

**EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS EXTREMOS OCORRIDOS NO MUNICÍPIO DE
BELO HORIZONTE EM DEZEMBRO DE 2011**

Wellington Lopes Assis
IGC/UFMG,
assisw@gmail.com

Samuel Matos Ribeiro
GC/UFMG
samuelmribeiro@gmail.com

Magda Luzimar de Abreu
IGC/UFMG
magda@csr.ufmg.br

Joyce Figueiredo Marra
IGC/UFMG
joycemara@yahoo.com.br

EVENTOS EXTREMOS E IMPACTOS HIDRO METEOROLÓGICOS

RESUMO:

Este trabalho teve como objetivo analisar os eventos pluviométricos extremos ocorridos no município de Belo Horizonte (MG) em dezembro de 2011. Foram identificados os sistemas atmosféricos responsáveis pelos elevados índices de precipitação utilizando imagens de satélite, cartas sinóticas e análise rítmica. Com base nos dados horários, adquiridos em quatorze estações meteorológicas, foi confeccionado um mapa com o acumulado de chuva mensal. Num segundo momento foi realizado o mapeamento do acumulado diário para o dia 15, correlacionando com as informações obtidas junto à Coordenadoria Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais. Os resultados apontaram a Zona de Convergência do Atlântico Sul e as Linhas de Instabilidade com os principais sistemas atmosféricos responsáveis pela ocorrência de alagamentos, inundações e deslizamentos na capital mineira.

ABSTRACT:

This study aimed to analyze extreme rainfall events that occurred in the city of Belo Horizonte (MG) in December 2011. We identified the weather systems responsible for high levels of precipitation by using satellite images, synoptic maps and rhythmic analysis. Based on hourly data, acquired in fourteen weather stations, a map was made with the accumulated monthly rainfall. And second time we made the mapping of daily raining for day 15, correlating with the information obtained from the Coordenadoria Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais. The results showed about South Atlantic Convergence Zone and the Squall Lines the most important weather systems. They were responsible for the occurrence of floods, landslides and floods in the state capital.

INTRODUÇÃO

No meio científico há um consenso de que sobre as cidades são criados padrões de circulação atmosférica específicos, responsáveis por alterações nas características das precipitações, tanto nos totais acumulados como na distribuição espacial. Essas mudanças variam muito, de acordo com o porte da cidade, das funções urbanas desempenhadas e dos ritmos atmosféricos associados a estas transformações.

Embora o teor de umidade relativa do ar seja menor dentro do tecido urbano, especialmente em áreas desprovidas de vegetação ou lâminas d'água, alguns estudos apontaram para um aumento nos totais pluviométricos em cidades de porte metropolitano (AZEVEDO, 2002; LANDSBERG, 1981; LOWRY, 1998; THIELEN; GADIAN, 1997). Porém, nem sempre é possível estabelecer uma relação direta entre urbanização e aumento nas chuvas, pois fatores como topografia e sistemas sinóticos influenciam esse parâmetro a ponto de minimizar, ou mesmo anular, os efeitos antrópicos.

Os eventos pluviométricos extremos recorrentes no verão tropical são responsáveis por grandes transtornos no meio urbano em várias regiões do Brasil. No município de Belo Horizonte não é diferente, sendo que as condições de irregularidade topográfica do sítio e à atuação de sistemas atmosféricos instáveis, associada à intensa ocupação e impermeabilização do solo, reproduz ano após ano a ocorrência de alagamentos, inundações e deslizamentos de encostas.

Esses problemas são agravados pelo crescimento desordenado da metrópole belo-horizontina, principalmente em regiões com pouca ou nenhuma infraestrutura urbana. São registrados entre os meses de novembro e fevereiro transtornos relacionados às chuvas intensas que aumentam o risco de tragédias para população, principalmente para as famílias que ocupam de forma irregular os fundos de vales, margens de córregos e as encostas.

Em dezembro de 2011 os índices de precipitação superaram a média climatológica de 1961 a 1990 (292,0mm, INMET, 2009) em 70,3%, alcançando o acumulado mensal de 789,4mm e estabeleceu um novo recorde histórico para esse mês. Em decorrência disso, vários casos de alagamentos, inundações e deslizamentos foram registrados pela Coordenadoria de Defesa Civil do Estado de Minas Gerais (CEDEC).

Este trabalho teve como objetivo geral identificar os sistemas atmosféricos responsáveis pelas chuvas intensas ocorridas em dezembro de 2011. Como objetivo específico foram analisadas as variabilidades temporais e espaciais da precipitação entre os dias 15 e 19 do referido mês, conhecendo as formas de interações entre topografia-morfologia e o uso e ocupação do solo nos totais pluviométricos diários.

O estudo dos impactos pluviais concentrados nas cidades tropicais tem se destacado pelas recorrentes consequências sociais e econômicas proveniente da precariedade ou mesmo da falta de adequação da infraestrutura urbana. Dessa forma, identificar e entender a dinâmica atmosférica durante o período chuvoso é de suma importância para subsidiar os órgãos públicos com informações sobre a espacialização da precipitação. Essas poderão contribuir para aprimorar a gestão e atuação da Defesa Civil durante a ocorrência dos eventos extremos, bem como auxiliar na ação preventiva.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos foram utilizados dados horários do mês de dezembro de 2011 de três estações meteorológicas pertencentes ao 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (5ºDISME/ INMET)¹, uma convencional (P12) e duas automáticas (P11 e P13); dez pluviômetros datalogger (P1 à P10) da Companhia Urbanizadora da Prefeitura de Municipal Belo Horizonte (URBEL/PBH)² e informações da estação meteorológica automática do Museu de História Natural e Jardim Botânico (MHNJB)³ da UFMG (P14), totalizando quatorze pontos amostrais (FIG.1).

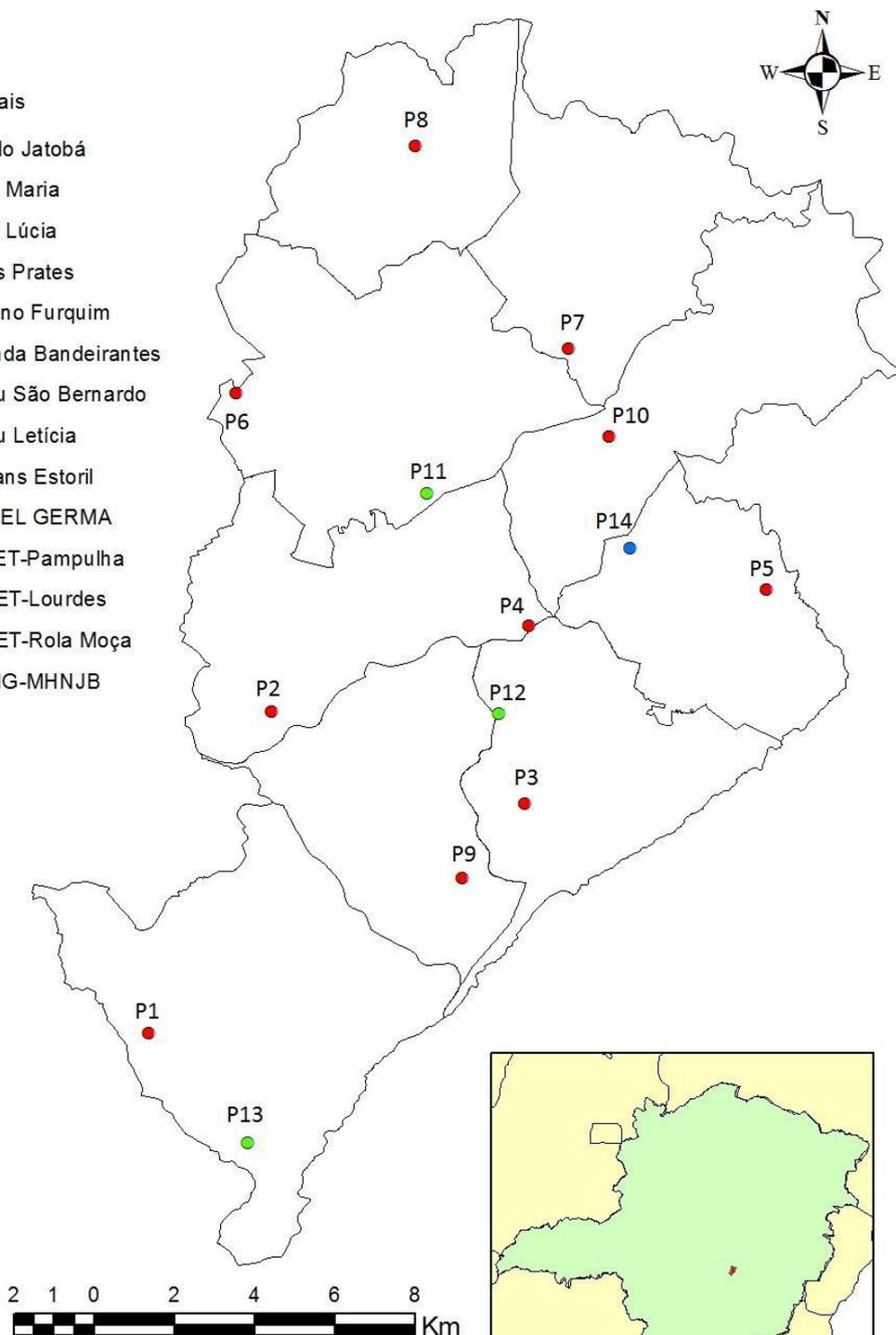
Entre os dias 01 e 29 de dezembro não foram utilizados os dados do ponto 14, uma vez que a estação meteorológica instalada neste local entrou em operação somente a partir do dia 30/12/2011. Ressalta-se ainda que nos dias 30 e 31 os dados do ponto 6, localizado no Zoológico Municipal, não foram registrados devido a falhas na balança do equipamento.

*EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS EXTREMOS OCORRIDOS NO MUNICÍPIO DE BELO
HORIZONTE EM DEZEMBRO DE 2011*

Localização das Estações Pluviométricas e Meteorológicas de Belo Horizonte/MG

Pontos Amostrais

- P1 - Vale do Jatobá
- P2 - Santa Maria
- P3 - Santa Lúcia
- P4 - Carlos Prates
- P5 - Caetano Furquim
- P6 - Fazenda Bandeirantes
- P7 - Sarmu São Bernardo
- P8 - Sarmu Letícia
- P9 - BHTrans Estoril
- P10 - URBEL GERMA
- P11 - INMET-Pampulha
- P12 - INMET-Lourdes
- P13 - INMET-Rola Moça
- P14 - UFMG-MHNJB



Legenda

- Pluviômetros da URBEL/PBH
- Estações Meteorológicas do 5º DISME/INMET
- Estação Meteorológica da UFMG-MHNJB

Projeção: UTM, Zona 23S, SAD 1969.
 Fonte: IGC-UFMG, URBEL/PBH, 5º DISME/INMET
 Elaboração: WellingtonLopes Assis e Samuel Matos Ribeiro, 2012.

A análise dos tipos de tempo observados no período da coleta foi realizada tendo como instrumental teórico-metodológico os gráficos de análise rítmica (MONTEIRO, 1971). Como subsídios à interpretação da dinâmica atmosférica foram utilizadas cartas sinóticas de 00h e 12h GMT obtidas no site da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN)⁴, cartas sinóticas de superfície e altitude de 00h, 06h, 12h e 18h GMT, confeccionadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)⁵ e imagens meteorológicas do satélite GOES-12, canal Infra 4, dos referidos horários sinóticos, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)⁶. Dessa forma, foi possível identificar os principais sistemas atmosféricos que atuaram em Belo Horizonte durante o atípico período chuvoso.

Os dados foram organizados em planilhas do *software* Excel sendo contabilizados em eventos horários, diários e mensal. Entretanto, como nem todas as estações disponibilizavam os dados de modo horário, optou-se pelo total acumulado diário como critério de classificação da precipitação.

A precipitação intensa, ou máxima, foi entendida neste trabalho como chuva extrema caracterizada pela duração e distribuição têmporo-espacial crítica para uma determinada área ou sub-bacia hidrográfica no município. Nesses eventos foram registrados um grande volume de água precipitada em um curto intervalo de tempo, causando prejuízos materiais e humanos consideráveis. Desde modo, as precipitações observadas entre os dias 13 e 19/012/2012 contribuíram para a ocorrência de alagamentos, enchentes e deslizamentos em diversos pontos da cidade.

Num segundo momento, importou-se a tabela com dados de precipitação acumulada diária de todos os pontos amostrais e suas coordenadas geográficas no *software* MapInfo 10, exportando uma *shape* de pontos criada a partir da ferramenta *Universal Translator* para a confecção dos mapas de precipitação diários. Os mapas foram necessários, uma vez que facilitam a percepção do comportamento e dispersão da chuva, auxiliando na análise e interpretação espacial dos elementos em estudo. Vale ressaltar que o *software* ArcGis 10 foi utilizado tanto na geração dos mapas, quanto para estruturar seu *layout* final.

A base cartográfica utilizada, em especial as informações topográficas e as divisões administrativas das regionais e bairros, foi elaborada a partir dos dados produzidos pela Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte S.A. (PRODABEL, 2001) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1979). Utilizaram-se cartas topográficas e plantas cadastrais produzidas por esses órgãos nas escala de 1:25.000 e 1:5.000. Todas as informações encontram-se georreferenciadas em coordenadas planas no sistema de projeção Universal Transverso de Mercator (UTM).

Para gerar as superfícies estatísticas que aproximassem a variação espacial da precipitação com os parâmetros altimétricos e morfométricos, foi necessário realizar interpolações. Antes deste procedimento foi necessário converter o arquivo Excel, organizado originalmente em tabela, em *shape file*. Para tanto, foi utilizado a ferramenta *Universal Translator* do *software* MapInfo 10.

Foram testados quatro métodos de interpolação para cada um dos parâmetros meteorológicos através da ferramenta *Geostatistical Analyst* do *software* ArcGis/ArcMap 10: o *Inverse Distance Weighting* (IDW), a *Ordinary Kriging* (KRI), a *Radial Basis Functions* (RBF) e o *Local Polynomial Interpolation* (LPI). Em todos se empregou o raio de busca esférico, dividido em quadrantes, para a seleção das amostras. Foram incluídos os oito vizinhos mais próximos ao ponto de origem, numa tentativa de minimizar discrepâncias entre os demais pontos amostrais.

Após serem testados os quatro métodos de interpolação, variando em cada modelo os parâmetros de decisão e estabelecendo diferentes intervalos, chegou-se à conclusão que a Função Radial Básica (RBF) representou melhor a distribuição espacial da precipitação no município. Três fatores respaldaram esta escolha: as isolinhas geradas neste modelo são mais suavizadas, seguindo as principais feições topográficas do sítio de Belo Horizonte; a ocorrência de círculos concêntricos (*bull eyes*) foi minimizada; e não existem falhas na superfície interpolada, sendo a aquela que apresentou menores distorções.

Na última etapa todos os dados obtidos pelos pontos amostrais foram confrontados com as informações cedidas pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais (CEDEC). Porém, uma ressalva deve ser feita. A CEDEC disponibiliza somente os registros de chamadas públicas⁷ para as ocorrências de alagamentos, enchentes e inundações, não necessariamente havendo uma análise técnica nessas classificações. Esse procedimento pode comprometer a classificação proposta para os eventos em si. Sendo assim, optou-se por considerar apenas registros deste órgão que puderam ser

verificados, ou pela participação presencial de algum membro da defesa civil ou por confirmações em notícias nos meios de comunicação.

ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em dezembro de 2011 o município de Belo Horizonte registrou os maiores índices de precipitação registrados para o mês em 100 anos de coleta de dados, 789,4mm. As condições atmosféricas para o mês foram marcadas predominantemente por de tipos de tempo instáveis, caracterizados por elevada nebulosidade, chuvas intensas e generalizadas sobre o tecido urbano, ventos fracos e turbulentos. Destaca-se a semana entre os dias 15/12/2011 e 19/12/2011. Durante este período a maioria dos pontos amostrais registrou mais da metade do total acumulado mensal de chuva esperado para todo o mês de dezembro.

De acordo com o gráfico de participação dos sistemas atmosféricos (GRAF.1) e a análise rítmica (GRAF.2) do mês de dezembro de 2011, observa-se que a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as Linhas de Instabilidade (LI) foram os sistemas atmosféricos com maior atuação nas condições de tempo, 58,1% e 19,4% respectivamente. Vale destacar que as Instabilidades Convectivas Locais (ICL) tiveram uma participação importante nas chuvas torrenciais, atuando 6,5% durante o mês. Entretanto, os totais diários mais significativos ocorreram quando da atuação da ZCAS e de LI. Poucos foram os dias com atuações de sistemas estáveis tais como: o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS – 6,5%), o Anticiclone Subpolar do Atlântico Sul (APAS – 3,2%) e o Anticiclone Subpolar do Atlântico Sul Tropicalizado (APAS_t – 6,5%).



GRÁFICO 1. Participação percentual dos sistemas atmosféricos, dezembro 2011.

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) atua em Belo Horizonte entre os meses de outubro e março devido às condições de instabilidade proporcionadas pelas altas temperaturas observadas no continente sul-americano nesta época do ano. A maior frequência é registrada nos meses de novembro e dezembro. É formada pela associação entre os sistemas frontais frios (FF), oriundos do Sul do país, e pela organização da convecção tropical, principalmente proveniente da região amazônica. Na medida em que avançam os sistemas frontais sobre o continente, ocorre o alinhamento dos centros de baixa pressão, formando intensa nebulosidade no território brasileiro, com uma orientação predominante noroeste-sudeste (ABREU, 1998)8.

De acordo com a síntese sinótica do CPTEC-INPE (2011), o mês de dezembro de 2011 teve a participação de quatro episódios ZCAS entre a Região Sudeste e o sul da Região Amazônica. Nesses episódios, foram reconhecidos os sistemas atmosféricos associados ao modelo conceitual de ZCAS: presença da Alta da Bolívia, do Vórtice Ciclônico do Nordeste em 200hPa e do Cavado em 500hPa a oeste da área de velocidade vertical significativa. Estes fenômenos foram favorecidos pela persistência do padrão de bloqueio no Atlântico, sendo responsáveis por temporais e significativos acumulados diários em toda a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS EXTREMOS OCORRIDOS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE EM DEZEMBRO DE 2011

Os índices pluviométricos ficaram muito acima da normal climatológica de 1961 a 1990 (497,4mm). A atuação da ZCAS intensificou a convecção e a instabilidade atmosférica no município. Durante a participação desse sistema a pressão atmosférica reduziu permanecendo entre 907 a 909 hPa, a média para o mês é de 910,5 hPa. A média da temperatura diária foi menor do que a mensal em função da intensa cobertura de nuvens, 0,6°C abaixo da climatologia. A temperatura mínima diária ficou em torno dos 16,3°C e máxima em 29,8°C. Os ventos predominantes foram do quadrante Oeste- Noroeste, oscilando entre 270° e 315°, com velocidade média de 1,5 m/s. A umidade relativa média para esses dias ficou em torno de 76,7%, valor esperado devido ao grande volume precipitado no mês (789,4mm).

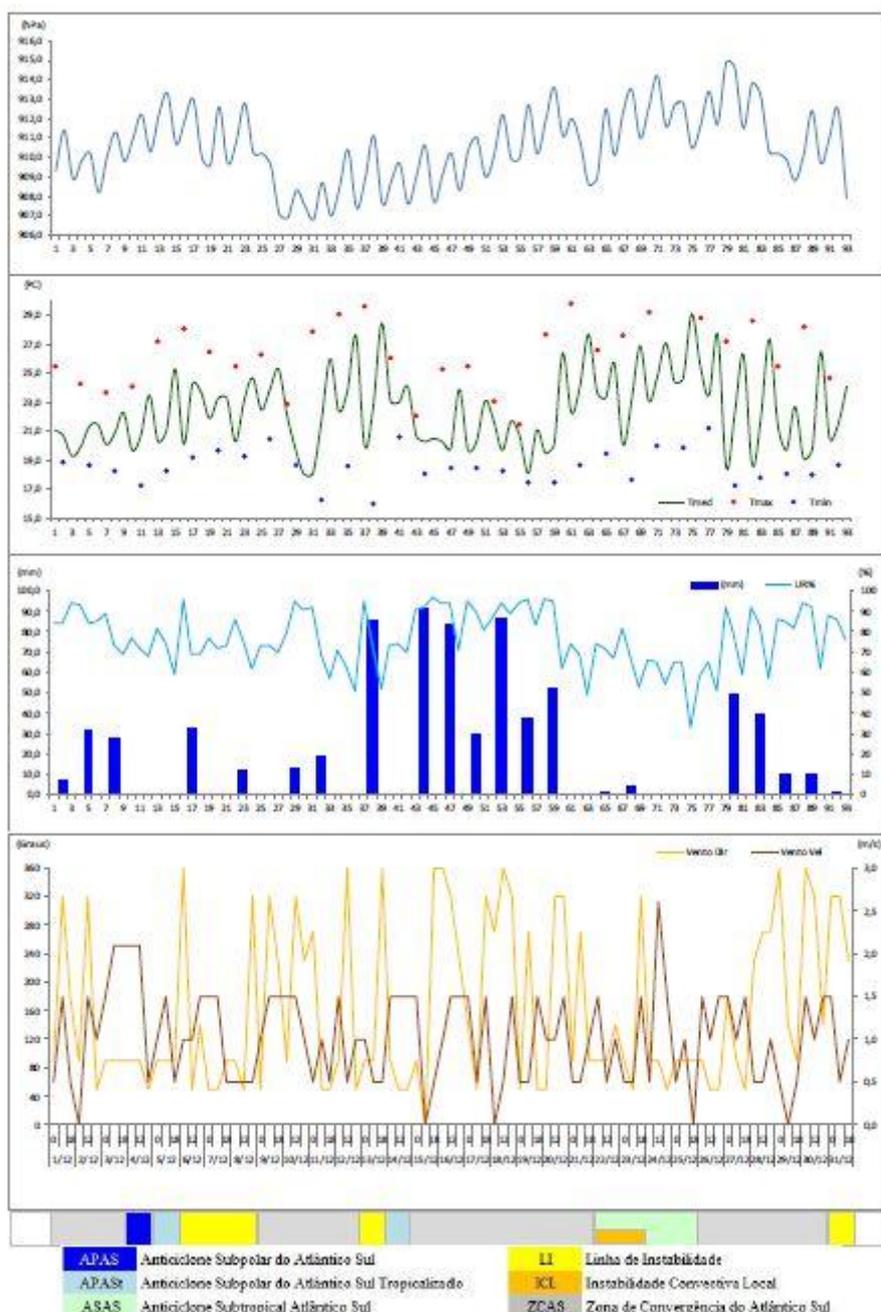


GRÁFICO 2. Análise rítmica de dezembro 2011.

Entre os dias 15 e 21/12/2011 ocorreu o terceiro e mais intenso episódio de ZCAS. Foi o evento de mais longa duração, sete dias consecutivos. Registraram-se totais pluviométricos significativos em grande parte do Estado de Minas Gerais, especialmente na RMBH. Somente neste período a estação INMET-Pampulha (P11) acumulou 450,6mm, 75,18% do total registrado para este mês (789,4mm).

O dia 15 de dezembro destacou-se dos demais em função dos maiores totais pluviométricos registrados em um único dia ao longo de 2011. Das treze estações utilizadas para a elaboração do cartograma com o acumulado diário (FIG.2), sete registraram valores superiores a 100mm. Dentre essas, destacam-se aos pontos 11 (165,2mm), 9 (149,8mm), 4 (124,2mm), 3 (121,0mm), 6 (115,2mm), 2 (110,6mm) e 13 (106,8mm). Essa quantidade expressiva de chuvas resultou em um elevado número de ocorrências registradas pela Defesa Civil municipal (TAB.1), fatos amplamente divulgados pela imprensa. As ocorrências mais frequentes estão relacionadas às inundações, enchentes e alagamentos.

TABELA 1
Total de ocorrências registradas em Belo Horizonte (MG) entre 13 e 19/12/2011

Dia	Alagamento	Inundação	Risco		Total Diário
			Alagamento	Inundação	
13/12	2	0	0	0	2
14/12	0	0	0	0	0
15/12	8	1	4	5	18
16/12	5	2	1	0	8
17/12	0	0	0	0	0
18/12	4	1	0	0	5
19/12	0	1	0	1	2
Total Eventos	19	5	5	6	35

Fonte: Coordenadoria de Defesa Civil do Estado de Minas Gerais (CEDEC), 2012.

Os fortes eventos pluviais acarretaram inúmeros prejuízos às localidades com precária infraestrutura. As regiões consideradas de risco, em especial os bairros situados nas proximidades da Serra do Curral (Regional Centro-Sul) e aquelas assentadas nos terraços dos ribeirões Arrudas e Onça, foram as mais afetadas pelas chuvas¹⁰. Segundo os dados da CEDEC (2012) registraram-se 8 pontos de alagamento, 1 de inundação, 4 de risco de alagamento e 5 de risco de inundação.

As Linhas de Instabilidade (LI) também proporcionaram chuvas intensas e de caráter torrencial ao longo do mês de dezembro, especialmente nos dias 6, 7, 8, 13 e 31/12/2011. Destaque para o dia 13 com 85,1mm coletado no ponto 12. Nas cartas sinóticas as LI foram identificadas como centros de baixas pressões alongadas sobre a região metropolitana. Esses cavados estiveram relacionados à passagem de sistemas frontais frios no litoral da região Sudeste e à atuação da convecção continental tropical. Depois de formadas, deslocaram-se com extrema mobilidade numa velocidade de até 60 km/hora, embora em alguns dias (6, 7, e 8/12/2011) permaneceram semi-estacionárias. As LI constituem-se num dos principais agentes causadores das chuvas do verão belorizontino, conhecidas popularmente como “chuvas de verão”.

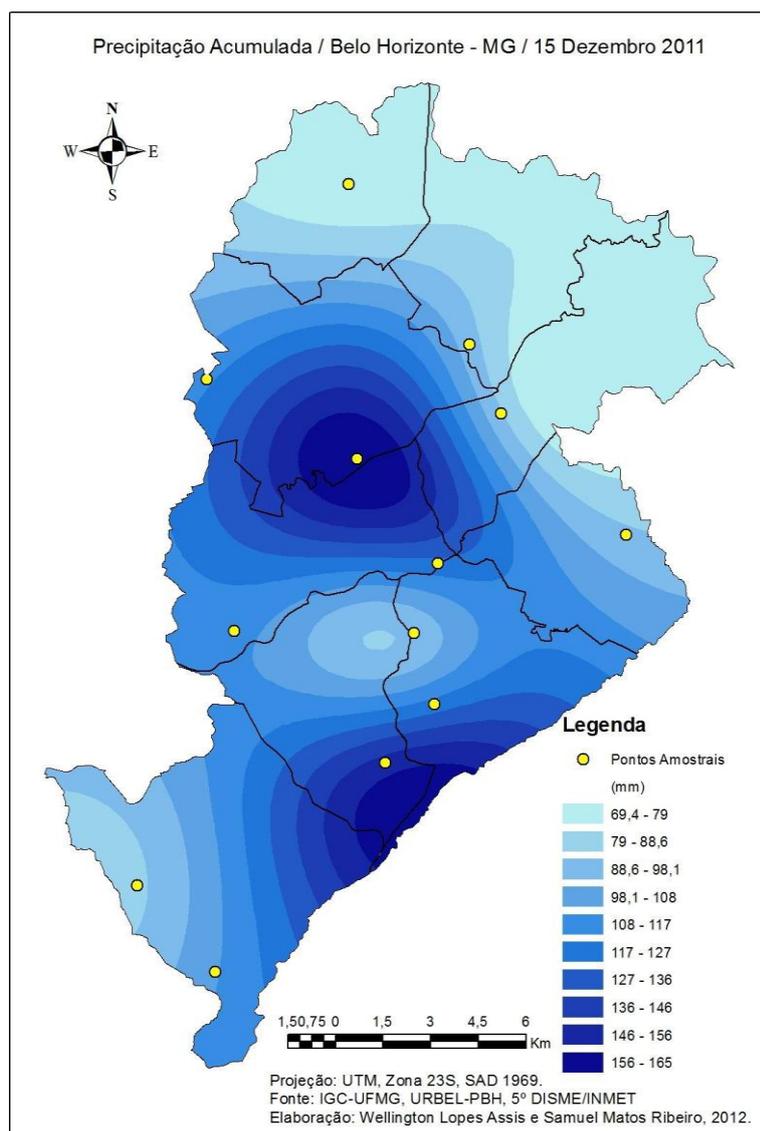


FIGURA 2. Precipitação acumulada diária em 15 dezembro de 2011.

Completando a análise dos sistemas que condicionaram o tempo meteorológico no município em dezembro de 2011, ressalta-se a participação daqueles que proporcionaram os poucos momentos de estabilidade atmosférica no mês. Durante as ocorrências dos anticiclones subtropical (ASAS), subpolar (APAS) e subpolar tropicalizado (APAS_t), prevaleceram condições de céu claro, ventos fracos e pressões entre 912hPa 915hPa. A subsidência e dispersão na circulação observadas na atuação desses sistemas inibiram a formação de nebulosidade e a ocorrência de chuvas. Vale ressaltar que nos dias 22 e 23/12/2011, durante a atuação do ASAS, registraram-se chuvas de pequena intensidade - 0,8mm e 3,6mm respectivamente. Essas precipitações tiveram origem ao intenso aquecimento basal nas áreas mais expostas à insolação da depressão periférica belo-horizontina, proporcionando instabilidades convectivas locais (ICL).

A análise dos resultados mostrou que a precipitação variou temporal e espacialmente entre os pontos amostrais em dezembro de 2011 (FIG.3). Entretanto, ao analisar isoladamente o parâmetro altimétrico, não foi possível observar uma relação direta entre altitude e o aumento da precipitação. O ponto 13, local mais elevado da área de estudo (1200m), registrou um dos menores acumulados de chuva no mês (471,2mm). Já o ponto 11, localizado na Depressão Periférica de Belo Horizonte (869,0m) no Campus da UFMG, apresentou o maior total mensal (792,4mm).

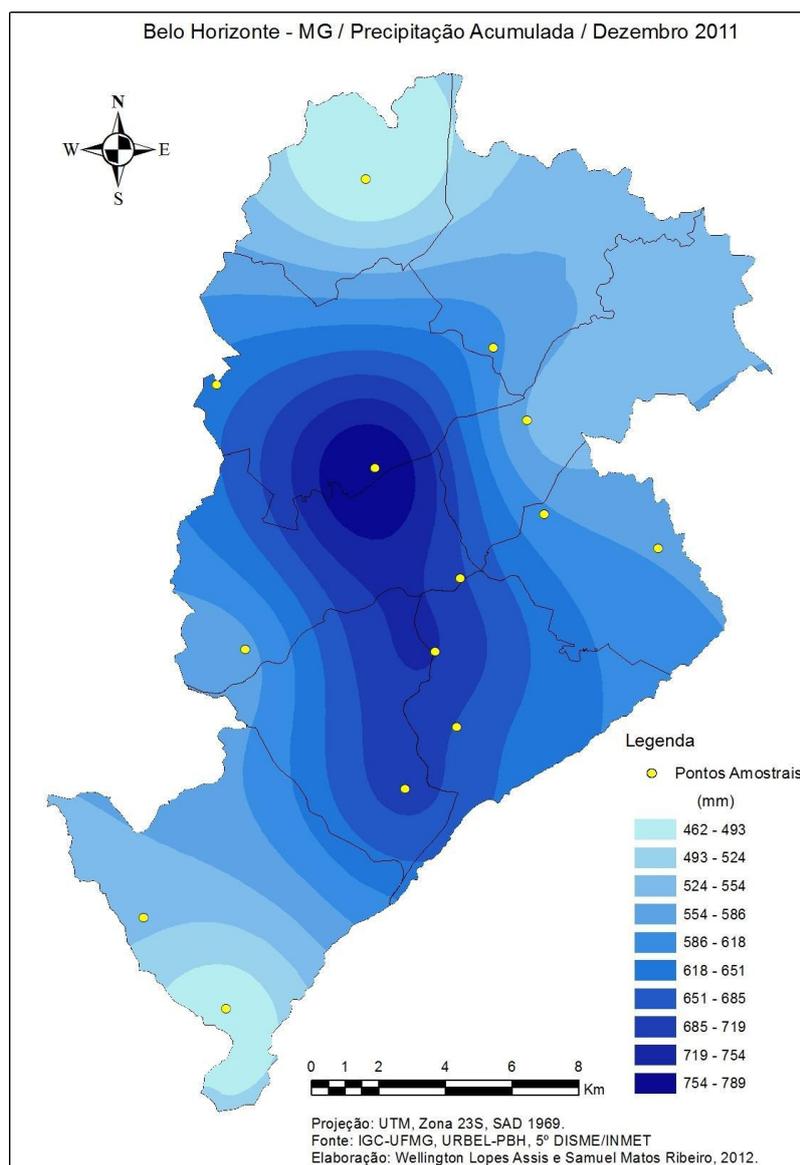


FIGURA 3. Precipitação acumulada mensal em dezembro de 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante ressaltar que os resultados aqui expostos não esgotam a discussão sobre o comportamento pluviométrico e a ocorrência de eventos extremos no município de Belo Horizonte, pois este artigo analisa somente o mês de dezembro de 2011. No entanto, eles permitem extrair algumas considerações sobre a distribuição espacial da precipitação no tecido urbano da cidade.

As maiores anomalias diárias da precipitação foram observadas durante a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul, resultando em diversas ocorrências registradas pelos órgãos de defesa civil. A partir da apreciação dos casos mais significativos, escolhidos entre aqueles que maiores prejuízos trouxeram para os cidadãos, evidenciou-se o aumento de alagamentos e inundações nas proximidades de avenidas e ruas localizadas em antigos terraços e fundo de vale. Atualmente, um número significativo destes locais encontram-se impermeabilizados.

Os resultados confirmaram as suposições dos modelos teóricos e empíricos de que os fatores sinóticos de larga escala são determinantes na ocorrência de chuvas intensas e persistentes (BARRY; CHORLEY, 2003; HIDORE; OLIVER, 2002). Entretanto, os condicionantes topográficos e o uso do solo potencializam os impactos das precipitações nos locais com graves problemas de infraestrutura e com deficiência na drenagem urbana.

Com base nos resultados apresentados nesta pesquisa, reforça-se a ideia de que o entendimento dos processos climáticos que afetam a vida nos grandes aglomerados urbanos deve merecer destaque, tanto

com referência à situação presente, quanto no que diz respeito à predição e ao planejamento, visando atenuar futuras adversidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, dez. p.17-22, 1998.
- AZEVEDO, T. R. Distribuição espacial da ocorrência dos maiores totais diários de precipitação na RMSP e arredores em função da intensidade relativa da atividade urbana. *GEOUSP – Espaço e Tempo*, São Paulo, n.12, p.89-104. 2002.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. *Atmosphere, weather and climate*. 8. ed. London: Routledge, 2003. 421p.
- COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DE MINAS GERAIS – CEDEC. *Ocorrências registradas no município de Belo Horizonte (MG) entre os dias 13 e 19/12/2011*. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/index.php>>. Acesso em: 10 fev. 2012.
- HIDORE, J. J.; OLIVER, J. E. *Climatology: an atmospheric science*. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 410p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Carta topográfica de Belo Horizonte*. Rio de Janeiro, 1979. Escala 1:25.000, folha SE-23-Z-C-VI-3-A.
- _____. *Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990* / Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Fortes - Brasília, D. INMET, 2009. 465p.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). *Síntese sinótica mensal de dezembro de 2011*. São José dos Campos, dez. 2011. Disponível em: <http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/Sintese_Mensal_dez_2011.pdf> acesso em 12/2011.
- LANDSBERG, H. E. The urban heat island. In: *The urban climate*. v.28. New York: Academic Press, 1981. 275p.
- LOWRY, W. P. Urban effects on precipitation amount. *Progress in Physical Geography*. London, v. 22, n. 4, p. 447-520, 1998.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL – SEDEC. *Glossário de defesa civil estudos de risco e medicina de desastres*. 5ª edição. 2001.
- MONTEIRO, C. A. F. *Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e chegadas para um programa de trabalho*. São Paulo, Série Climatologia Dinâmica I, USP-IG, 1971, 21 p.
- PRODABEL. *Base topográfica digital do município de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, 2001: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Escala 1:5.000.
- THIELEN, J.; GADIAN, A. Influence of Topography and Urban Heat Island Effects on the Outbreak of Convective Storms Under Unstable Meteorological Conditions: a Numerical Study. *Meteorological Applications*. v.4, p.139-149, 1997.

Agradecimentos: a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do Projeto de Pesquisa projeto CRA 00269-11, Edital Mudanças Climáticas, intitulado “Avaliação dos condicionantes climáticos do risco de enchentes e inundações no município de Belo Horizonte” e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados atmosféricos disponibilizados através do convênio nº D05/081/2008.