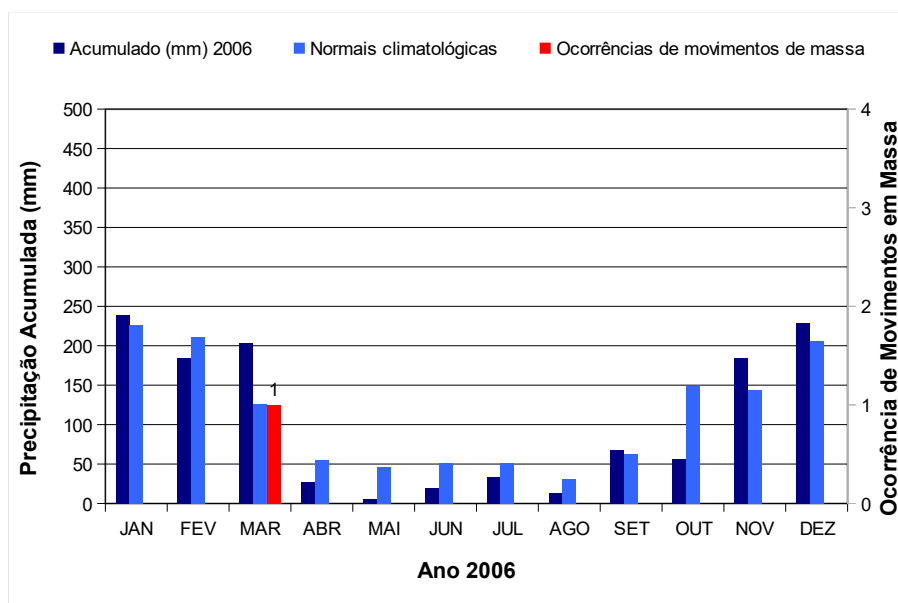
d) 29/03/2006:

Para a análise do evento de 2006, o Boletim Climanálise do CPTEC, indicou a persistência do fenômeno La Niña de fraca intensidade no Oceano Pacífico Equatorial. As chuvas que atingiram o estado de São Paulo decorrente da passagem da ZCAS (dias 08 a 14 de março/2006) e da ocorrência de pancadas de chuva, comuns durante esse período do ano, foram responsáveis por transtornos como as inundações em São Paulo capital no dia 07, em Bebedouro (SP) no dia 09 e no Vale do Paraíba (SP) nos dias 10 e 15, por exemplo, e volumes de chuva acima da média foram observados no sudeste do Estado de São Paulo.

É possível observar na Figura 88 os altos valores pluviométricos, muito acima das médias climatológicas, nos meses janeiro, fevereiro e março, em Campinas, quando ocorreu o evento de movimento de massa no dia 29 de março de 2006, por volta das 11h25. Os meses de abril, maio, junho, agosto e outubro foram meses secos e estiveram muito abaixo das

normais climatológicas. Novembro e Dezembro também foram meses chuvosos e apresentaram valores acima da média histórica.

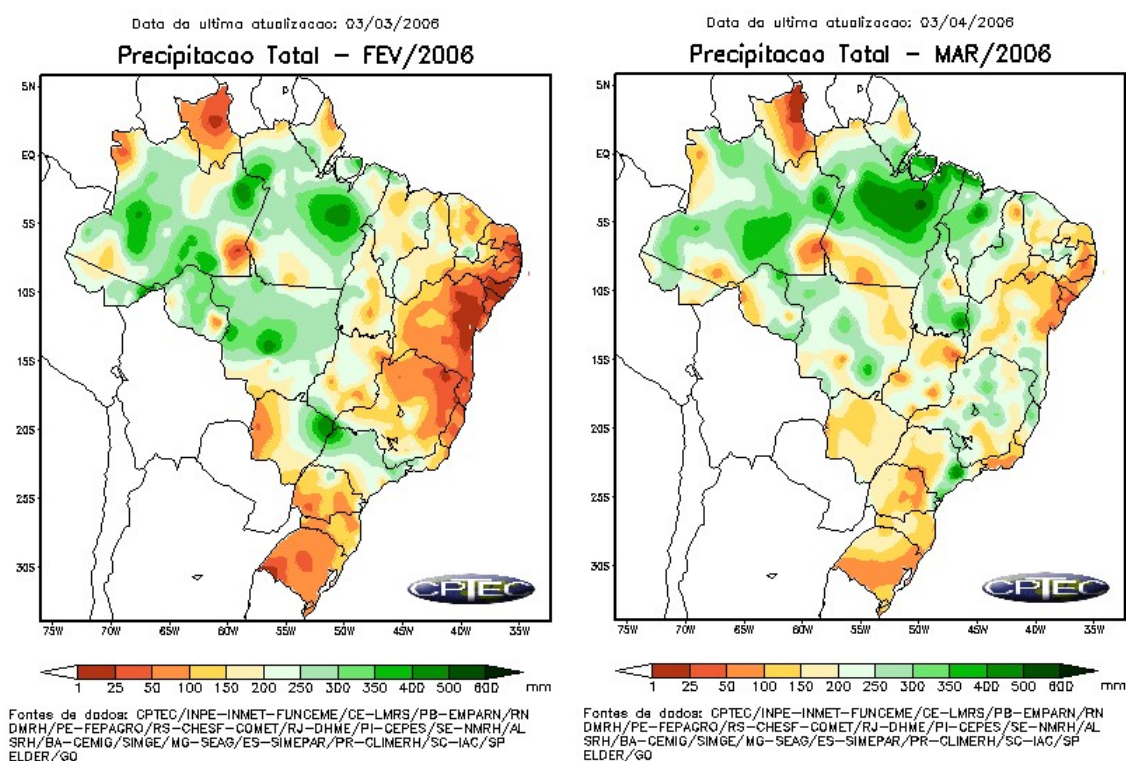
Figura 88 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2006 – Campinas.



Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, INMET, Banco de Desastres do IPMet. Elaborado pela autora.

A Figura 89 mostra o total de precipitação nos meses fevereiro e março de 2006, e nota-se altos valores da região onde se encontra o município de Campinas, mantendo os dois meses consecutivos extremamente chuvosos.

Figura 89 – Precipitação Total de Fevereiro e Março de 2006, Brasil.



Fonte: Boletim Climanálise do CPTEC.

A Tabela 28 mostra os acumulados diários de precipitação para todo o mês de março nas duas estações de estudo, do CIIAGRO e do CEPAGRI, e é destacado em vermelho o dia do evento e em azul claro o comportamento da chuva nos dias que antecederam o evento de escorregamento, acrescentado os valores acumulados pelo radar meteorológico do IPMet para os 15 dias que antecederam o evento.

No dia 29 de março de 2006, um cavado em altitude, divergência em altitude, instabilidade termodinâmica, convergência de umidade na região pré-frontal, contribuíram para os altos volumes de chuva no estado de São Paulo e Paraná. Boa parte de São Paulo amanheceu sob chuva forte neste dia, provocando inundações, transtornos em trânsito, além de três mortes. Nos municípios de Pedreira, região de Campinas, o desabamento de um muro matou uma mulher e sua filha de sete anos. No município de Jaboticabal, um homem morreu afogado quando tentava sair do carro que foi arrastado pela enxurrada. Houve um tornado em Piracicaba, com muitos danos.

Tabela 28 – Acumulado diário de precipitação para o mês de março de 2006 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 29/03/2006 às 11h25.

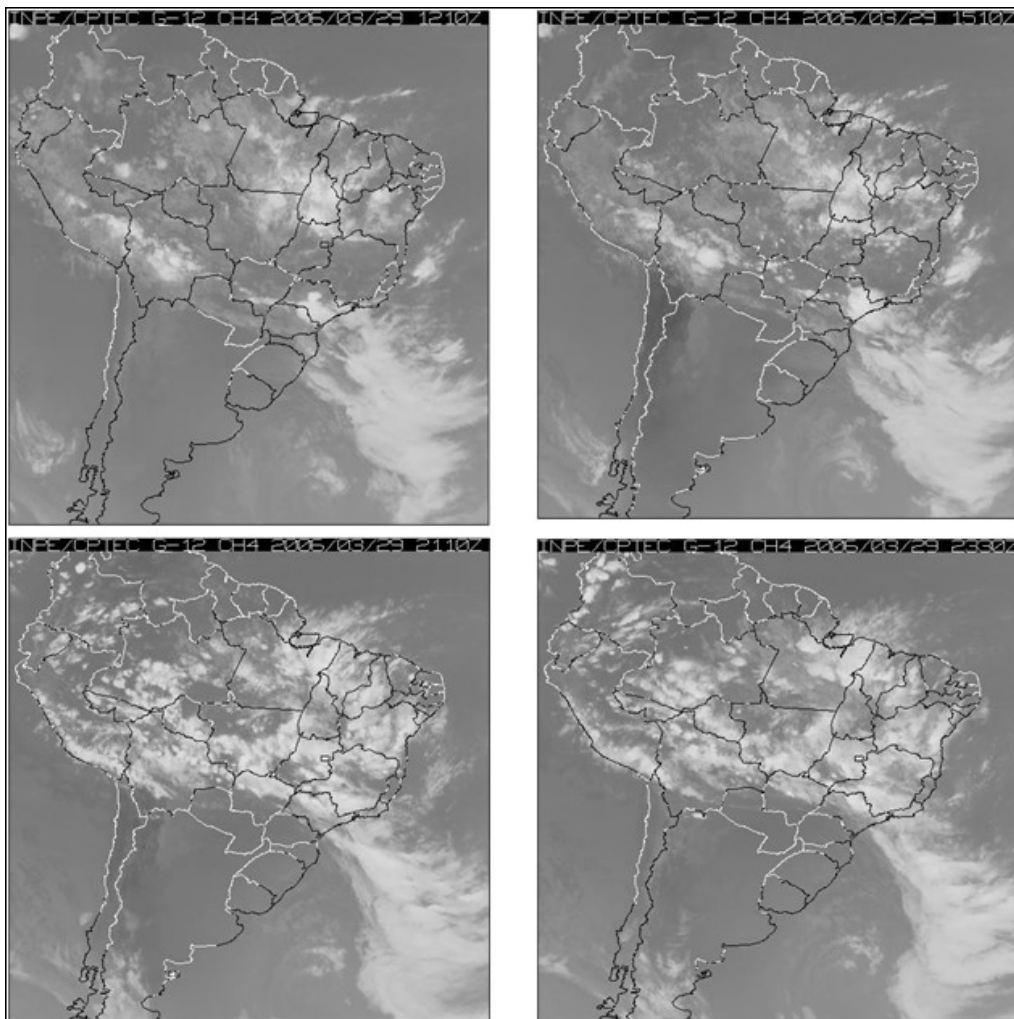
MARÇO	Ac. Estação		Ac. Radar	
	CIIAGRO	CEPAGRI	CIIAGRO	CEPAGRI
14-03-2006	0	0		
15-03-2006	0,3	1,02		
16-03-2006	0	0	0	0
17-03-2006	6,2	0,25	15,5	2,5
18-03-2006	0	0,25	0	1,5
19-03-2006	0	0	0	0
20-03-2006	0	0	0	0
21-03-2006	15,4	54,1	16,5	26,5
22-03-2006	0	0	0	0
23-03-2006	3,7	2,29	27,5	8,5
24-03-2006	0	0	0	0
25-03-2006	3,3	2,79	6,5	4,5
26-03-2006	14,2	20,32	12,5	16,5
27-03-2006	0	0	0	0
28-03-2006	0	0	0	0
29-03-2006	12,3	5,08	14,5	9,5
30-03-2006	38,7	50,55	27,5	38,0

Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, Radar do IPMet.

Segundo o Banco de Dados de Desastres Naturais do IPMet, ainda ocorreram eventos de inundações em Atibaia, Santa Bárbara D'Oeste com quedas de árvores e 140 destelhamentos, Osasco com transbordamento de rios e alagamentos, houve escorregamento de encosta também em Francisco Morato e Taboão da Serra, 85 destelhamentos em Limeira e em Campinas, além do deslizamento de terra, houve transbordamento de rios e córregos, quedas de árvores, destelhamentos e danos em imóveis.

A Figura 90 mostra a sequência das imagens de satélite das 12Z10 às 23Z30, e é possível verificar atuação e a permanência do sistema frontal com forte atividade sobre o estado de São Paulo.

Figura 90 – Sequência de imagens de satélite GOES-12 do dia 29 de março de 2006 – 12Z10, 15Z10, 21Z10 e 23Z30.

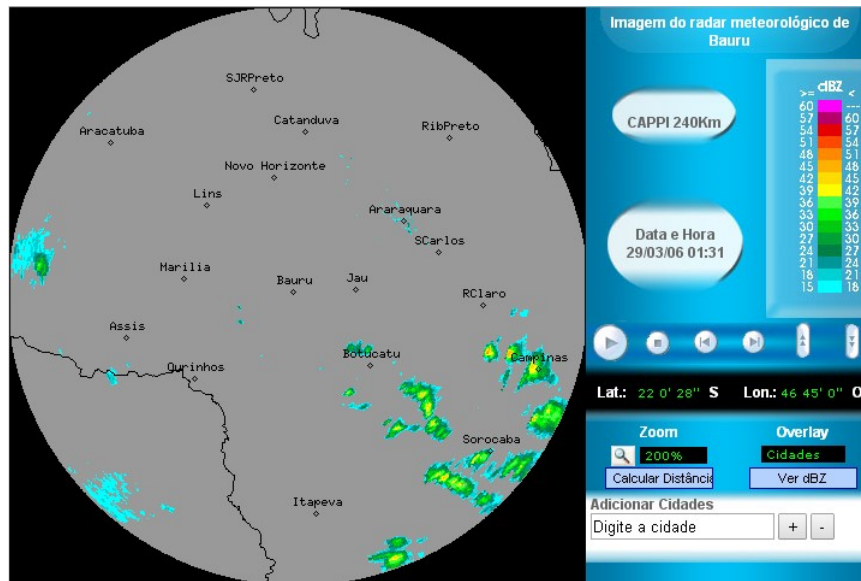


Fonte: Banco de Dados de Imagens do CPTEC.

Acesso: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>

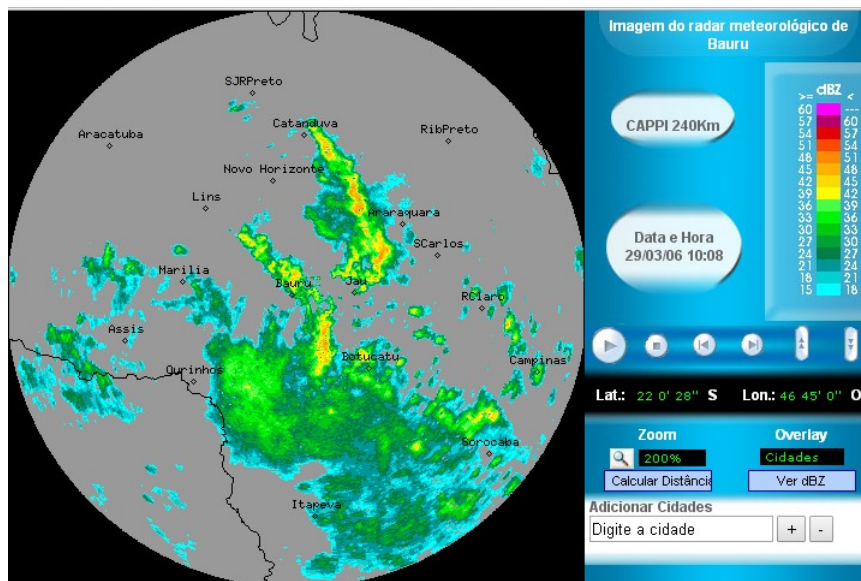
As imagens a seguir mostram as chuvas detectadas pelo radar meteorológico do IPMet (Figuras 91 a 93). Durante a madrugada e manhã, o radar detectou chuvas isoladas no município de Campinas, como é possível observar nas Figuras 91 e 92. A Figura 92 mostra também a aproximação do sistema e dois alinhamentos de chuva. Já na imagem das 11h53 (Figura 93), observa-se o sistema atuando sobre a Região de Campinas, com chuvas moderada a forte sobre este município.

Figura 91 – Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 29/03/2006 à 01h31.



Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

Figura 92 - Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 29/03/2006 às 10h08.



Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

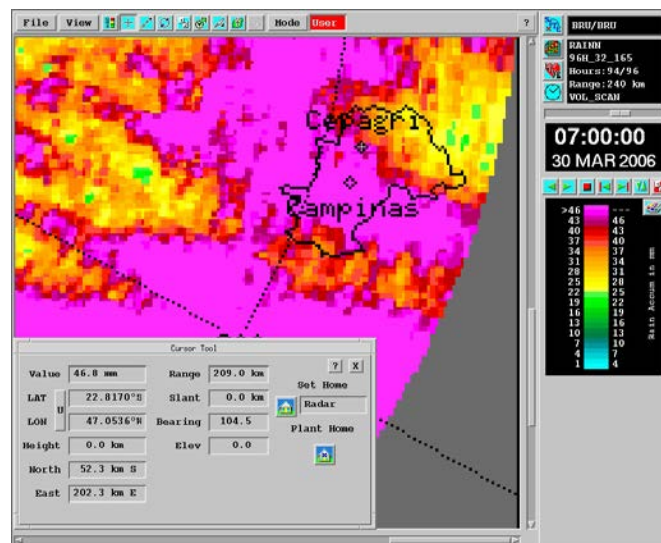
Figura 93 - Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 29/03/2006 às 11h53.



Fonte: Banco de Dados de Radar do IPMet.

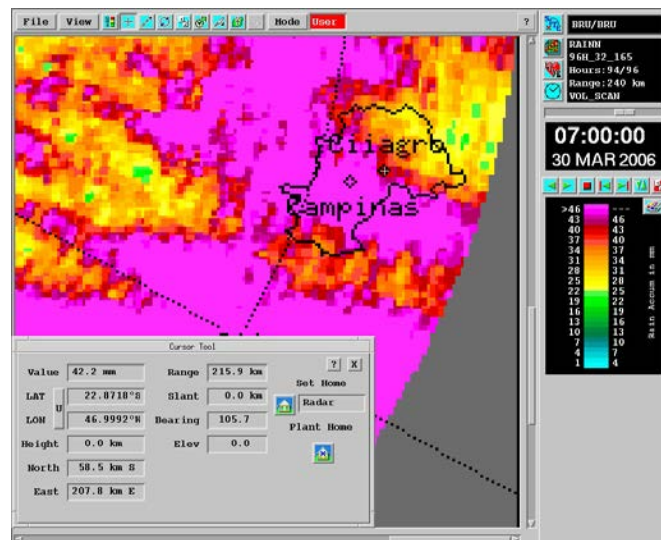
O valor acumulado gerado pelo radar meteorológico de 96 horas antes do evento de movimento de massa em Campinas não registrou um valor muito alto, na estação do CEPAGRI foi acumulado 46,8 mm e na estação do CIIAGRO, acumulou 42,2 mm (Figuras 94 e 95). As Figuras 94 e 95, mostram valores acima de 46 mm (acumulados em 96 horas) em várias regiões do município de Campinas.

Figura 94 - Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CEPAGRI, no dia 30 de março de 2006.



Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Figura 95 - Imagem do produto de chuva acumulada gerado pelo radar meteorológico do IPMet, para 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa, para a estação do CIIAGRO, no dia 30 de março de 2006.



Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Tabela 29 – Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 29/03/2006.

	EST. MET. CIIAGRO	EST. MET. CEPAGRI	RADAR CIIAGRO	RADAR CEPAGRI
24h	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
48h	12,3 mm	5,1 mm	14,5 mm	9,5 mm
72h	51 mm	55,6 mm	42,2 mm	46,8 mm

Fonte: CIIAGRO, CEPAGRI, Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

O produto de chuva acumulada do radar, demonstrou nas Figuras 94 e 95, mais uma vez a importância do acompanhamento deste produto no monitoramento de ocorrência de movimentos de massa, por ter apresentado valores acima de 50 mm na maioria do município de Campinas. Pontualmente, as estações meteorológicas registraram valores acima de 50 mm em três dias acumulados e próximos a 50 mm pelo radar, como mostra a Tabela 29. Esta informação é relevante para emissão de alerta, já que na maior parte do município foram detectados valores maiores que os apresentados nos pontos geográficos.

e) 05/01/2007:

Para os estudos do evento de movimento de massa ocorrido em 2007, as análises apontaram que condições oceânicas e atmosféricas foram consistentes com o fenômeno El Niño com anomalias positivas em curso com fraca intensidade, atingindo seu pico em dezembro de 2006 e perdendo intensidade durante os primeiros meses de 2007. As características atmosféricas observadas em dezembro sobre o Brasil mostraram precipitação acima da média histórica sobre a maior parte das Regiões Sul e Sudeste, conforme menciona o Boletim de Informações Climáticas (INFOCLIMA) do CPTEC.

Foram observadas apenas 4 frentes frias atuando no Brasil durante dezembro de 2006 sendo que apenas uma chegou a atingir o litoral da Região Sudeste do Brasil. O primeiro episódio de ZCAS ocorreu entre os dias 07 e 12 de dezembro e a convergência de umidade foi bastante significativa do Sudeste e Centro-Oeste, O último episódio da ZCAS ocorreu entre os dias 27 e 29 de dezembro e foi alimentada pela presença de uma

onda frontal no Atlântico. Esse sistema organizou uma banda de nebulosidade entre o Sudeste e o Centro-Oeste. É possível notar na Tabela 30 a persistência das chuvas ao longo do mês de dezembro de 2006 (os dias ocultos apresentaram precipitação 0,0 mm).

O mês de janeiro foi classificado entre os cinco mais chuvosos dos últimos 46 anos em grande parte das Regiões Sudeste e Centro-Oeste, em particular nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e sul de Minas Gerais, onde os valores estiveram acima da média histórica. Nestas áreas as chuvas foram decorrentes principalmente da configuração de episódios de ZCAS. A Figura 96 mostra que janeiro foi um mês extremamente chuvoso com valores acima de 200% das normais climatológicas.

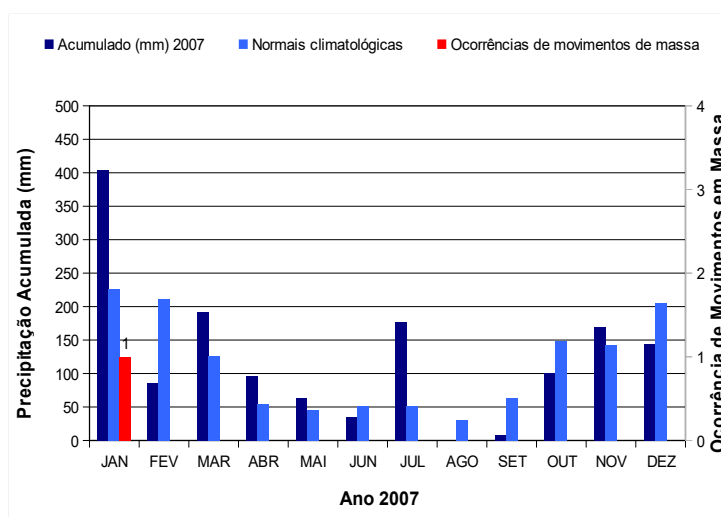
Tabela 30 – Acumulado diário de precipitação para o mês de março de 2006 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 05/01/2007.

DEZEMBRO	Ac. Estação		Ac. Radar	
	CIIAGRO	CEPAGRI	CIIAGRO	CEPAGRI
5-12-2006	49,5	42,42		
7-12-2006	10,4	11,43		
10-12-2006	36,8	8,64		
14-12-2006	0,6	24,89		
15-12-2006	5	1,3		
16-12-2006	0	0,76		
18-12-2006	33,7	15,75		
20-12-2006	0,3	0		
21-12-2006	11,7	17,78		
22-12-2006	0,9	4,83	18,5	19,5
23-12-2006	18,8	9,4	20,5	30,5
24-12-2006	1,1	3,05	9,5	9,5
25-12-2006	19,9	27,94	38,0	36,2
26-12-2006	25,6	23,37	22,5	26,5
27-12-2006	0	2,54	1,5	2,5
28-12-2006	0,2	0,51	8,5	9,5
29-12-2006	0	0,25	7,5	1,5

30-12-2006	0	0	0	0
31-12-2006	1,9	3,56	7,5	9,5
JANEIRO				
1-01-2007	42,2	34,04	8,5	9,5
2-01-2007	5,8	15,49	1,5	1,5
3-01-2007	8,2	8,89	1,5	2,5
4-01-2007	35,1	38,35	32,0	34,0
5-01-2007	30,9	48,3	24,5	23,5
6-01-2007	21,5	26,2	17,5	17,5

Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, Radar do IPMet.

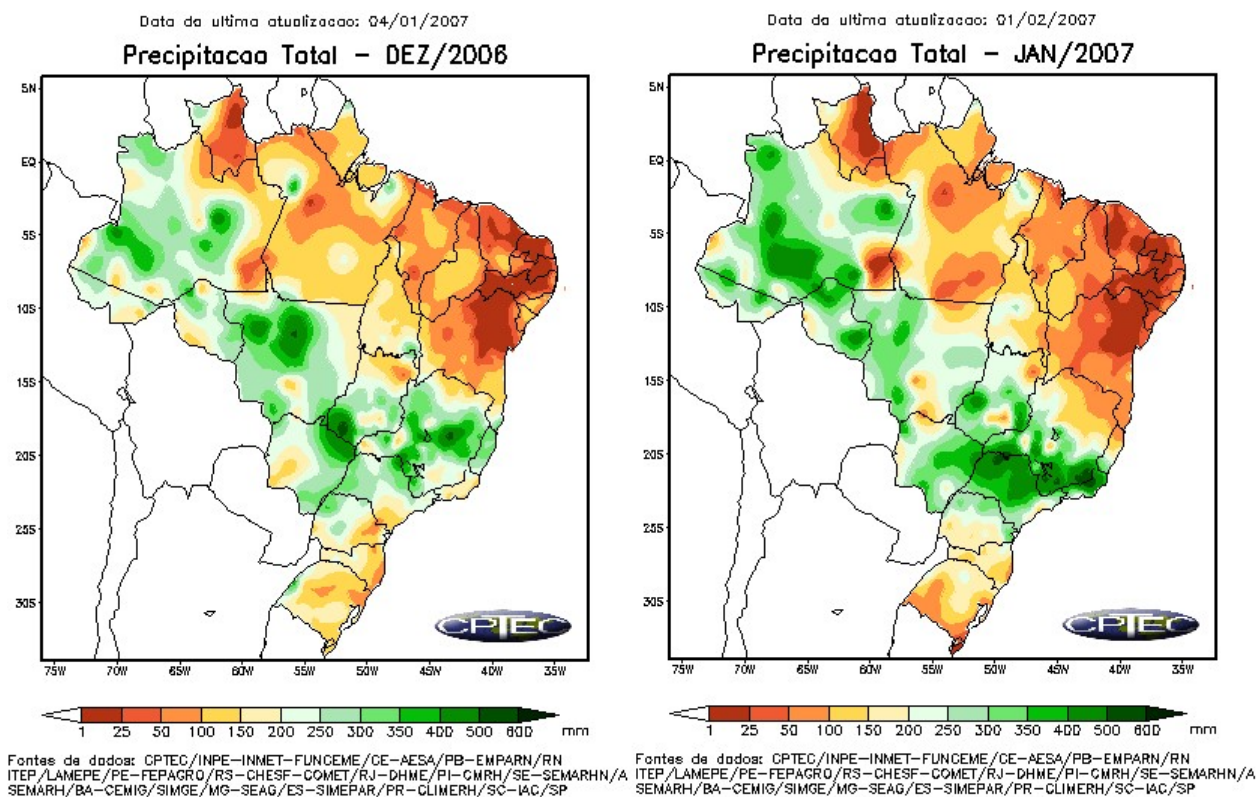
Figura 96 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2007 – Campinas.



Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, INMET, Banco de Desastres do IPMet. Elaborado pela autora.

A Figura 97 mostra a precipitação em todo o Brasil nos meses de Dezembro de 2006 e Janeiro de 2007 e confirma os altos volumes de precipitação no estado de São Paulo, e também para a Região de Campinas. Os maiores totais acumulados, superiores a 400 mm, ocorreram no Rio de Janeiro, sul de Minas Gerais e norte do estado de São Paulo, onde foram observados transtornos em várias localidades.

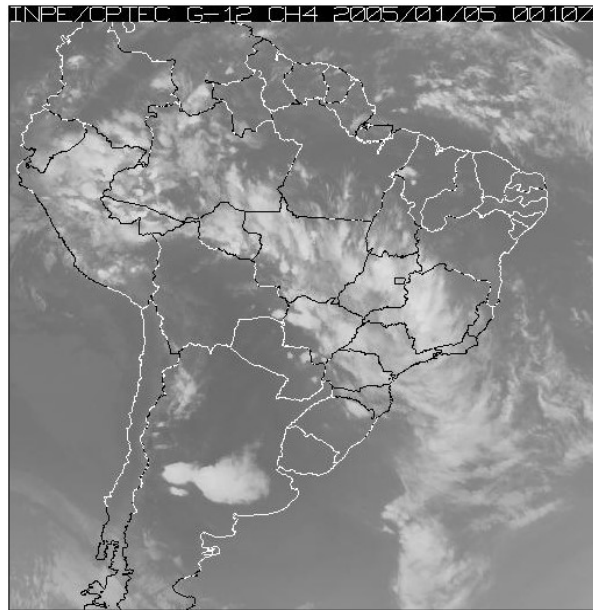
Figura 97 – Precipitação Total em todo o Brasil nos meses Dezembro/2006 e Janeiro/2007.



Fonte: Boletim Climanalise do CPTEC.

A Figura 98 mostra a extensa faixa de nebulosidade associada à ZCAS sobre o estado de São Paulo um dia antes do evento de movimento de massa ocorrido em Campinas. Além de Campinas, também houve movimentos de massa neste dia em Atibaia e Jundiaí. Em Campinas também ocorreu transbordamento de rios e córregos, queda de muro, danos em imóveis, desabrigados e desalojados.

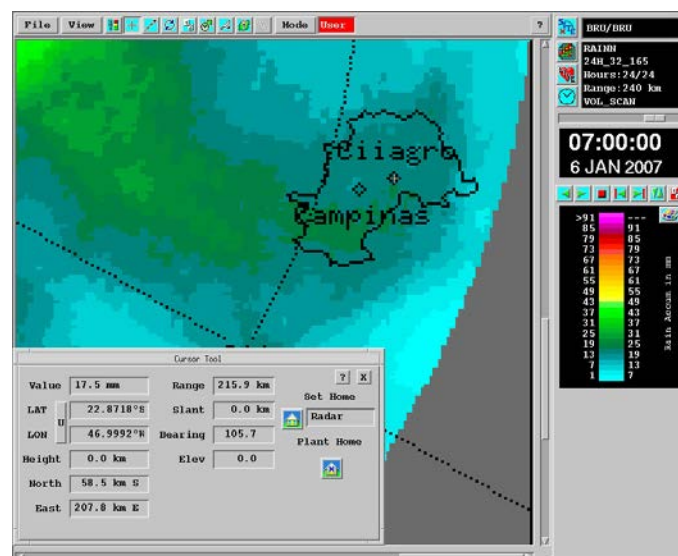
Figura 98 – Imagem de Satélite Goes do dia 05/01/2005 das 00Z10



Fonte: Acervo de Imagens do CPTEC.

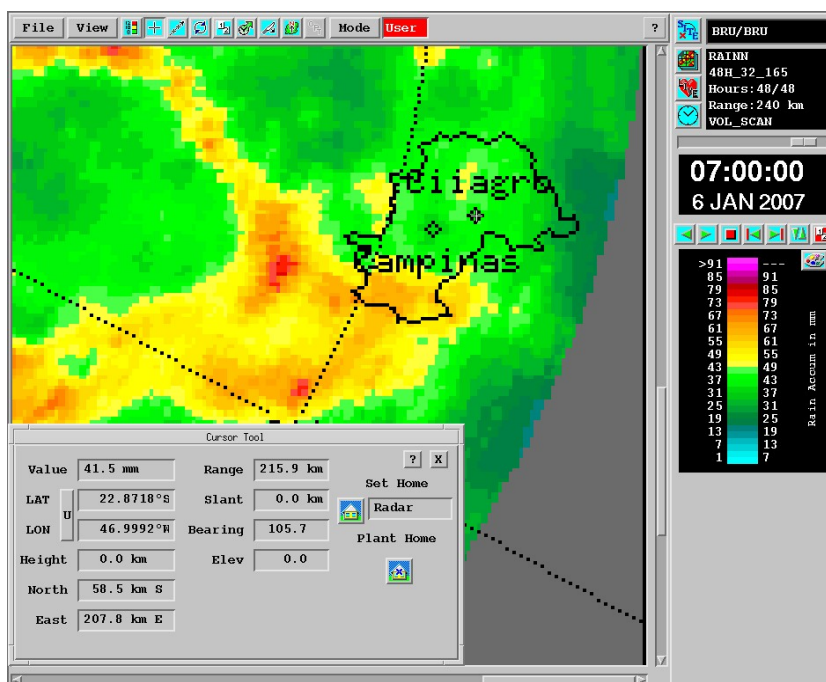
As Figuras 99 a 106 mostram a sequência de chuvas acumuladas diária (24 horas, 48 horas, 72 horas e 96 horas) que antecederam o evento de movimento de massa em Campinas. As imagens mostram os valores acumulados nas duas estações meteorológicas do CIIAGRO e do CEPAGRI.

Figura 99 – Precipitação acumulada de 24 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CIIAGRO.



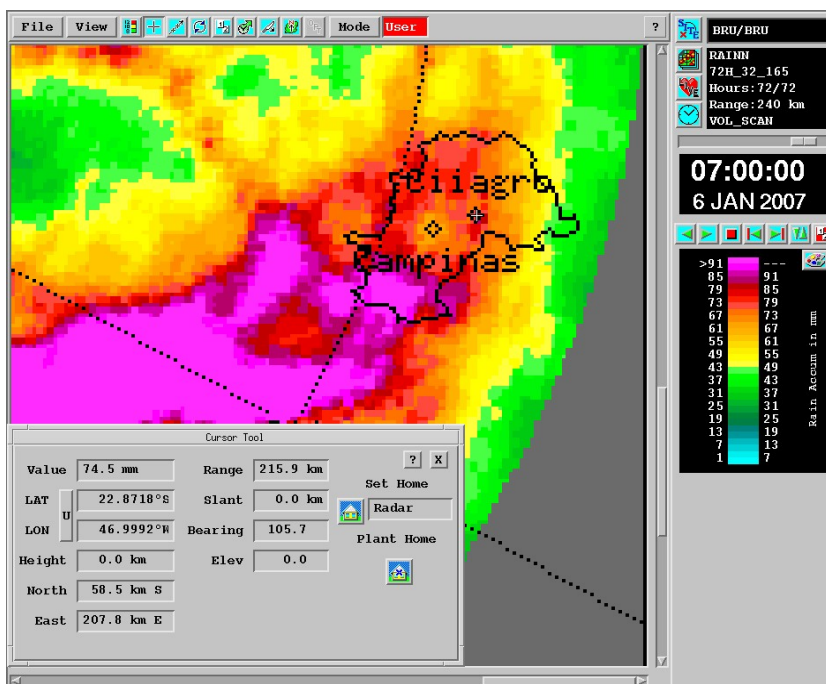
Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Figura 100 – Precipitação acumulada de 48 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CIIAGRO.



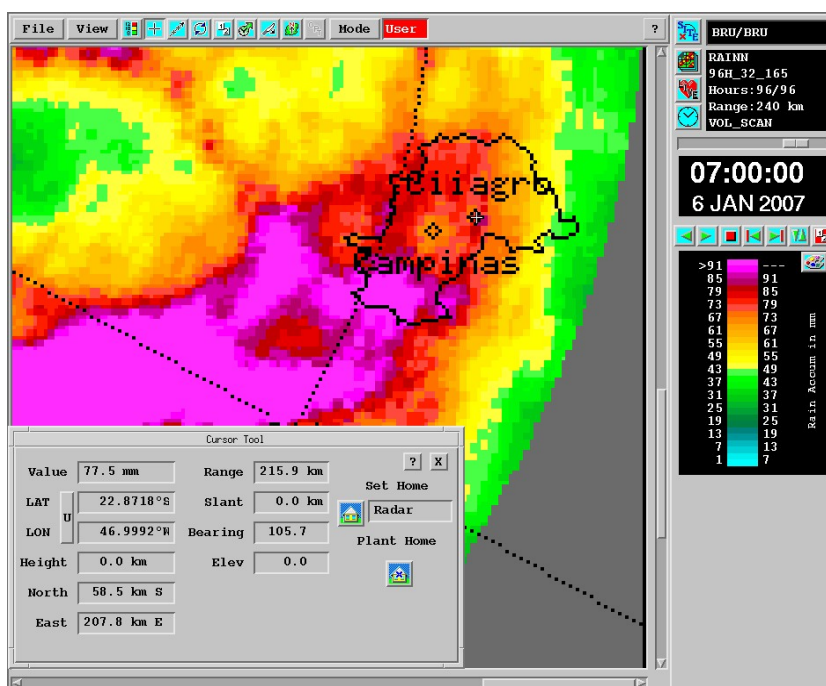
Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Figura 101 – Precipitação acumulada de 72 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CIIAGRO.



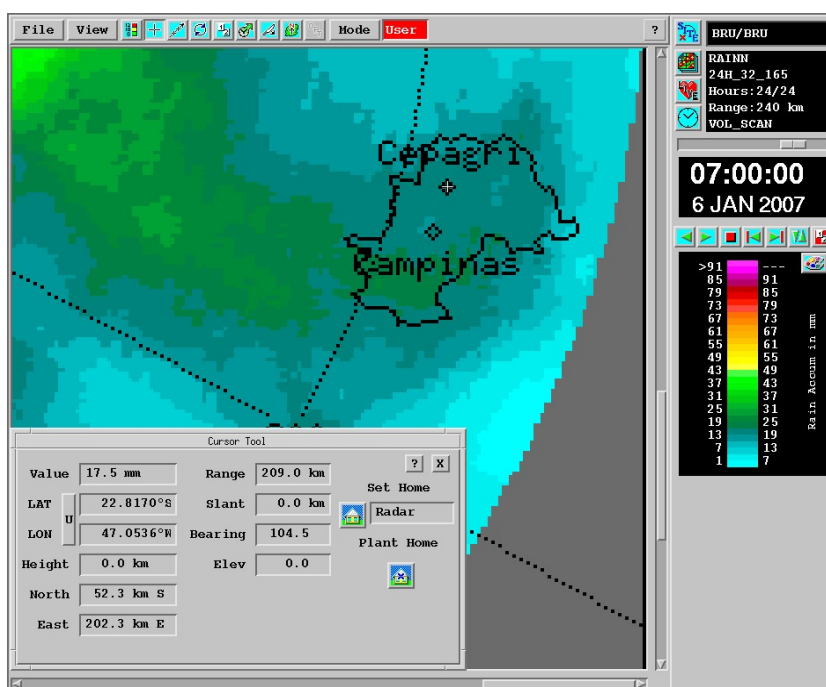
Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Figura 102 – Precipitação acumulada de 96 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CIIAGRO.



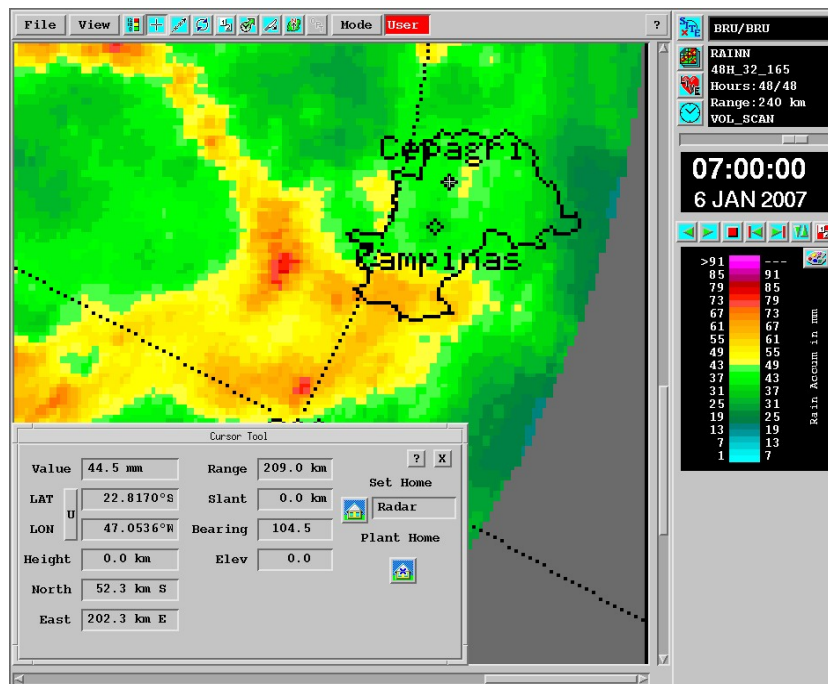
Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Figura 103 – Precipitação acumulada de 24 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CEPAGRI.



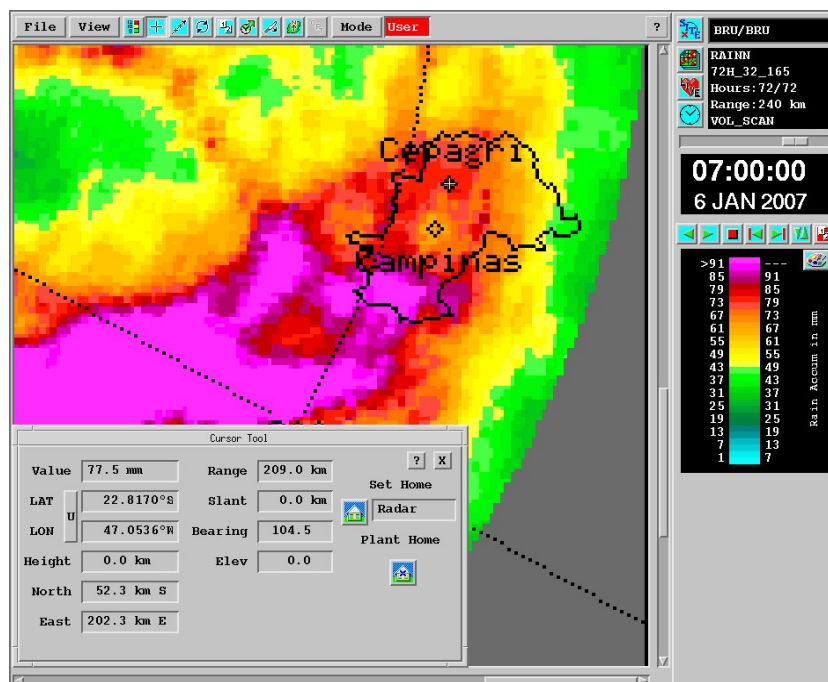
Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Figura 104 – Precipitação acumulada de 48 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CEPAGRI.



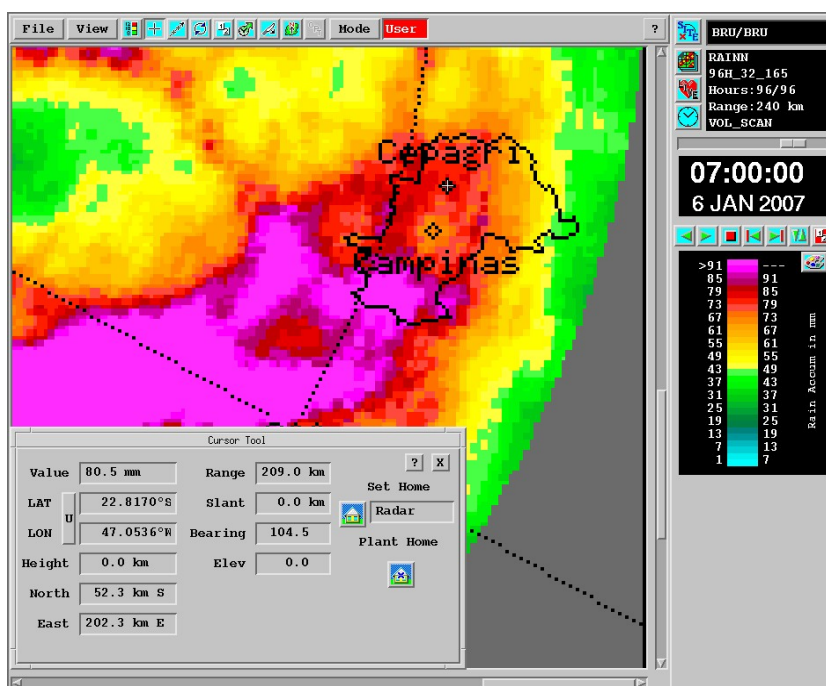
Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Figura 105 – Precipitação acumulada de 72 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CEPAGRI.



Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Figura 106 – Precipitação acumulada de 96 horas anterior ao evento do movimento de massa com valor acumulado para as coordenadas do CEPAGRI.



Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Tabela 31 – Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 05/01/2007.

	EST. MET. CIIAGRO	EST. MET. CEPAGRI	RADAR CIIAGRO	RADAR CEPAGRI
24h	35,1 mm	38,4 mm	17,5 mm	17,5 mm
48h	66 mm	86,7 mm	41,5 mm	44,5 mm
72h	87,5 mm	112,9 mm	74,5 mm	77,5 mm

Fonte: CIIAGRO, CEPAGRI, Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

As Figuras 99 a 106 demonstraram os valores acumulados para os pontos geográficos das estações do CIIAGRO e CEPAGRI, com valores acumulados próximo a 80 mm e a Tabela 31 mostra os valores das estações meteorológicas e do radar para os três dias de chuva acumulada, para efeito de comparação, e nota-se que em 48 horas já seria possível a emissão de alerta monitorado pelo radar meteorológico para algumas

regiões da cidade (regiões Sul e Norte de Campinas) que ultrapassaram os 60 mm, (Figuras 100 e 104).

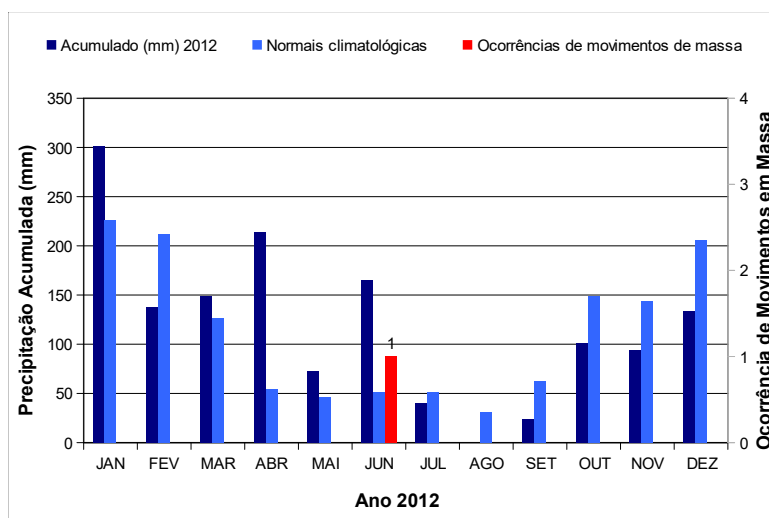
f) 04/06/2012:

Em 2012, o evento de movimento de massa ocorreu em 04 de junho de 2012, e durante o mês de junho, persistiram condições de neutralidade em relação ao fenômeno ENOS. Apesar das anomalias positivas de Temperatura da TSM, não houve resposta atmosférica associada ao desenvolvimento do fenômeno El Niño, segundo o Boletim Climanálise do CPTEC.

A atuação de sistemas frontais e a passagem de perturbações nas camadas mais altas da troposfera favoreceram os acumulados de chuva principalmente no estado de São Paulo e Rio de Janeiro em junho, onde choveu até 100 mm acima da média histórica. Os maiores totais diários de precipitação no estado de São Paulo foram registrados em São Carlos (53,8mm no dia 06/06), na capital (40,4 mm no dia 07 e 44 mm no dia 20/06), ressaltamos que nestas localidades a climatologia mensal varia aproximadamente entre 25 e 50 mm, segundo dados do INMET.

É possível notar na Figura 107 que os meses de janeiro, março, abril, maio e junho estiveram acima da média climatológica, e que o mês de junho, a estação meteorológica registrou o triplo das normais climatológicas, na estação do CIIAGRO, foram 165,5 mm e do CEPAGRI, 133,09 mm de chuva.

Figura 107 – Acumulados mensais de precipitação, Normais Climatológicas e Número de Ocorrências de Movimentos em Massa em 2012 – Coimbra.



Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, INMET, Banco de Desastres do IPMet. Elaborado pela autora.

O evento de movimento de massa ocorreu no dia 04 de junho e a Tabela 32 mostra os totais diários de precipitação que ocorreram no dia e nos dias anteriores ao evento.

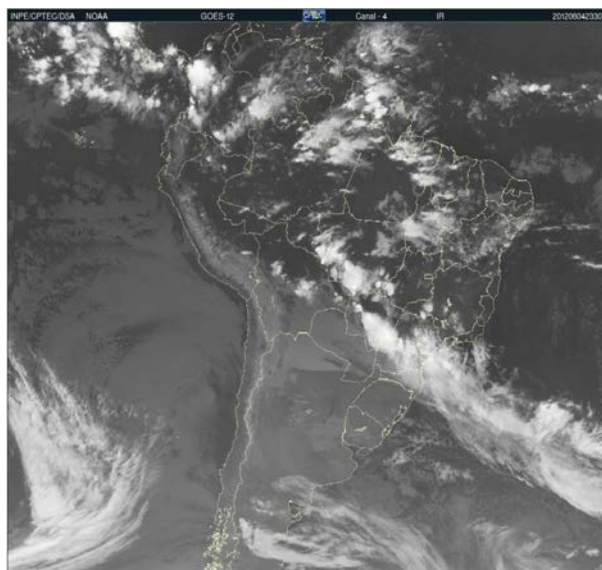
O sistema frontal que atuou no final de maio continuou influenciando o interior do Paraná e o litoral dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro no início do mês de junho. O primeiro sistema frontal ingressou pelo Rio Grande do Sul no decorrer do dia 02. Este sistema originou-se de uma ciclogênese que se formou próximo à Província de Buenos Aires. Entre os dias 05 e 07, esta frente permaneceu semiestacionária no litoral da Região Sudeste. A Figura 108 mostra a extensa faixa de nebulosidade que atinge o estado de São Paulo com chuvas associadas, como é possível demonstrar na imagem do radar meteorológico de Bauru – IPMet, na Figura 109. A Figura 109 mostra também as chuvas sobre o município de Campinas, além do alinhamento vindo do oeste do estado de São Paulo.

Tabela 32 – Acumulado diário de precipitação para o mês de março de 2006 das estações meteorológicas do CIIAGRO, CEPAGRI, Radar meteorológico para os dias que antecederam o evento de movimento de massa em: 04/06/2012 no período da tarde.

MAIO	Ac. Estação		Ac. Radar	
	CIIAGRO	CEPAGRI	CIIAGRO	CEPAGRI
20-5-2012	0	0		
21-5-2012	0	0		
22-5-2012	0	0	0	0
23-5-2012	0	0	0	0
24-5-2012	0	0	0	0
25-5-2012	21,1	15,75	3,5	6,5
26-5-2012	0,5	2,03	4,5	2,5
27-5-2012	0	0	0	0
28-5-2012	0	0	0	0
29-5-2012	0	0	0	0
30-5-2012	0	0	0	0
31-5-2012	0	0	0	0
JUNHO				
1-6-2012	0	0	0	0
2-6-2012	1,8	8,38	2,5	3,5
3-6-2012	0	0,25	0	0
4-6-2012	0,3	0	0	0
5-6-2012	11,7	9,14	4,5	5,5
6-6-2012	38,1	25,91		

Fonte: CEPAGRI, CIIAGRO, Radar do IPMet.

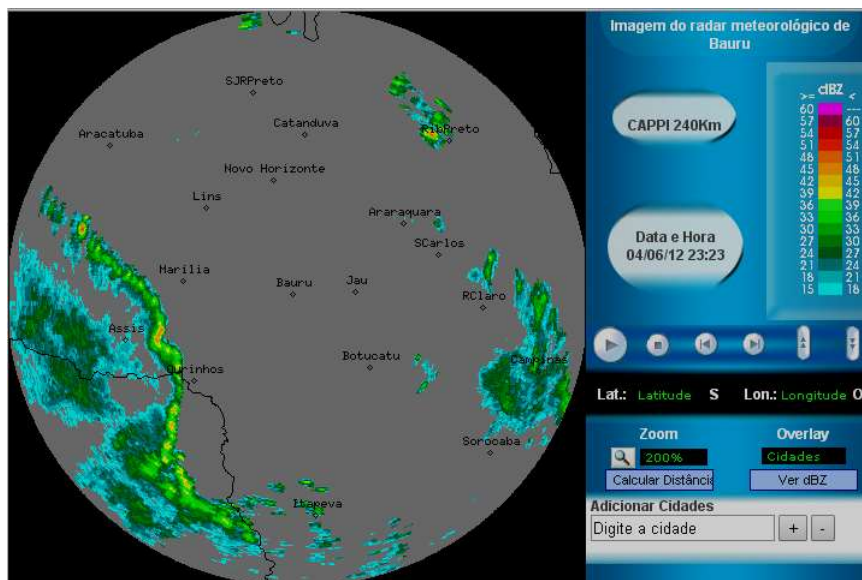
Figura 108 – Imagem de Satélite GOES-12, Infra-4 do dia 04 de junho às 23Z30.



Fonte: Acervo de Imagens do CPTEC.

Acesso: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>

Figura 109 – Imagem do CAPPI do radar de Bauru do dia 04/06/2012.



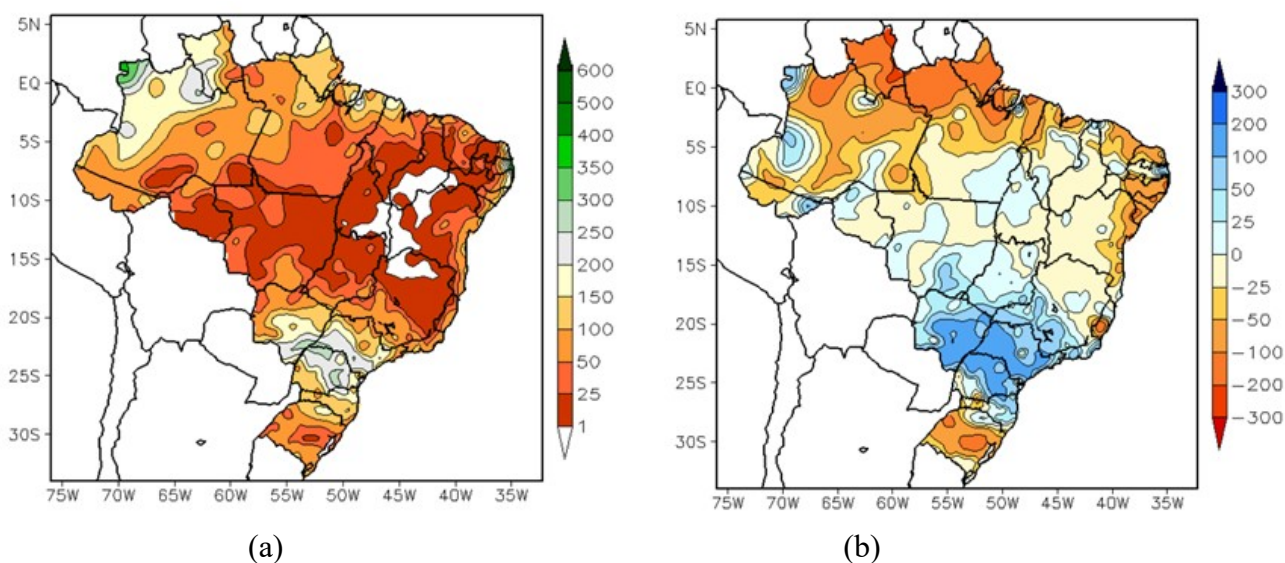
Fonte: Banco de Dados do Radar do IPMet.

Os totais mensais podem ser analisados na Figura 110, que mostram a precipitação observada em todo o Brasil (a) e os desvios em relação aos valores médios

históricos (b). Nota-se que todo o estado de São Paulo, incluindo a Região de Campinas teve anomalias positivas de precipitação.

O solo de Campinas, apresentava-se severamente úmido; tal fato pode ter contribuído para o evento de escorregamento que ocorreu no dia 04 de junho. Além desse evento, Campinas também sofreu com queda de muro, desabrigados, corte no fornecimento de energia e quedas de árvores. Outros municípios também tiveram danos decorrentes das chuvas fortes neste dia segundo o Banco de Dados do IPMet, houve desabrigados, inundações, danos em pontes e transbordamento de rios e córregos em Ribeira, Eldorado, Iporanga, Barra do Turvo, além de danos com vendavais nas cidades de Bauru, Sorocaba e Assis.

Figura 110 – (a) Precipitação total (mm) em Junho/2012. (b) Desvio de precipitação (mm) em relação à média climatológica para Junho/2012 (Climatologia INMET: 1961 – 1990).



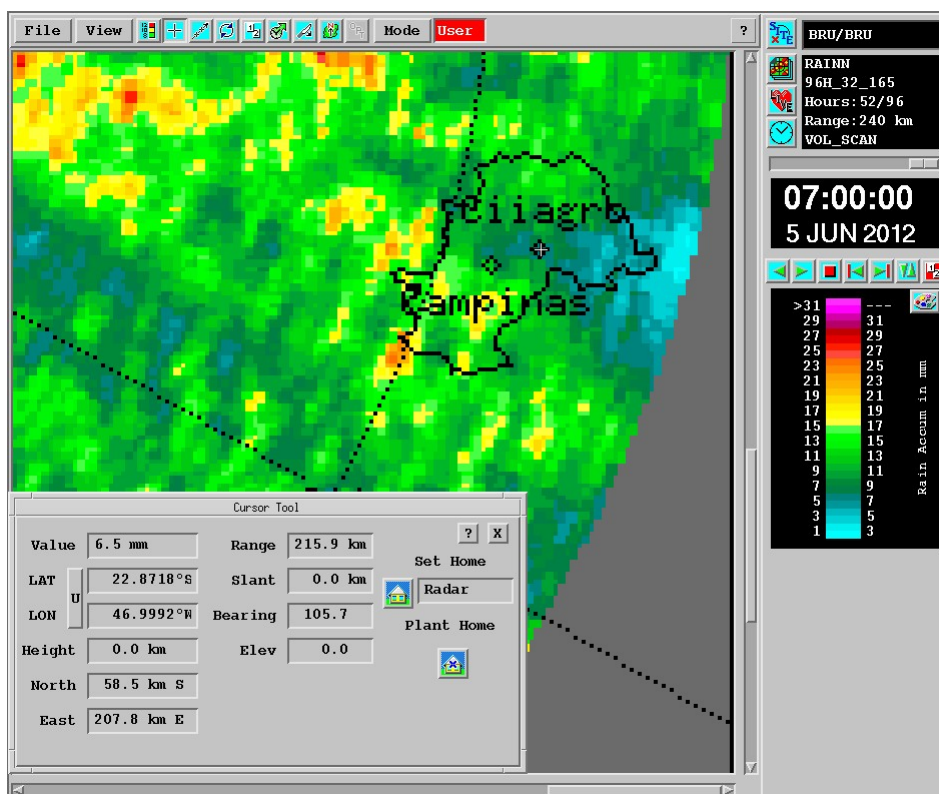
Fonte: Boletim Climanálise do CPTEC.

Os acumulados de chuva gerados pelo radar meteorológico de Bauru (IPMet) das 96 horas que antecederam o evento de movimento de massa no município de Campinas, mostraram nas Figuras 111 e 112, equivalentes aos locais das estações

meteorológicas do CIIAGRO e do CEPAGRI respectivamente, valores não muito altos para essas localidades, apenas 6,5 mm e 9,5 mm.

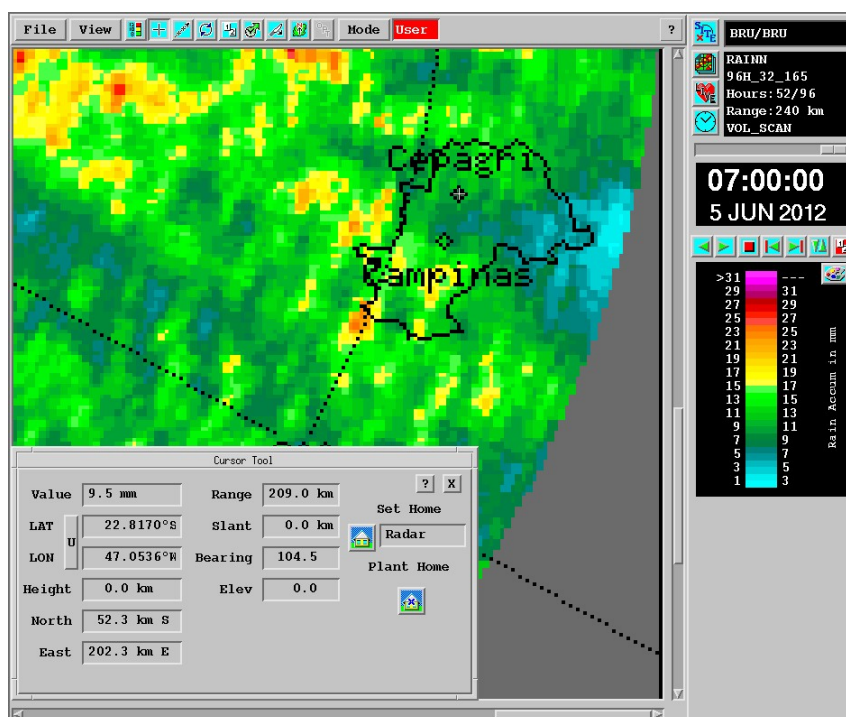
A Tabela 33 demonstra os valores de chuva acumulada das estações meteorológicas e do radar para os pontos geográficos do CIIAGRO e CEPAGRI e nota-se que os valores não são muito altos, embora se verifica nas Figuras 111 e 112 alguns pontos na região Sul de Campinas com valores entre 17 e 20 mm. Este evento de movimento de massa sofreu influência de meses anteriores (março, abril, maio) muito acima das médias históricas para o local (Figura 107), o que significa que além do monitoramento em 72 horas, é importante monitorar os totais mensais que estiverem acima da normal climatológica.

Figura 111 – Precipitação acumulada de 96 horas anterior ao evento do movimento de massa do dia 04/06/2012, com valor acumulado para as coordenadas do CIIAGRO.



Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Figura 112 - Precipitação acumulada de 96 horas anterior ao evento do movimento de massa do dia 04/06/2012, com valor acumulado para as coordenadas do CEPAGRI.



Fonte: Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Tabela 33 - Acumulados das estações meteorológicas e do radar do IPMet para as estações do CIIAGRO e CEPAGRI, 24h, 48h e 72 h antes do evento do dia 04/06/2012.

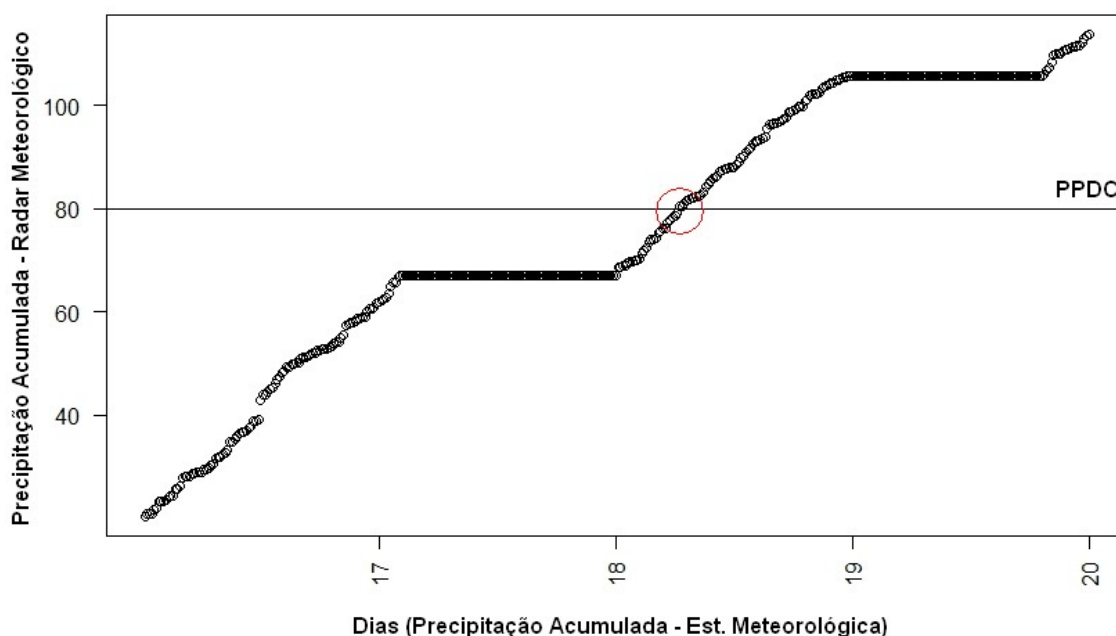
	EST. MET. CIIAGRO	EST. MET. CEPAGRI	RADAR CIIAGRO	RADAR CEPAGRI
24h	38,1 mm	25,9 mm	6,5 mm	9,5 mm
48h	49,8 mm	35,1 mm	4,5 mm	5,5 mm
72h	50,1 mm	35,1 mm	0 mm	0 mm

Fonte: CIIAGRO, CEPAGRI, Radar do IPMet. Elaborado pela autora.

Vale ressaltar que embora o valor estimado para alerta pelo PPDC seja de 80 mm para monitoramento de chuva acumulada em três dias em estações meteorológicas, o radar do IPMet mostrou ser uma importante ferramenta no auxílio do alerta, principalmente porque o valor acumulado por este abrange uma área e não um ponto

específico como as estações meteorológicas. Além disso, o radar apresenta observações a cada sete minutos e meio, enquanto a precipitação nas estações meteorológicas só é observada uma vez ao dia, num horário preestabelecido, tipicamente às 7h00 ou às 9h00, dificultando o monitoramento no decorrer do dia, como mostra esquematicamente a Figura 113.

Figura 113 – Relação entre Precipitação Acumulada por Radar Meteorológico e Totais Diários em estações Meteorológicas.



Fonte: Dados de Radar, IAC. Elaborado pela autora.

A Figura 113 demonstra que antes mesmo do valor ser registrado pelo pluviômetro de chuva acumulada da estação meteorológica, que só seria observada no dia 19 pela manhã, o radar meteorológico apontaria o valor estimado muito antes. E infelizmente, os dados das estações meteorológicas automáticas não são disponibilizadas ao público em tempo real. Assim, basear-se somente nos dados dos volumes de precipitação acumulado das estações meteorológicas, pode representar uma falha na emissão de alerta, uma vez que o limiar de precipitação, por exemplo 80 mm para o município de Campinas (PPDC), pode ser alcançado várias horas antes da observação realizada na estação meteorológica.

8 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, destaca-se que esta pesquisa teve como meta investigar a relação entre os movimentos de massa e a precipitação, visando analisar os volumes de precipitação para emissão de alerta nos municípios de Coimbra – PT e Campinas (SP) – BR. Para tanto, foi importante realizar uma pesquisa geral de ocorrências dos diversos desastres naturais no globo com intuito do entendimento dessa dinâmica.

Apesar do aumento das ocorrências de desastres naturais em várias partes do Mundo, a maioria das ações adotadas está relacionada à gestão de riscos, emissões de alertas, e para a identificação, data, local, número de afetados, prejuízos e diagnóstico das reincidências, faz-se imprescindível a utilização de bancos de dados. Não foi objetivo traçar um quadro completo e definitivo sobre os desastres naturais, dada a sua complexidade, mas fornecer elementos que possam contribuir para o avanço de pesquisas futuras.

Independentemente da diversidade que encontramos em uma determinada localidade, como a geologia, a geomorfologia, o uso e ocupação do solo, o acompanhamento dos acumulados de precipitação se faz necessário como medida de alerta e prevenção no auxílio da gestão de riscos. Portanto, é muito importante conhecer os fatores indutores dos eventos, a vulnerabilidade do sistema, a variabilidade climática e os desastres ambientais, pois estes nunca dependem de um único fator ou variável, mas de um conjunto deles, que vão determinar as condições do meio e suas áreas de risco.

Os eventos de movimentos de massa em Portugal concentram-se principalmente na Região Norte, mas Coimbra (Região Central) é fortemente atingida por esses eventos. Foram utilizados nessa pesquisa 87 movimentos de massa dos eventos notificados pelo jornal local no período de janeiro de 2000 a março de 2013. A maior parte dos movimentos estudados localiza-se na faixa oriental do município de Coimbra, cuja característica predominante é de áreas mais montanhosas, com declives mais acentuados. A generalidade dos movimentos foi influenciada por ações antrópicas responsáveis pela instabilização das vertentes, principalmente em estradas. E, 48 %

desses eventos ocorreram no Inverno de 2000/2001, o inverno mais chuvoso dos últimos anos registrado em Coimbra.

Os resultados das análises da precipitação em Coimbra na presente investigação, apontaram que as mais intensas estavam relacionadas com as superfícies frontais frias com trajetórias predominantemente de oeste e as regiões de depressão na Península Ibérica. Em altitude, as situações mais frequentes foram a circulação atmosférica ondulatória. Além destas situações sinóticas, também foram causas de grandes volumes de precipitações, os anticiclones e as ondulações frontais, assim como as massas de ar instáveis, a influência do NAO-, a oceanidade, a proximidade do núcleo de instabilidades do centro depressionário, o relevo de altitude e a disposição da Bacia Hidrográfica do rio Mondego. A relação de períodos longos de chuva, com declividades acentuadas aumenta consideravelmente o número de movimentos de massa, provocando danos severos. Vale enfatizar que tanto as regiões de baixa pressão atmosférica na Península Ibérica como as superfícies frontais frias são sistemas que produzem chuvas por um período que pode se estender a dias, podendo ocasionar a saturação do solo deflagrando os movimentos de massa.

Devido à frequência e os altos valores de precipitação no outono e inverno, por serem consecutivos e ressaltando a possibilidade de ocorrência de precipitação prolongada e contínua, existe um forte contributo para ocorrência de movimentos de massa, com valores próximos a 20 mm de chuva acumulada diária em Coimbra.

Quanto aos alertas para movimentos de massa em Coimbra, verifica-se atenção a valores de precipitação próximos a 10 mm em três dias seqüenciais de chuva e de 5 mm em cinco dias prolongados de chuva nos meses de outono e inverno. No verão, as ocorrências estiveram relacionadas a eventos de chuvas com altos valores de precipitação, acima de 20 mm diário, sem histórico de chuvas prolongadas. Já na primavera, os valores de precipitação no dia da ocorrência equivaleram a uma média de 15 mm de chuva acumulada diária, enquanto que nos três dias que antecederam a ocorrência, a média foi de 20 mm e 26 mm nos cinco dias consecutivos de chuva que antecederam o evento. Com exceção de janeiro de 2002 e 2004, fevereiro de 2009, abril de 2011, setembro e 2005, outubro de 2004 e 2005, todos os eventos estiveram

relacionados a valores de precipitação acima das normais climatológicas. Essas exceções foram relacionadas a eventos severos de precipitação diária.

No Brasil, as Regiões Sul, Sudeste e Nordeste são as mais afetadas por desastres naturais, como inundações, seguida pelos movimentos de massa. Os estados de São Paulo e Rio de Janeiro foram os mais atingidos com número de mortos. No estado de São Paulo, a Região do Vale do Paraíba e litoral são os locais mais atingidos por esses eventos no período chuvoso (verão).

Embora Campinas não esteja inserida nas regiões mais atingidas pelos movimentos de massa no estado de São Paulo, foi escolhida para que pudesse ser utilizado o radar meteorológico do IPMet como ferramenta no auxílio da emissão de alerta para movimentos de massa. Para tanto, Campinas atende a essas necessidades por estar dentro do alcance quantitativo do radar meteorológico.

Avaliando a climatologia da precipitação em Campinas, a pesquisa aponta as frentes frias e o episódio de ZCAS, favorecendo os altos volumes de precipitação, contribuindo para as ocorrências de movimentos de massa. A ocorrência do El Niño indicada nos boletins climatológicos como fenômeno que incide sobre a quantidade anual de precipitação, mostrou-se muito irregular, com ocorrência que cada ano pode apresentar volumes de precipitação tanto acima do normal quanto abaixo do normal. Assim, de acordo com as análises apresentada, não é clara a influência das condições do TSM no oceano Pacífico Tropical sobre a precipitação em Campinas.

Quanto aos alertas de movimentos de massa em Campinas, confirma-se a atenção para os valores estimados pelo PPDC, de 80 mm de chuva acumulada em três dias, baseados nas estações meteorológicas, podendo ser monitorado pelos produtos de chuva acumulada gerados pelo radar meteorológico do IPMet da UNESP de Bauru, que mostrou ser uma ferramenta importante a contribuir no monitoramento em tempo real das chuvas para emissão de alertas dos movimentos de massa a partir de 60 mm. Além de proporcionar informações sobre a localização, intensidade da precipitação e volumes acumulados de chuva a cada sete minutos e meio, com a utilização de radar meteorológico, é possível verificar o deslocamento da chuva e localizar áreas de maior intensidade, subsidiando e orientando os processos de tomada de decisões com vistas à proteção da vida e patrimônio. Vale lembrar que as redes convencionais de

monitoramento da precipitação, devido à baixa resolução espacial e temporal, são incapazes de monitorar sistemas precipitantes.

A identificação de limites críticos de precipitação, associados com as previsões de chuvas e o monitoramento em tempo real, constitui parte fundamental da gestão de riscos e sistemas de emissão de alertas por importantes órgãos tomadores de decisões.

Durante o período analisado em Coimbra e Campinas, janeiro de 2000 a março de 2013, foi possível estabelecer volumes de precipitação acumulados em diferentes sistemas meteorológicos, utilizando informações de estações meteorológicas e produtos de chuva acumulada de radar meteorológico, o que poderia auxiliar em avisos de alertas mediante a previsão de sistemas meteorológicos com volumes de precipitação significativos em regiões suscetíveis aos movimentos de massa.

O monitoramento para emissão de alerta é imprescindível e consiste na observação contínua das condições e eventos que podem provocar os movimentos de massa. Torna-se importante manter atualizadas as potenciais ameaças nos locais monitorados, os fatores de suscetibilidade e vulnerabilidades associados, os agentes deflagradores e o risco nos diferentes cenários. Como sugestão de um monitoramento eficaz, é necessária uma rede de pluviômetros e de radares meteorológicos, modelos de previsão do tempo e acompanhamento dos principais sistemas precipitantes. A emissão do alerta deve consistir em uma comunicação formal aos órgãos tomadores de decisões e a facilidade do acesso a essas informações em tempo real para a população em geral. Assim, para trabalhos futuros, deve-se elaborar um sistema baseado em SIG com capacidade de espacializar os dados da rede observacional (estações e radares meteorológicos) e os valores relacionados da precipitação e os movimentos de massa estudados para cada região, e de fácil acesso à população.

REFERÊNCIAS

AHRENDT, A. **Movimentos de Massa Gravitacionais – Proposta de um Sistema de Previsão:** aplicação na área urbana de Campos do Jordão – SP. 2005. 364 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

ALMEIDA, C. *et al.* Síntese da Hidrogeologia das Bacias do Mondego, Vouga e Lis. In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 4., 1999, Coimbra [**Comunicação apresentada**]. [Lisboa]: APRH, 1999.

ALLEY W. M. The Palmer Drought Severity Index: limitations and assumptions. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, Boston, v. 23, n. 7, p.1100-1109, July 1984.

ANDRADE, C. *et al.* Large-scale atmospheric dynamics of the wet winter 2009-2010 and its impact on hydrology in Portugal. **Climate Research**, Oldendorf/Luhe, v. 46, n. 1, p. 29-41, jan. 2011.

ANTONIO, C. A. A. **Geostatística aplicada à acumulação da precipitação pluviométrica com radar meteorológico.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, 2007.

ARAKI, R. **A história do clima de São Paulo.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Instituto de Geociências, Campinas, 2012.

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnico voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, Rio de Janeiro. **Anais.** RJ: ABMS/SBGE/PUCRJ, v.2, p. 721-733, 1992.

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de Risco de Escorregamentos:** uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, São Paulo, 167 p., 1994.

AUGUSTO FILHO, O. **Carta de Risco de Escorregamentos Quantificada em Ambiente de SIG como subsídio para Planos de Seguro em Áreas Urbanas: Um ensaio em Caraguatatuba, SP.** Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, IGCE/UNESP, Rio Claro, p. 196, 2001.

AUGUSTO FILHO, O. *et al.* Riscos geológicos: aspectos conceituais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, p.334-341, 1990.

BALAJI, D.; SANCAR, R.; KARTHI, S. GIS approach for disaster management through awareness: an overview. In: MAP INDIA, 2002, [New Delhi]. [Proceedings]. [New Delhi]: [s. n.], 2002. Disponível em: < http://www.gisdevelopment.net/application/natural_hazards/overview/nho0012.htm >. Acesso em: 10 fev. 2010.

BALTZER, A. Uebereinen neuerlichen Felssturz am Rossberg, nelst einigen allgemeinen. Bemerkungen über devartuge. Erscheinungen in den Alpen. Neues Jahrb. Mineral. p. 15-26, 1875.

BASSAN, J. M. Avaliação da chuva produzida pelo modelo ETA de previsão de tempo para o estado de São Paulo com uso de radar meteorológico para aplicações agrícolas. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho - UNESP de Botucatu/SP. 2014

BOLT. B. A. **Earthquakes.** New York: W. H. Feeman and Company. 378p, 2004.

BUSH, S. **Quantifying the risk of heavy rain:** Its contribution to damage in urban areas. In: International Conference on Urban Drainage, 11, Edinburgh, Scotland, UK, 2008.

BRASIL. Ministério da Integração Regional. Conselho Nacional de Defesa Civil. Resolução no. 2, de 12 de dezembro de 1994. (Publicado no D.O. de 2/1/95). Anexo A Classificação Geral dos Desastres [e] Anexo B Codificação de desastres e ameaças e riscos-CODAR. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, n. 4, Poder Executivo, Brasília, DF, 05 jan. 1995. Seção 1, p. 320-329. Disponível em: < <http://www.jusbrasil.com.br/siarios/945172/pg-57-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-05-01-1995/pdfView> > Acesso em: 10 ago 2014.

BRYANT, E. A. **Natural hazards**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 294, 1991.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. U. Conceitos básicos em ciência da geoinformação. In.: G. CÂMARA et al (Ed.). **Introdução a ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE. Disponível em <www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html> Acesso em: 01 mar. 2013, 2004.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil: Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 2. ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento/Departamento de Defesa Civil, 1998.

CASTRO, A. L. C. Manual de Desastres. Volume I. Brasília. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=47a84296-d5c0-474d-a6ca-8201e6c253f4&groupId=10157>. Acesso em: 02 mar. 2013, 2003.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J; KOUSKY, V. E. Análise de um caso de atividade convectiva associada a linhas de instabilidades na Região Sul e Sudeste do Brasil. INPE-2574-PRE/222, 1982.

CDC – Centers for Disease Control and Prevention. Acesso em: 14 nov. 2014. Disponível em: <http://www.cdc.gov/vhf/ebola/outbreaks/2014-west-africa/index.html>

CEDEC – Coordenação Estadual de Defesa Civil do estado de São Paulo. Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC: Database 2012/2013. Disponível em: < http://www.defesacivil.sp.gov.br/v2010/portal_defesacivil/index.asp > Acesso em: 01 mai 2013.

CERRI, L.E.S. Carta geotécnica: contribuições para uma concepção voltada às necessidades brasileiras. In: CBGE/ IX COBREAE, VI, Salvador, **Anais...**, p. 309-318, 1990.

CERRI, L.E.S. **Riscos Geológicos associados a escorregamentos**: uma proposta para prevenção de acidentes. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, Rio Claro. 197p., 1993.

CERRI, L. E. S. *et al.* Plano preventivo de defesa civil para minimização das conseqüências de escorregamentos em municípios da Baixada Santista e Litoral Norte do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1, São Paulo – SP. **Anais**. ABGE. P. 395-408. 1990a.

CERRI, L. E. S. *et al.* Plano preventivo de defesa civil para minimização das conseqüências de escorregamentos nas áreas dos bairros-Cota e Morro do Marzagão, Município de Cubatão (SP) - Brasil. In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1, São Paulo-SP. **Anais**. ABGE. P. 381-395. 1990b.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. **Riscos geológicos**. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p. 301-310, 1998.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H **Análise Fractal e Multifractal da Estrutura de Estações Chuvosas em Localidades do estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho – UNESP – Rio Claro, 1997.

COENRAADS, R. (Editor) **Natural Disasters and How We cope with them**. Millenium House. North Narrabeen, NSW, Austrália. 576p, 2006.

CPC – CLIMATE PREDICTION CENTER DOS ESTADOS UNIDOS. Disponível em:<<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/norm.nao.monthly.b5001.current.ascii.table>> Acesso em: 10 abr. 2014.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Mapeamento Geológico-Geotécnico e Delimitação das áreas de risco Geológico ao longo do traçado da via do trem de alta velocidade – TAV. Relatório da primeira Etapa, 2009.

CRUDEN, D. M.; VARNES, D. J. **Landslides: type and processes**. In: TURNER, A. K.; SCHUSTER, R. L . Landslides investigation and mitigation. Washington: Trasportation Research Board, National Research Council – Special Report, 247. Cap. 3, p. 36-75, 1996.

CRUZ, O. A serra do mar e o litoral na área de Caraguatuba – Contribuição a geomorfologia tropical litorânea. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo/SP. 1974

CUNHA L.; DIMUCCIO, L. Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra. **Revista Territorium**. V. 9. Pp 37-51, 2002.

CUNHA, L.; RAMOS, A. M. Riscos naturais em Portugal: alguns problemas, perspectivas e tendências no estudo dos riscos geomorfológicos. In: Riscos e Vulnerabilidades (recurso eletrônico): teoria e prática no contexto Luso-brasileiro - Parte I – Riscos Ambientais e Vulnerabilidades Climáticas. 1ª. Ed. São Paulo: Cultura Acadêmica. p. 20-43, 2013.

CUTTER, S. **The Changing Nature of Risks and Hazards**. American Hazardscapes. The regionalization of Hazards and Disasters. Washington, D.C. Joseph Henry Press. 179 p., 2001.

DAVIS, LEE. **Natural Disasters**. New Edition, 904 p., 2008.

DDR – Disaster Risk Reduction Programme. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/prog/drr/>. Consultado em março de 2013.

DEE D.P., *et al.* The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137, 553-597, doi 10.1002/qj.828, 2011.

DIÁRIO DA REPÚBLICA - Reorganização administrativa do território das freguesias, Lei n.º 11-A/2013, de 28 de janeiro. Direção-Geral do Território, Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), versão 2013: Continente. Acesso: < http://www.dgterritorio.pt/ficheiros/cadastro/caop/caop_download/caop_2013_0/caop2013cont_zip_2 > Acesso: 01 mai. 2013.

DISASTER. **Desastres naturais de origem hidro-geomorfológica em Portugal**: base de dados SIG para apoio à decisão no ordenamento do território e planeamento de emergência (PTDC/CSGEO/103231/2008), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, 2012.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Glossário de Termos Técnicos Rodoviários. Aprovado pelo Conselho Administrativo do DNER e, 20 de março de 1997, Resolução n.º. 26/97, Sessão CA no. 10. Rio de Janeiro, 296p. (IPR. Publi., 700), 1997.

EM-DAT. **The OFDA/CRED International Disaster Database**. Disponível em:

< http://www.emdat.be/disaster_list/index.html>. Acesso em: 01 Jul. de 2012.

Encyclopedia Britannica Online. Web. 17 Jul. 2014. *North Atlantic Oscillation - NAO* Art. Acesso em: 17 jul. 2014. Disponível em: < <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/661549/North-Atlantic-Oscillation-NAO> >

Enciclopédia Geográfica – Seleções Reader’s Digest. Ano de Edição 1986 – 1989. 1ª. Edição. 752 p.

FERNANDES, A. J.; MELLO, C. L. Coberturas Cenozóicas e Estruturas Deformadoras da Depressão Periférica Paulista, Campinas, São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, 25 (1/2), p. 49-66, 2004.

FREIRE, E. S. M. Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática. **Revista Construção**, Rio de Janeiro, n. 8, p 10-18, 1965.

FREIRIA, S. C. **Expansão Urbana e Riscos Naturais - O caso de Coimbra**. Dissertação de Mestrado. Faculdades de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2009.

GARCÍA-HERRERA R., *et al.* The Outstanding 2004-05 Drought in the Iberian Peninsula : Associated Atmospheric Circulation. **Journal of Hydrometeorology**, 8, 469-482, 2007.

GUIDICINI, G.; IWASA, O.Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo – IPT, 48p. (Relatório n. 1080), 1976.

GUIDICINI, G; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: 2ª. Edição. Edgard Blücher, 194 p., 1984.

HUTCHINSON, J. N. General report morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hidrology. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES, 5. Lausanne. Resumos, Rotterdam, Balkema, p. 3-29, 1988.

HURREL J. W.; VAN LOON H. Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. **Climatic Change**, 36, 301-326, 1997.

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera. **Boletins Climatológicos**. Acesso: <https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1> Acesso em: 10 mai. 2013.

INFANTI JR.; FORNASARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A. M.S.; BRITO, S. N. A. (eds) Geologia Engenharia de São Paulo: ABGE. p 131-152, 1998.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Working Group I, AR4, Chapter 11. Regional Climate Projections. Paris. Acesso em: 01 jun. 2012. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas/>

INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA/SP). Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Campinas – SP. Coordenador Antonio Luiz Teixeira – São Paulo. Mapa Geológico do Município de Campinas. Volume II, 2009.

KLEIN TANK A. M. G., *et al.* International Journal of Climatology, 22, 1441-1453, doi: 10.1002/joc.773, 2002.

KOBIYAMA M. *et al.* **Prevenção de Desastres Naturais** – Conceitos Básicos. Curitiba – PR – 1ª. Edição, 2006.

KOVACH, R. L. **Earth's Fury**. An Introduction to Natural Hazards and Disasters. New Jersey. Prentice Hall. 189 p., 1995.

KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 3. p 217-231, 1988.

LOPEZ-MORENO J. I.; VICENTE-SERRANO S. M. Positive and negative phases of the wintertime north Atlantic oscillation and drought occurrence over Europe: a multitemporal-scale approach. **Journal of Climate**, 21: 1220–124, DOI: 10.1175/2007jcli1739.1, 2008.

LOURENÇO, L. **Riscos Naturais e Protecção do Ambiente**. Coimbra. 180 p., 2004.

LOURO, S. M. G. **Condições meteorológicas com efeitos de inundação** – O exemplo da Bacia do Mondego. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Coimbra-Portugal. 150 p., 2004.

MACEDO, E. S.; SANTORO, J.; ARAÚJO, R. E. Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) para deslizamentos, estado de São Paulo, Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1. Florianópolis. **Anais**. GEDN/UFSC. (CD-ROM) p. 908-919, 2004.

MACEDO, E. S; OGURA, A. T.; SANTORO, J. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas**: Guia para Elaboração de Políticas Municipais – Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance. 2006. 111 p.

MACEDO, E. S. *et al.* **Mapeamento de áreas de risco de escorregamento e solapamento de margens do Município de São Paulo – SP: o exemplo da favela Serra Pelada, Subprefeitura Butantã**. In: Simpósio de Desastres Naturais, 1. Florianópolis. GEDN/Universidade Federal de Santa Catarina. 2004. p. 59-72 (CD-ROM).

MARANDOLA JR. E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e riscos: entre Geografia e Demografia. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, ABEP, realizado em Caxambú/MG, de 20-24 de Setembro de 2004, p. 24, 2004.

MARCELINO E. V. (2008). **Desastres Naturais e Geotecnologias**: conceitos básicos. 40 p. INPE -15208-PUD/193, Santa Maria-RS. Disponível em: < <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18> >, v. 80, n. 2008, p. 07.02, 2008.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias**: conceitos básicos. Santa Maria: CRS/INPE. (publicação interna), 2008. p. 20. Disponível em: < <http://www.inpe.br/crs/geodesastres/publicacoes.php> > Acesso em: 01 jun. 2012.

MARCHAL, J. S. ; PALMER, W. McK. The Distribution of Raindrops with Size. **Journal of Meteorology**. Boston. Vol. 5. 1948. p. 165-171.

MILETI, D. **Disasters by Design**: a reassessment of natural hazards in the United States. Washington, D.C. Joseph Henry Press. 1999. 351 p.

MONTEIRO, C. A. F. A Dinâmica Climática e as Chuvas no estado de São Paulo. **Atlas**. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1973. p. 129.

NAKAZAWA, V. A. CARTA GEOTÉCNICA DO ESTADO DE SÃO PAULO: Escala 1:500.000/Valdir Akihiko Nakazawa (coord.) Carlos Geraldo Luz de Freitas, Noris Costa Diniz. 1ª.ed., São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1994.

NEVES, M. A.; PEREIRA, S. Y.; FOWLER H. G. Impactos do sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos na bacia do Rio Jundiá (SP). *Ambiente & Sociedade*. ANPPAS - Revista Ambiente e Sociedade, v. 10, n. 2, p. 149-160, 2007. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/11449/30419> >. Acesso em: 01 mai 2013,

NUNES. L. H. Compreensões e ações frente aos padrões espaciais e temporais de riscos e desastres. **Revista Territorium**. Vol. 16. 2009. p. 179-189.

OGURA, A. T. Análise de Riscos Geológicos em Planos Preventivos de Defesa Civil. In: BITAR, O. Y. (org). Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. ABGE/IPT, São Paulo, 1995. p. 203-215.

OLIVEIRA *et al.* Carta Geológica de Portugal. Escala: 1:500.000. 1992.

PALMER, W.C. Meteorological drought. US Weather Bureau Res. n. 45 . Washington, 1965. 58p.

PEREIRA, S. *et al.* GIS Database on hydro-geomorphologic disaster in Portugal (DISASTER Project). In: González Díez, A. (Coord.), *Avances de la Geomorfología en España 2010-2012*. Actas de la XII Reunión Nacional de Geomorfología, Publican Ediciones, Santander, 2013. p. 163-166.

PELLEGRINA, G. J.; OLIVEIRA, M. A. A.; PEIXOTO, A. S. P. Elaboração de um banco de dados para eventos severos. I Congresso Internacional de Riscos e V Encontro Nacional de Riscos, Coimbra – PT. Revista Territorium. Vol. 16. 2009. p. 31-36.

PELLEGRINA, G. J. **Proposta de um procedimento metodológico para o estudo de problemas geoambientais com base em banco de dados de eventos atmosféricos severos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Área de Geotecnia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2011.

PEREIRA, S. *et al.* Plataforma WEB SIG de ocorrências DISASTER de cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes em Portugal Continental. VI CONGRESSO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA – Coimbra. **Atas/Proceedings**, 2013.

PIEIDADE, A. *et al.* Avaliação e validação da suscetibilidade e ocorrência de deslizamentos em diferentes contextos geomorfológicos em Portugal Continental. Projeto Riskam, Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. Universidade de Lisboa, 2011.

POLÍTICA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2007. Acesso em: 1 nov. de 2014. Disponível em: < http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=6aa2e891-98f6-48a6-8f47-147552c57f94&groupId=10157 >

QUADRO, M. F. L.; ABREU, M. L. Estudos de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 8:620-623. Belo Horizonte – MG. **Anais II**, 1994.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A Language and environment for Statistical Computing. R Foudation for Statistical Computing: Vienna. 2011. ISBN: 3-900051-07-0. Acesso em: 10 jan. de 2014. Disponível em:< <http://www.R-project.org> >.

REBELO, F. A teoria do risco analisada numa perspectiva geográfica. Cadernos de Geografia – Coimbra, n. 18, 1999. p. 3-13.

REBELO, F. **Riscos Naturais e Ação Antrópica.** Imprensa da Universidade de Coimbra. Coimbra – PT. 2001. 274 p.

REBELO, F. **Geografia Física e Riscos Naturais.** Imprensa da Universidade de

Coimbra. Coimbra – PT. 2010. 215 p.

REBOITA, M. S. *et al.* **Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica.** REVISTA BRASILEIRA DE METEOROLOGIA, 25 (2), 2010. p. 193-212.

RIBEIRO, L. T.; GAMITO, T. Projeto: Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas do Vouga, Mondego e Lis integradas na Região Hidrográfica 4. Mapas: Geológico, Hipsométrico, de Declives, de Exposição de Vertentes, Hidrogeológico e Índice de Susceptibilidade. Revisão Final. 2012.

RINEHART, R. E. **Radar for Meteorologists.** 4^a. Ed. Columbia: Rinehart Publishing. 2004. 334 p.

RODRIGUEZ-PUEBLA C. *et al.* Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula. **International Journal of Climatology**, 18, p. 299-316, 1998.

ROPELEWSKI, C. F, BELL M. A. Shifts in the statistics of daily rainfall in South America conditional on ENSO phase. **Journal of Climate**. v. 21. p. 849-865, 2008.

ROPELEWSKI, C. F; HALPERT, M. S. Precipitation Patterns Associated with the High Index Phase of the Southern Oscillation. **Journal of Climate**. v. 2. p 268- 284, 1988.

ROSA FILHO, A. ; CORTEZ A. T. C. A problemática socioambiental da ocupação urbana em áreas de risco de deslizamento da “Suíça Brasileira”. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 03, p. 33-40. 2010. Disponível em: <www.ufpe.br/rbgfe>. Acesso em: 01 jun, 2013.

SANTORO, J.; MACEDO, E. S. **O Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC – Específico para Escorregamentos.** IPT, 2000. São Paulo – SP. Disponível em: <<http://.defesacivil.sp.gov.br>>. Acesso em: 01 mai. de 2010.

SANTOS, J. A.; CORTE-REAL, J.; LEITE, S. M. Weather regimes and their connection to the winter rainfall in Portugal. **International Journal of Climatology**. Int. J. Climatol. 25: p. 33-50. Published online in Wiley InterScience. 2005.

SANTOS, J.; CORTE-REAL, J.; LEITE, S. Atmospheric large-scale dynamics during the 2004/2005 winter drought in Portugal. **International Journal of Climatology**, 27, 571-586. 2007.

SASSA, K. The geotechnical classification of landslides. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND FIELD WORKSHOP ON LANDSLIDES, Tokyo. Proceeding, p. 31-40. 1985.

SANTOS, J. A.; CORTE-REAL, J.; LEITE, S. M. Weather regimes and their connection to the winter rainfall in Portugal. **International Journal of Climatology**, 25, p. 33-50. 2005.

SERRANO A. *et al.* Monthly Modes of Variation of Precipitation over the Iberian Peninsula. **Journal of Climate**, 12, p. 2894-2919. 1998.

SERREZE M.C. *et al.* Icelandic Low Cyclone Activity: Climatological Features, Linkages with the NAO, and Relationships with Recent Changes in the Northern Hemisphere Circulation. **Journal of Climate**, 10, p. 453-463. 1997.

SHARPE, C. F. S. **Landslides and related phenomena**: New York, Columbia Univ. Press, 136 p. 1938.

SILVA, D. C. O. **Aplicação do Modelo Shalstab na Previsão de Deslizamentos em Petrópolis**. Dissertação de Mestrado, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, 132p. 2006.

SILVA DIAS, M. A. F. Sistemas de Mesoescala e previsão do tempo a curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**. vol. 2, p. 133-150. 1987.

SOARES E. P. **Caracterização da precipitação da Região de Angra dos Reis e a sua relação com a ocorrência de deslizamentos de encostas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA L. B. **Percepção dos riscos de escorregamentos na Vila Mello Reis, Juiz de Fora (MG)**: contribuição ao planejamento e à gestão urbanos. Tese. (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2006.

SUGAHARA S. *et al.* - Statistical detection of spurious variations in daily raingauge data caused by changes in observation practices, as applied to records from various parts of world. **International Journal of Climatology**, v. 35, p. 2922-2933, 2014.

TATIZANA, C. *et al.* Análise de correlação entre chuvas e deslizamentos – Serra do Mar – Município de Cubatão. **Anais...** 5º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia, São Paulo, v. 2, p. 225-236, 1987a.

TATIZANA, C. *et al.* Modelamento da Análise de Correlação entre Chuvas e Deslizamentos aplicados à Enconsta da Serra do Mar. **Anais...** 5º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia, v. 2, p. 237-248. São Paulo, 1987b.

TAVARES, A. **Geotechnical and natural hazard mapping on urban and other urban planning**. In: 57th CANADIAN GEOTECHNICAL CONFERENCE, p. 27-33, 2004.

TAVARES, A. C. **O clima local de Campinas**: introdução ao estudo do clima urbano. Dissertação. (Mestrado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 186 p., 1974.

TAVARES, A. C. **Variabilidade e mudanças climáticas**. Tese (Livre-Docência em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

TAVARES, A. M. O. S. **Condicionantes físicos ao planejamento**: análise da suscetibilidade no espaço do Concelho de Coimbra. Tese. (Doutorado em Geografia). Universidade de Coimbra. Coimbra – PT, 346 p., 1999.

TERZAGUI, K. **Mechanisms of landslides**. Harward University. Publicação 488. p. 88-123, 1950.

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos**: aplicação de um ensaio em Ubatuba-SP. Tese. (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2007.

TOMINAGA, L. *et al.* Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do Litoral Norte de São Paulo: conceitos e técnicas. In: PEJON, O.; ZUQUETTE, L. Eds. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5. São Carlos, p. 2005-216, 2004.

TOMINAGA, L. K. *et al.* Avaliação de perigo a escorregamentos por meio da análise de múltiplos fatores geoambientais. In: 12º. CBGE – Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia Ambiental. 23 a 27 de novembro de 2008. Ipojuca, PE. **Anais...** CD-ROM, 2008.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres Naturais Conhecer para prevenir. IG – Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente. Governo do estado de São Paulo. ISBN. 978-85-87235-09-1. 166p, 2009.

TRIGO, R. M. *et al.* North Atlantic Oscillation influence on Precipitation River Flow and Water Resources in the Iberian Peninsula. **International Journal of Climatology**, 24, p. 925-944, 2004.

TRIGO, R. M. *et al.* The influence of the North Atlantic Oscillation on rainfall triggering of Landslides near Lisbon. *Natural Hazards*, 36: p. 331-354, 2005.

UNDP United Nations Development Programme. **Reducing disaster risk: a challenge for development.** New York, USA. 129p., 2004.

UN-ISDR United Nations-International Strategy for Disaster Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. United Nations, Geneva, Switzerland, 2009. Acesso em: 01 mai. 2012. Disponível em: <<http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/report/index.php?id=1130&pid:34&pih:2>>

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: Volume Brasil.** Florianópolis: CEPED UFSC, 2012. Disponível em: <http://150.162.127.14:8080/atlas/Brasil_Rev.pdf>. Acesso em 01 mar. 2013.

USGS – Science for a changing world - U.S Geological Survey – Acesso em: 01 jul 2014. Disponível em: <<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/>>

VAISALA. User's manual – IRIS Radar – Published by Vaisala Oyj – FI-00421 – Helsinki – Finland. 2014. Disponível em: <ftp://ftp.sigmet.com/outgoing/manuals/IRIS_Radar_Manual.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2015.

VARGA, A.; GORBUSHINA, V. Geostructural classification of unstable rock masses. In: Proc. Of VII IAEG – Congress 8, Balkema, Rotterdam, p. 1477-1483, 1998.

VARGAS, M.; PICHLER, E. Residual soil and rock slides, in Santos – Brasil. In: Int. Cong. Soil mec. and fund. Eng, 4, London. Proceedings, v. 2, p. 294-398, 1957.

VARNES, D. J. Slope movements, types and process. In: ECKEL, E. B., ed. Landslides and engineering practice. p. 20-47, 1958.

VARNES, D. J. Slope movements, types and process. In: Landslides Analysis and control, Special report 176. National Academic of Sciences, Washington, D. C., 1978.

VARNES, D. J. IAEG Commission on Landslides and other Mass Movements, Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. UNESCO Press, Paris, 63p., 1984.

VEJA ON-LINE. Especial Desastres Naturais. Acesso em 10 jul. de 2012. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/especiais_online/desastres_naturais/>

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas**. Dissertação. (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Instituto de Geociências, Campinas, 2005.

VICENTINI, T. A. **Fase básica do plano diretor de drenagem para a cidade de Campinas**. Dissertação. (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Básico), Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 1993.

YOSHINAGA, S *et al.* Subsídios ao Planejamento Territorial de Campinas: A Aplicação da Abordagem de Tipos de Terreno. **Revisa IG**. São Paulo, Volume Especial. 1995.

WANNER H., *et al.* **North Atlantic Oscillation – Concepts and Studies**. Surveys in Geophysics, v. 22, p. 321-382, 2001.

WOLLE, C. M. **Análise dos escorregamentos translacionais rasos numa região da Serra do Mar.** Tese. (Doutorado), Escola Politécnica – USP – São Paulo, 406p, 1988.

ZÊZERE, J. L. *et al.* Rainfall-triggered landslides in the Lisbon region over 2006 and relationships with the North Atlantic Oscillation. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 8, p 483-499, 2008.

ZÊZERE, J. L.; TRIGO, R. M.; TRIGO, I. F. Shallow and deep landslides induced by rainfall in the Lisbon region (Portugal): assessment of relationships with the North Atlantic Oscillation. *Natural Hazards and Earth System Science*, p. 331-344, 2005.

ZÊZERE, J. L. *et al.* Desastres de origem hidro geomorfológica em Portugal Continental no período 1865-2010. VI CONGRESSO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. Coimbra-PT. Atas/Proceedings, 2013.

ZUQUETTE, L. V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras.** Tese. (Doutorado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC-USP). São Carlos, v. 3, 673p., 1987.

ZUQUETTE, L. V. **Importância do Mapeamento Geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guias para elaboração.** Livre Docência, EESC - USP, São Carlos – SP. 368p, 1993.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. *Cartografia Geotécnica.* São Paulo; Oficina de Textos, 2004.

APÊNDICE A – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo jornal: Diário de Coimbra no período de 2000 a 2013

Quadro 1 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2000.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
04-04-2000	4h30	Estrada da Beira (S. Frutuoso)	Desabamento de terra e Queda de Blocos	Danos em Automóvel
24-11-2000	s/ inf.	Estrada da Beira (Tapada de Ceira)	Queda de Barreira	Trânsito obstruído
01-12-2000	1h40	Ameal do Campo	Desabamento de terra	Via pública
02-12-2000	noite	EN-1, junto ao Hotel D. Luís	Desabamento de terra	Aluimento na via
03-12-2000	3h00	Junto à Ponte Europa	Desabamento de terra	
05-12-2000	Final da manhã	Av. João das Regras	Alcatrão da estrada cedeu	
07-12-2000	s/inf.	Linha Lousã -Coimbra	Desabamento de terra	Interrupção da circulação ferroviária na linha Lousã
10-12-2000	tarde	Póvoa de Pinheiro	Queda de Barreira	Obstrução da estrada
10-12-2000	tarde	Casal da Misarela	Desabamento de terra	Obstrução da estrada
26-12-2000	s/inf.	Santa Clara (antiga estrada de Lisboa)	Desabamento de terra	Casa ameaça ruir
27-12-2000	21h00	Rua António Jardim e Av. Elísio de Moura	Deslizamento de terra	Danos em Automóveis, casas e 40 desalojados
29-12-2000	s/ inf.	Troço da EN-17, entre Poiares e Coimbra, próximo a Cabouco	Desabamento de terra	Trânsito condicionado

Fonte: Diário de Coimbra.Elaborado pela autora.

Quadro 2 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2001.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
02-01-2001	16h30	IP-3 (entre os nós de Espinheira em Penacova e de Souselas)	Queda de terra e Aluimento de terra	Circulação interrompida

02-01-2001	s/ inf.	Rego do Bonfim	Deslizamento de terra	
04-01-2001	04h00	Rua Miguel Torga (Cidral)	Aluimento de terra	sem danos
05-01-2001	s/ inf.	Estrada das Carvalhosas	Aluimento de terra	isolamento de 600 pessoas
05-01-2001	tarde	EN-111, na zona da Geria, próximo a Coimbra	Aluimento de terra	Circulação interrompida
05-01-2001	noite	Alto São João	Derrocada	
05-01-2001	7h00	Casal da Misarela	Derrocada	
05-01-2001	s/ inf.	EN-110/2 entre Ribeira de Frades e Antanhol	Queda de Barreira e Aluimento de terra	
05-01-2001	final da tarde	Brasfemes,	Derrocada	
05-01-2001	final da tarde	Souselas	Derrocada	
05-01-2001	final da tarde	Vilarinho	Derrocada	
05-01-2001	s/ inf.	Tapada de Ceira (Estrada da Beira, entre Coimbra e o entroncamento com a ligação à Lousã	Queda de Barreiras	Restrições a circulação
06-01-2001	04h00	Entre Castelo Viegas e o Hospital Sobral Cid	Aluimento de terra	Restrições a circulação - 30 metros de estrada
09-01-2001	17h30	Junto a ponte do caminho de ferro na estrada para Tomar, linha de Lousã	Queda de terras	Interrupção dos comboios
09-01-2001	s/ inf.	Ex Estrada Nacional junto ao Castelo de Viegas	Colapso de Talude	Derrocada de toda faixa de rodagem por uma ravina de 25 m de comprimento, interrupção do trânsito
s/ inf.	s/ inf.	Junto à Quinta de S. José (Marco dos Pereiros)	Desabamento do talude de suporte da estrada com cerca de 7 m de altura	Afetou a berma e o pavimento da faixa de rodagem, condicionamento do trânsito
s/ inf.	s/ inf.	Estrada Municipal 1151 (Carvalhosas no sentido de Palheiros)	Deslizamento de talude	Atingiu 1/3 da faixa de rodagem (cerca de 20 m), condicionamento do trânsito
s/ inf.	s/ inf.	Parte da Rua António Menano em Banhos Secos	Deslizamento de talude	extensão de 30 metros para a estrada
s/ inf.	s/ inf.	Estradas municipais 1170, junto a Tremoa de Baixo	Desmoronamento de terra	circulação condicionada
s/ inf.	s/ inf.	Estrada 1155, junto a Boiça, freguesia de Ceira	Desmoronamento de terra	circulação condicionada
s/ inf.	s/ inf.	Ligação entre Boiça e Cabouco	Desmoronamento de terra	Reduziu a metade a faixa de rodagem, condicionamento do trânsito a um só sentido
s/ inf.	s/ inf.	Zona Ceira (interior da Tapada)	Abatimento de terra	Abatimento na faixa de rodagem, impraticável sua utilização.
24-01-2001	madrugada	Estrada da Beira (Zona da Boiça, entre o Marco dos Pereiros e Hospital Sobral Cid)	Derrocada	

24-01-2001	madrugada	Rua Adriano Lucas	Derrocada	Circulação prejudicada
25-01-2001	s/ inf.	Perto do apeadeiro de Vale de Açor	Queda de barreira	Prejuízo na circulação ferroviária na linha da Lousã, entre Coimbra e Miranda do Corvo
26-01-2001	tarde	Trouxemil e Sargento-Mor	Queda de barreira	
26-01-2001	tarde	Nó de Miro (Penacova)	Derrocada	
26-01-2001	tarde	São Romão	Deslizamento de terras	Praticamente desapareceu a Ribeira de Coselhas
26-01-2001	manhã	Rua Alegria	Derrocada de terras	Desabamento da parede de uma casa
26-01-2001	tarde	Estrada da Beira	3 Derrocadas	
26-01-2001	tarde	Ceira	Escorregamento de Encosta	Corte da via
26-01-2001	tarde	Rua do Brasil	Derrocada de terras	Estrangulamento do trânsito
28-01-2001	s/ inf.	Quimbres	Queda de barreira	Danos em viatura
28-01-2001	madrugada	Jardim Botânico	Derrocada de terras	
06-02-2001	s/ inf.	EN-1, no Cruzamento dos Carvalhais	Queda de barreira	
06-02-2001	final da manhã	Brasfemes	Desabamento de terras	
06-02-2001	s/ inf.	Rua José Castilho	Derrocada de terras	
07-02-2001	12h00	Estrada de Coselhas	Derrocada do muro ligado a encosta	9 desalojados
07-02-2001	03h00	Fontainhas, Cernache	Aluimento de terra	Evacuação de residência, 2 desalojados
02-03-2001	s/ inf.	IP-3 Zona do Botão (Sentido Penacova-Coimbra)		
04-03-2001	s/ inf.	Souselas		
05-03-2001	tarde	Azinhaga da Ponte, Souselas	Desabamento de terras	
06-03-2001	s/ inf.	Bairro de Santa Apolónia	Desabamento de terras	
10-03-2001	13h45	Rua Padre Manuel da Nóbrega	Deslizamento de Encosta	Destruição de garagens e carros
23-03-2001		Rua Pedro Hispano	Deslizamento de terras	Condicionamento do trânsito
10-05-2001	manhã	Rua da Sota	Desabamento de terras	1 ferido

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 3 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2002.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
23-01-2002	s/ inf.	IP-3 (Descida do Botão)	Queda de barreira	Condicionamento do trânsito
14-03-2002	manhã	Estrada da Beira em São Frutuoso	Abatimento de terra	Abatimento na estrada, estreitamento da via
14-03-2002	manhã	Semide, junto ao restaurante Varandas do Ceira	Queda de pedras	interrupção do trânsito no sentido Poiães-Coimbra
16-09-2002	21h00	Vil de Matos	Aluimento de terras	Residências afetadas
16-09-2002	19h40	Estrada Nacional 334, km 38, na zona da Cerca, no Concelho de Anadia	Desabamento de terras	Estrada parcialmente destruída, condicionamento do trânsito
17-09-2002	15h00	IP-3 , entre Souselas e Trouxemil	Queda de barreira	Condicionamento do trânsito
22-10-2002	s/ inf.	Rua Guilherme Gomes Fernandes, na Conchada	Aluimento de terras	Enorme buraco, danos em residências
30-10-2002	noite	Souselas	Quedas de blocos	Condicionamento do trânsito
30-10-2002	noite	Freguesia de Eiras, na rua Adriano Lucas	Aluimento de terras	Condicionamento do trânsito
19-11-2002	s/ inf.	Ançã	Deslizamento de terra	Queda do muro do cemitério, destruição de jazigos
25-11-2002	14h00	Rua António Jardim	Queda de barreira	Condicionamento do trânsito
10-12-2002	s/ inf.	Rua 29 de julho, na Conchada	Queda de barreira	Corte da estrada
26-12-2002	19h00	Coimbra e região (Adémia, Olivais, Fornos, Ceira, Antuzede	Queda de barreira e aluimento de terras	Obstrução de estrada
27-12-2002	madrugada	Soure	Quedas de barreiras	Obstrução de rodovias

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 4 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2003.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
02-01-2003	s/ inf.	Estrada Nacional 225, ligação entre Castro Daire a Vila Nova de Paiva	Desabamento de terra	A estrada cedeu, trânsito cortado.
02-01-2003	noite	IP-3, entre coimbra e Penacova	Quedas de barreiras	Condicionamento do trânsito
03-01-2003	noite	Estrada que liga Eiras a Casais de Eiras, Fornos, Alcarranquis, Bairro de Santa Apolónia e São Paulo de Frades	Derrocadas	Condicionamento do trânsito
05-01-2003	17h30	EN17, na Zona de ponte das Ribas, entre Coimbra e Lousã	2 Quedas de barreiras	Corte do Trânsito

07-01-2003	s/ inf.	Ladeira do Baptista	Queda de barreira	Circulação condicionada
07-01-2003	16h00	Zona de Ponte de Ribas, no concelho de Lousã	Queda de barreira	Tanstornos ao trânsito, estrada cortada.
25-02-2003	10h00	Rua do Brasil, na Ladeira do Baptista	Aluimento de terras	Condicionamento do trânsito
27-02-2003	manhã	S. Frutuoso, na Estrada da Beira, no sentido Lousã-Coimbra	Escorregamento de Encosta	
03-10-2003	02h08	IP-3, Zona do Botão	Queda de barreira	
19-10-2003	11h30	IP-3, sentido Viseu-Coimbra	Queda de barreira	Condicionamento do trânsito
30-10-2003	noite	Rua do Cruzeiro, em Ribeiro da Póvoa	Desabamento de terra	
15-11-2003	manhã	São Martinho do Bispo, junto à rede do Atlético Clube Esperança	Deslizamento de terra	
15-11-2003	manhã	Tapada da Ceira, Cabouco, Lordemão e Coselhas	4 Quedas de barreiras	
01-12-2003	16h00	Miranda do Corvo na Estrada da Beira	Queda de barreira	Condicionamento do trânsito

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 5 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2004.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
31-01-2004	manhã	Estrada que liga Vila Verded à A14	Queda de barreira	Trânsito interrompido
31-01-2004	manhã	Lares	Deslizamento de terra	Danos em habitações
17-08-2004	8h21	Km 63,4 do IP-3, N6 de Miro	Derrocada	Condicionamento do trânsito
19-10-2004	início da noite	Rego do Bonfim	Derrocada	
24-10-2004	manhã	Freguesia de Abiúl, Pombal	Aluimento de terras	Queda do muro do cemitério

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 6 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2005.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
06-09-2005	manhã	Estrada da Beira	Deslizamento de terras	
11-10-2005	tarde	S. Frutuoso	Queda de blocos	

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 7 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2006.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
09-06-2006		Rua de Angola, bairro Norton de Matos	Derrocada	Danos em veículo, ferimentos leves
21-09-2006	08h30	Estrada da Beira, junto ao restaurante Varandas do Ceira	Derrocada	Interrupção na via
25-10-2006	madrugada	Coimbra, Fornos, Torre de Viela, Souselas, Ribeira de Eiras e Ribeira de Frades	Derrocadas sucessivas (6)	Estradas cortadas
24-11-2006		Coimbra e Miranda do Corvo	Deslizamentos de terra (2)	
05-12-2006	5h50	Lousã, próximo dos Moinhos	Queda de barreira	Danos materiais e circulação ferroviária suspensa
08-12-2006	madrugada	Rua da Aveiro, Monte de Bera, Ladeira do Baptista (2), Castelo de Viegas, Torres Mondego, Rua da Fonte do Castanheiro e Rua Pinhal de Marrocos	Deslizamentos de terra (8)	

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 8 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2007.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
12-02-2007	madrugada	Junto ao Miradouro de Santa Clara	Deslizamento de terra	
12-02-2007	madrugada	Estrada de Eiras no Bairro de São Miguel	Deslizamento de terra	

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 9 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2008.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
19-04-2008	11h00	Concelho Góis	Deslizamento de terra	Trânsito Cortado

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 10 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2009.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
29-01-2009	15h00 e 17h00	Rua do Brasil na Ladeira do Baptista	Deslizamentos de terra (2)	Corte da via
01-02-2009	madrugada	Santa Clara, próximo ao restaurante Real das Canas	Deslizamentos de pedras	
16-11-2009	tarde	Arroteia, estrada entre Ceire e Vale de Açor	Queda de barreira	
16-11-2009	tarde	Calçada do Gato	Queda de pedras	

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 11 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2010.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
03-01-2010	11h45	Estrada que liga Trémoa a Moinhos em Miranda do Corvo	Queda de Barreira	Trânsito condicionado
16-01-2010	09h30	Miradouro do Vale do Inferno em Santa Clara, junto ao Hotel D. Luís	Deslizamento de terra	Via parcialmente cortado
16-01-2010	manhã	Zona de S. Frutuosa	Deslizamento de terra	Via parcialmente cortado
28-02-2010	2h30	Bairro de Santa Apolónia	Deslizamento de terra	Destruição do muro
19-03-2010	7h30	Estrada Nacional 110	Deslizamento de terra	Estrada cortada ao trânsito
14-11-2010	15h00	Rua Machado de Castro	Desabamento de terras	Trânsito condicionado

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 12 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2011.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
19-02-2011	09h14	Estrada de Lages	Deslizamento de terra	Trânsito condicionado

29-04-2011	tarde	Av. Elísio de Moura	Queda de blocos	Obstrução da via
------------	-------	---------------------	-----------------	------------------

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 13 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2012.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
20-04-2012	tarde	Rua de Aveiro	Queda de blocos	Problemas no trânsito
14-12-2012	09h00	Estrada de Coselhas	Deslizamento de terra	

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.

Quadro 14 – Ocorrências de movimentos de massa notificados pelo Diário de Coimbra em 2013.

DATA	HORÁRIO	LOCALIZAÇÃO	OCORRÊNCIAS	DANOS
18-01-2013	14h30	Coimbra-Viseu, zona de Penacova	Queda de barreira	Corte da via e condicionamento do trânsito
19-01-2013	madrugada	Coimbra	Deslizamento de terra, pedra e queda de barreira	
29-03-2013	tarde	São Paulo de Frades e Bastelim	Derrocadas	Estradas cortadas
29-03-2013		Penalva de Alva na Zona Sul do Concelho de Oliveira do Hospital, Distrito de Coimbra	Deslizamento de terras e derrocadas	
31-03-2013	entre 11 e 22h	Estrada Nacional 544 entre Arganil e Mont'Alto	Deslizamento de terras	
31-03-2013	entre 11 e 22h	Estrada Regional 235, km 0,8 em Penacova no Largo Dona Amélia	Deslizamento de terras	
31-03-2013	entre 11 e 22h	Centro da cidade de Coimbra	Deslizamento de terras	

Fonte: Diário de Coimbra. Elaborado pela autora.