



ANOMALIAS NOS TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS E MENSIS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE NO PERÍODO CHUVOSO 2013/2014

GABRIEL TELES NORONHA¹
GABRIELA BATISTA AGOSTINHO²
WELLINGTON LOPES ASSIS³

Resumo: Este trabalho teve como objetivo identificar os sistemas atmosféricos responsáveis pelas anomalias nos totais pluviométricos ocorridas no município de Belo Horizonte (MG) no período chuvoso 2013-2014. Esses sistemas foram identificados utilizando-se a técnica da análise rítmica proposta por Monteiro (1971). Através de mapas e tabelas realizou-se uma correlação entre os sistemas atmosféricos atuantes, distribuição da precipitação acumulada mensal e eventos meteorológicos extremos. Os resultados apontaram para a participação significativa da ZCOU, ZCAS e Linhas de Instabilidade nos eventos extremos, responsáveis por inundações e alagamentos no município. Contudo, o período chuvoso 2013-2014 foi o mais seco já registrado desde 1961 devido ao prolongamento temporal e espacial na atuação do ASAS.

Palavras-chave: pluviosidade, período chuvoso, veranico, Belo Horizonte.

Abstract: This study aimed to identify the weather systems responsible for the anomalies on the precipitation amounts occurred in Belo Horizonte (MG) in the rainy period of 2013-2014. Those weather systems were identified by the rhythmic analysis proposed by Monteiro (1971). Through maps and tables, correlations were made between the acting weather systems, the distribution of the accumulated monthly rainfall and extreme meteorological events. The results shows the significant role of HCZ, SACZ and the Swall Lines in the extreme events in December, for the occurrence of floods. However, the rainy period 2013-2014 was the driest since 1961, in order to the temporal and spatial prolonged influence of SASH.

Key-words: pluviometry, rainy period, drought, Belo Horizonte

1. Introdução

Os estudos dos eventos pluviométricos intensos se fazem necessário devido aos impactos decorrentes de problemas na adequação do meio urbano ao ambiente natural. Destacam-se a excessiva impermeabilização dos fundos de vale e canalização dos cursos d'água com principais fatores de inundações, alagamentos e deslizamentos. Segundo

¹ Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais e bolsista PIBIC/CNPq. E-mail: gabrielnoronha8@yahoo.com.br

² Graduanda em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais e bolsista PRPq/UFMG. E-mail: gabiagosti@gmail.com

³ Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail: assisw@gmail.com



Monteiro (1976), “os eventos climáticos extremos, que são anomalias negativas ou positivas em relação aos valores médios, influenciam, tanto direta, quanto indiretamente, a organização de uma sociedade.”. Esse fenômeno merece destaque nos estudos de clima urbano devido as repercussões na infraestrutura do território citadino.

A sazonalidade pluviométrica é uma característica do clima belo-horizontino, as chuvas são concentradas na primavera e verão. Nessa época, atuam sistemas atmosféricos instáveis como as Frentes Frias (FF), Linhas de Instabilidade (LI), a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Em situações normais ocorrem curtos períodos de estabilidade atmosférica em pela estação chuvosa (veranico), resultando em reduções significativas no acumulado pluviométrico diário e mensal.

Esse trabalho teve como objetivo geral analisar as anomalias pluviométricas observadas no município de Belo Horizonte (MG) durante o período chuvoso 2013/2014. Dentre os objetivos específicos, destacam-se: 1) Identificação dos sistemas atmosféricos atuantes; 2) Espacialização da pluviometria registrada no município; 3) Correlação dos dados pluviométricos com os impactos observados na malha urbana.

2. Materiais e Métodos

Para atingir os objetivos propostos, foram utilizados dados pluviométricos horários do período chuvoso 2013/2014 dos seguintes locais: quatro estações meteorológicas pertencentes ao 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (5ºDISME/INMET)⁴, uma convencional e três automáticas; quinze pluviômetros datalogger da Companhia Urbanizadora da Prefeitura de Municipal Belo Horizonte (URBEL/PBH)⁵; e informações da estação meteorológica automática do Museu de História Natural e Jardim Botânico (MHNJB) da UFMG⁶, totalizando vinte pontos amostrais (Figura 01).

É importante ressaltar que a estação meteorológica automática do Cercadinho (P19) entrou em operação somente no dia 27 de dezembro de 2013. Ressalta-se ainda que os dados de nove pluviômetros da URBEL/PBH⁷ só foram utilizados em alguns meses por apresentaram falhas no decorrer do período chuvoso. Essas informações foram retiradas para a elaboração dos cartogramas de modo que não causassem interferências negativas na espacialização dos acumulados mensais. As anomalias pluviométricas positivas e

⁴ Disponível em <http://www.inmet.gov.br>

⁵ Disponível em <http://www.teleaneel.com.br/index.php>

⁶ Disponível em <http://hobolink.com>

⁷ P1, P2, P3, P5, P6, P7, P10, P11, P12 e P13



negativas do período analisado foram identificadas comparando-se a série histórica de 1961-1990 e 1961-2013.

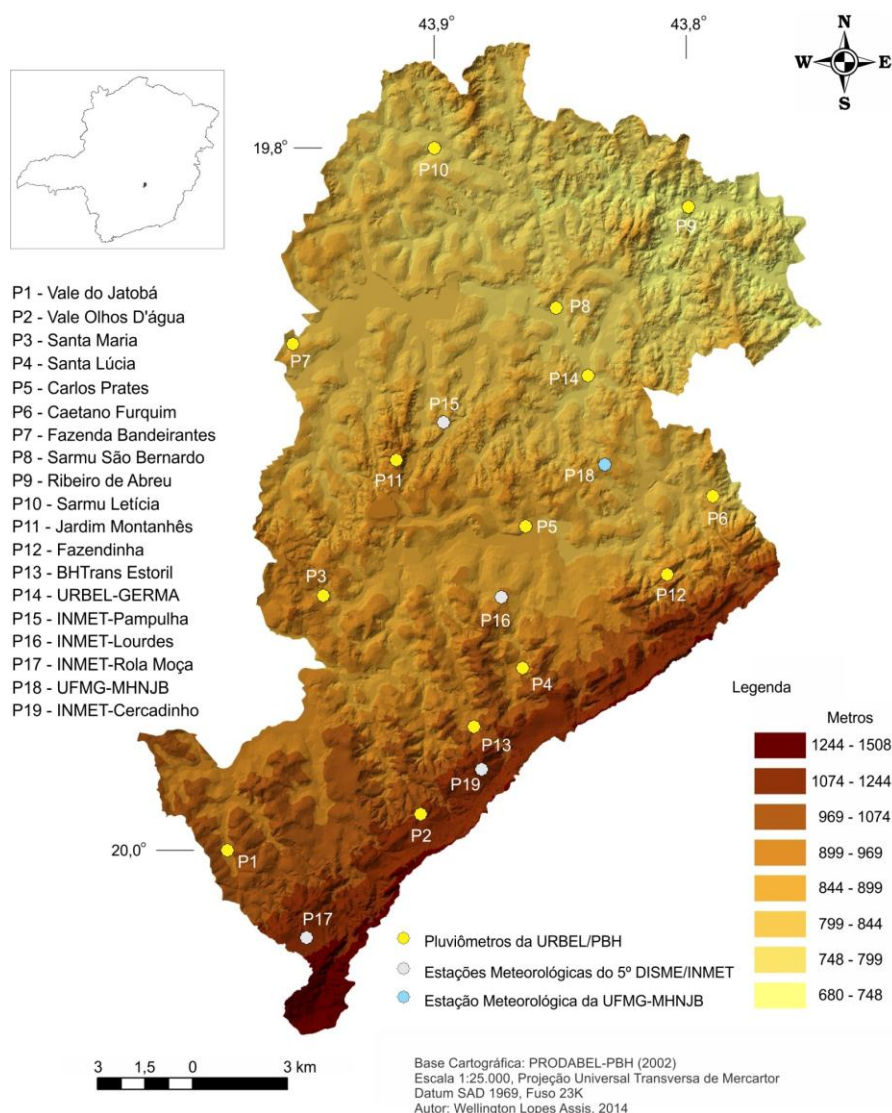


Figura 01. Localização das estações meteorológicas e pluviométricas no município de Belo Horizonte/MG.

A identificação dos tipos de tempo observados no período chuvoso foi realizada pelo método da análise rítmica desenvolvida por Monteiro (1971). Como subsídio à interpretação da dinâmica atmosférica foram utilizadas cartas sinóticas de 00h e 12h GMT da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN)⁸, imagens meteorológicas do satélite GOES-12 (Infra 4) disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)⁹ e cartas sinóticas de

⁸ Disponível em <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>

⁹ Disponível em <http://satelite.cptec.inpe.br/home/>



superfície (1000mb) e altitude (250mb) de 00h, 06h, 12h e 18h GMT, confeccionadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)¹⁰.

A organização dos parâmetros meteorológicos possibilitou identificar os sistemas atmosféricos no município entre outubro de 2013 e março de 2014. Essas informações foram tabuladas no software Excel em eventos horários, diários e mensais, conforme Assis *et al.* (2012). No esforço de compreender melhor como diferentes sistemas atmosféricos interagem em Belo Horizonte, foram totalizados os dados diários dos pluviômetros. Esse procedimento permitiu identificar diferenças nos totais acumulados de cada ponto amostral em relação ao sistema atmosférico, revelando a influência do relevo e uso e ocupação do solo no volume precipitado.

Os mapas da precipitação acumulada mensal foram gerados no software ArcGIS 10.2 empregando a ferramenta *Geoestatical Analyst*. Entre os interpoladores testados, o *Radial Basis Functions* (RBF) apresentou de forma mais eficaz a distribuição da precipitação na malha urbana de Belo Horizonte. A aplicação desse método permitiu atenuar a ocorrência de círculos concêntricos (*bull-eyes*). Além disso, as isolinhas representadas no modelo gerado estão suavizadas e melhor distribuídas entre os pontos amostrais.

Por fim, foram coletadas informações de ocorrências relacionadas a enchentes, alagamentos, inundações, deslizamentos, e outras adversidades, disponibilizadas pela Coordenadoria de Defesa Civil do Estado de Minas Gerais (CEDEC) e veículos midiáticos de grande relevância nacional, estadual e municipal. Pode-se então comparar os locais atingidos pelos desastres citados acima com os sistemas atmosféricos envolvidos.

3. Análise dos resultados e discussão

A análise dos resultados foi compartimentada em três linhas de discussão: 1) Identificação dos sistemas atmosféricos atuantes; 2) Espacialização da pluviometria registrada no município e 3) Correlação dos dados pluviométricos com os impactos observados na malha urbana. Dessa forma, foi possível trabalhar com diferentes escalas espaciais na análise da precipitação durante o período chuvoso 2013/2014.

3.1. Identificação dos sistemas atmosféricos atuantes

No período chuvoso compreendido entre outubro de 2013 a março de 2014, o município de Belo Horizonte registrou índices de precipitação inferiores à normal climatológica (1961-

¹⁰ Disponível em <http://tempo.cptec.inpe.br/>



1990) em quatro meses, conforme observado na figura 02. Com exceção de outubro, os demais meses registraram volumes pluviométricos bastante anômalos em relação à média climatológica. Em dezembro precipitou 537,0mm na estação Pampulha (P15), 83,9% superior à normal. Por outro lado, o mês de fevereiro registrou apenas 22,9mm na estação Lourdes (P16), 88,9% inferior à normal.

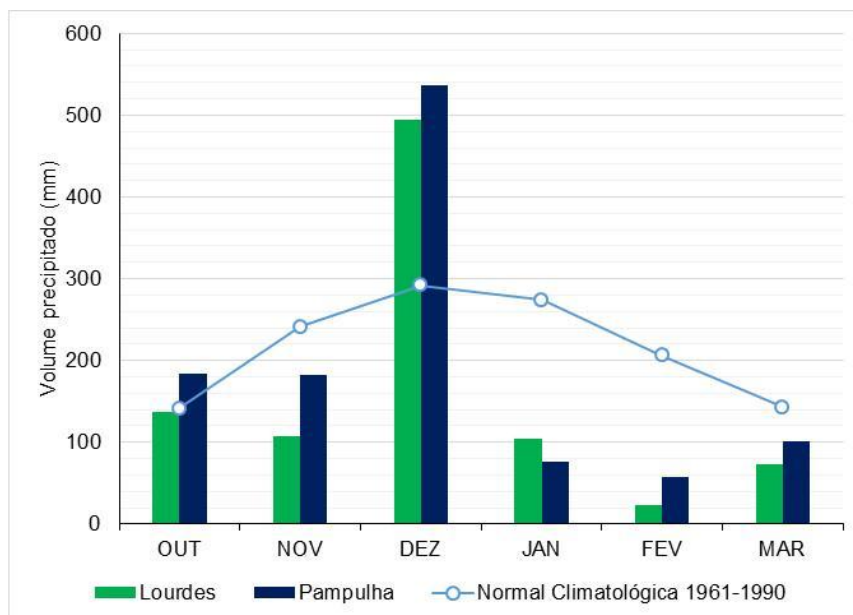


Figura 02 - Totais pluviométricos registrados nas estações meteorológicas do 5ºDISME/INMET no período chuvoso de 2013/2014 em relação a normal climatológica de 1961 a 1990.
Fonte dos dados: 5º DISME/INMET.

A análise rítmica apontou estreita relação entre os sistemas atmosféricos atuantes (Figura 03) e a precipitação registrada no município (Figura 02). A participação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) foi majoritária no primeiro trimestre de 2013. A atuação prolongada do ASAS sobre o estado mineiro resultou em acumulado pluviométrico inferior ao esperado para o período. Em dezembro de 2013 os sistemas atmosféricos instáveis estiveram presentes em 84% do mês, refletindo em anomalias positivas de 83,9% nos totais pluviométricos. Dentre esses, destacam-se a ZCOU, ZCAS e LI. A heterogeneidade de atuação dos sistemas sinóticos nos meses de outubro e novembro de 2013 contribuiu com totais pluviométricos próximos da média climatológica nos pontos amostrais.

No início do mês de dezembro atuaram células convectivas organizadas em linhas de instabilidade, induzidas pela termodinâmica em superfície e difluência em altos níveis na troposfera. No final da tarde do dia 11 de dezembro, doze das quinze estações acusaram mais de 50mm de precipitação diária em função da organização da ZCOU no estado (Figura



04). Esse canal persistiu do dia 11 ao dia 27¹¹, adquirindo configuração clássica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) nos dias 17 a 24 de dezembro. A ZCAS esteve deslocada mais ao sul de sua posição climatológica. Por esse motivo, nos dias 18 e 19/12/2013 as precipitações não superaram 2mm no município.

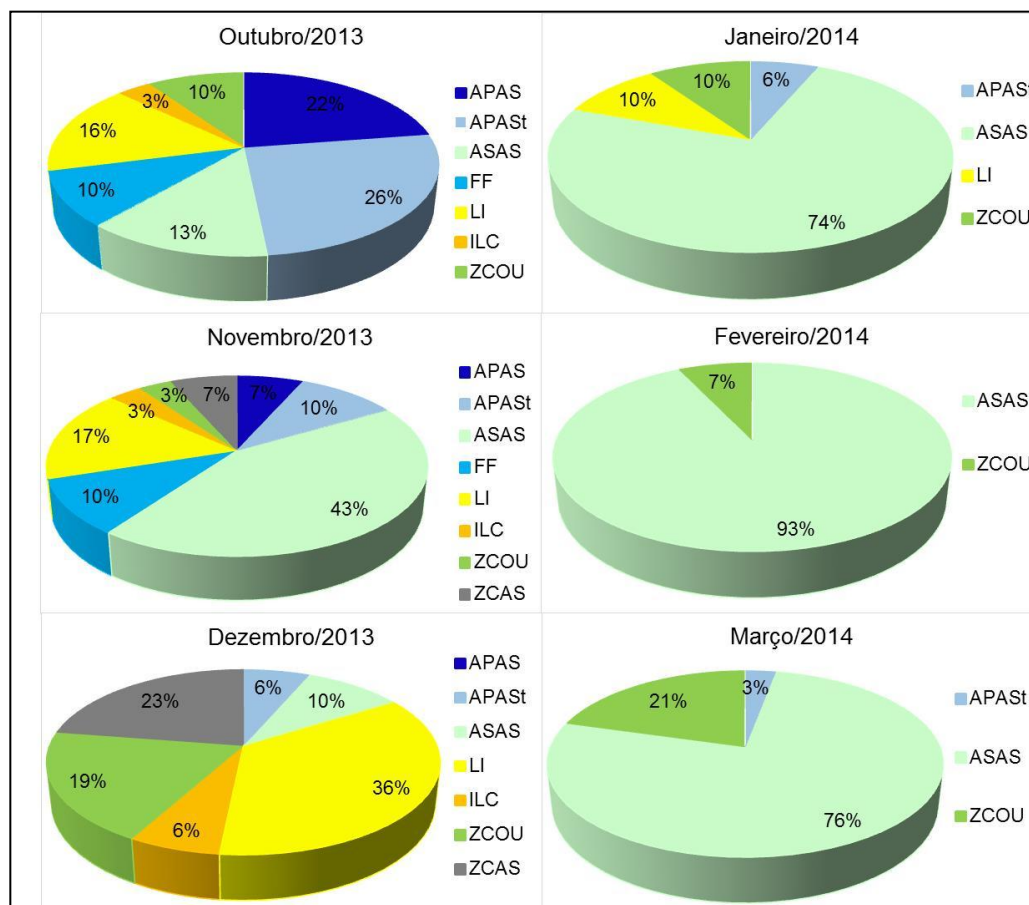


Figura 03 - Participação percentual dos sistemas atmosféricos no município de Belo Horizonte/MG durante o período chuvoso 2013/2014.
 Fonte dos dados: IGC/UFMG, URBEL/PBH, 5º DISME/INMET.

Segundo a CEDEC (2013), foram registradas 21 vítimas fatais em dezembro de 2013 no Estado, principalmente nas regiões nordeste (Jequitinhonha) e leste (Vales do Rio Doce e Mucuri). A forte intensidade da ZCAS no dia 25/12/2013 repercutiu no total pluviométrico registrado na estação convencional de Lourdes (P16 - 84,3mm), 69,7 mm a mais do que o esperado segundo a normal climatológica (Figura 05).

¹¹ As cartas sinóticas do DHN apontaram atuação da frente fria, e posteriormente frente estacionária, entre os dias 11 e 15/12/2013, diferentemente das cartas elaboradas pelo CPTEC que sinalizaram ação da ZCOU. Optou-se pela identificação da última de acordo com os métodos de identificação descritos por SACRAMENTO-NETO *et. al.* (2007).



O ASAS participou em 74% das condições de tempo em Belo Horizonte no mês de janeiro, 93% em fevereiro e 76% em março de 2014. Como consequência, o município registrou o período chuvoso mais seco dos últimos 53 anos (Tabela 01).

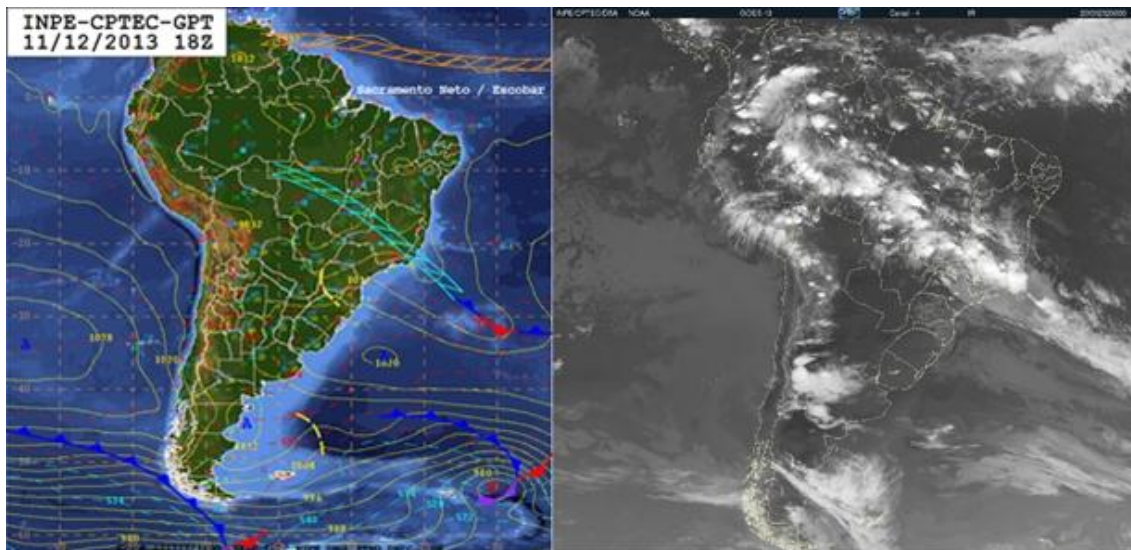


Figura 04 – Carta de superfície do CPTEC 18h GMT e imagem de satélite GOES-12, canal Infra 4 do dia 11/12/2013. Fonte dos dados: CPTEC/INPE.

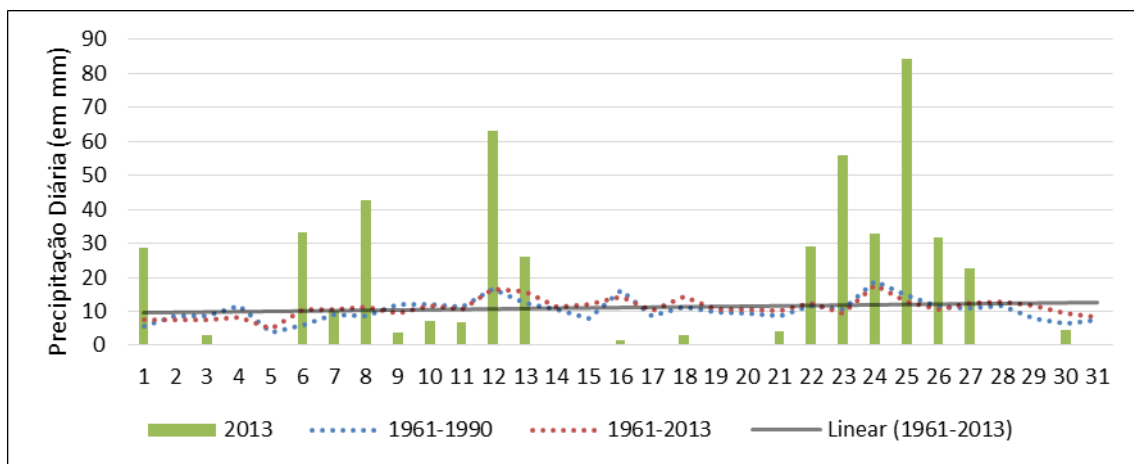


Figura 05: Volume precipitado em dezembro de 2013 na estação meteorológica de Lourdes (P16) em comparação com as normais climatológicas de 1961-1990 e da série histórica de 1961-2013.

Fonte dos dados: 5°DISME/INMET.



	2013/2014	1970/1971	1975/1976	2000/2001	1963/1964
Outubro	137,7	194,6	126,4	69,8	36
Novembro	108,2	181,4	452,2	268	89,8
Dezembro	495,1	201,7	114,1	316,4	86,6
Janeiro	103,9	85	52,2	165,9	476,7
Fevereiro	22,9	134,5	152,3	64,7	289,1
Março	73,7	177,3	80,7	138,9	60,4
Total	941,5	974,5	977,9	1023,7	1038,6

Fonte dos dados: 5° DISME/INMET.

Tabela 1 - Períodos chuvosos com menores totais pluviométricos na estação convencional do 5°DISME/INMET (P16) em Belo Horizonte entre 1961 e 2014.

Foram identificados dois suportes em altos e médios níveis na troposfera para o fortalecimento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul na região Sudeste:

- 1) Maior frequência de Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCANs), com atuação pronunciadamente continental. A convergência desse sistema na alta troposfera realçou os movimentos verticais descendentes, que impediram a formação de nebulosidade.
- 2) Presença de anticiclone em 500 hPa acoplado ao VCAN, esse último confinado na alta troposfera (FIG.6). Esse tipo de VCAN é classificado por Ferreira *et. al.* (2009) como vórtice seco, reforçando movimentos verticais descentes no seu centro e gerando a ausência de nebulosidade.

Em janeiro de 2014 o município esteve sob influência de um VCAN com atuação central durante 12 dias consecutivos. Em médios níveis (500hpa), foi observado o desenvolvimento de uma crista anômala sobre o oceano Atlântico que persistiu praticamente o mês todo. Destaca-se o veranico generalizado na região centro-sul do Brasil, além de anomalias térmicas superiores aos 5°C decorrentes da ausência de nebulosidade já citada (CPTEC, 2014). No mês de fevereiro de 2014, foram totalizados 17 dias de atuação central do VCAN sobre Belo Horizonte.

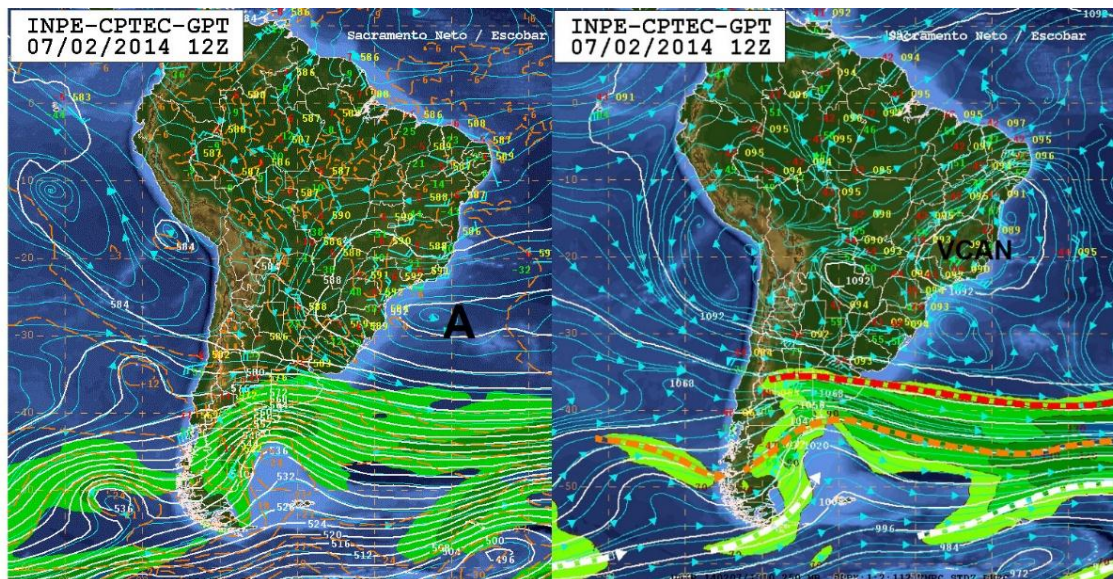


Figura 06 – Anticiclone em 500hPa com centro próximo de 27°S e 43°E em suporte ao VCAN com três núcleos no dia 07/02/2014 Fonte dos dados: CPTEC/INPE (2014).

3.2. Espacialização da pluviometria registrada no município

Entre os meses de janeiro a março de 2014 nota-se uma maior concentração das chuvas no alinhamento da Serra do Curral (Figura 07). A atuação da ZCOU e das ZCAS nas áreas de serras potencializa a turbulência mecânica nas parcelas de ar em deslocamento e maior instabilidade na camada laminar, aumentando consideravelmente os índices de precipitação.

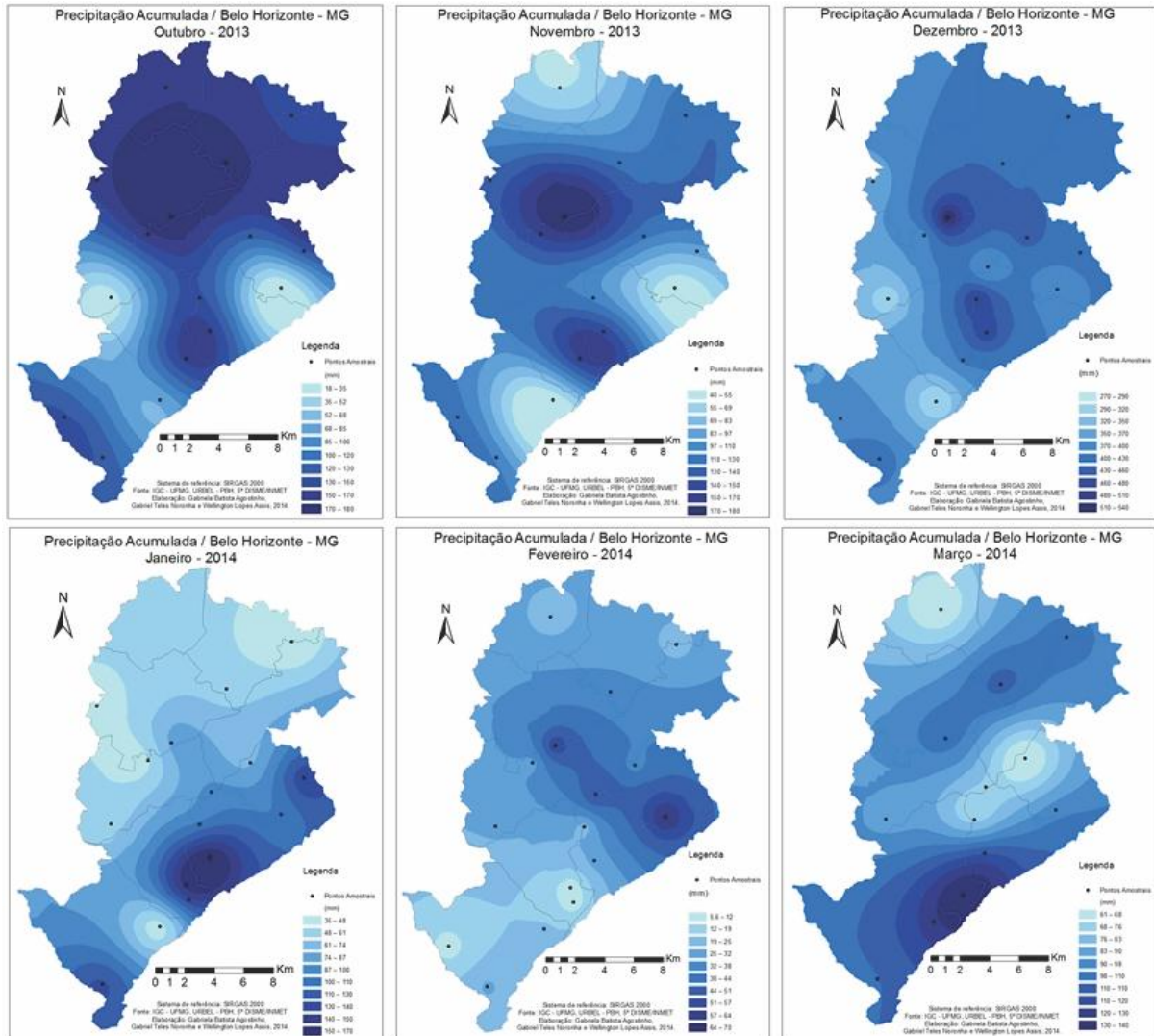


Figura 07 – Precipitação acumulada no município de Belo Horizonte (MG) referente ao período de 2013 – 2014. Fonte dos dados: IGC/UFMG, URBEL/PBH, 5º DISME/INMET.

A porção norte do município, mais precisamente nas imediações da Lagoa da Pampulha, registrou os maiores acumulados diários de chuvas entre outubro e dezembro de 2013. A gênese dessas precipitações está relacionada à atuação de linhas de instabilidade regionais e a participação da convecção local. O aporte de umidade da lagoa para a camada atmosférica laminar, associado ao intenso aquecimento basal, contribuiu para a formação de nuvens de convecção profunda. Esse processo explica em parte a frequência elevada de chuvas de granizo na depressão belo-horizontina registradas nos últimos anos.

A figura 8 mostra a porcentagem dos sistemas atmosféricos responsáveis pela precipitação no mês de dezembro de 2013 em cada uma das estações. A participação da ZCAS e da ZCOU mostrou-se superior nas estações próximas ao alinhamento topográfico da Serra do Curral (P4, P13 e P17), razão atribuída por Assis *et. al.* (2012) à turbulência nas



parcelas de ar em deslocamento. Por outro lado, as Linhas de Instabilidade contribuíram com maior precipitação nas estações da depressão belo-horizontina.

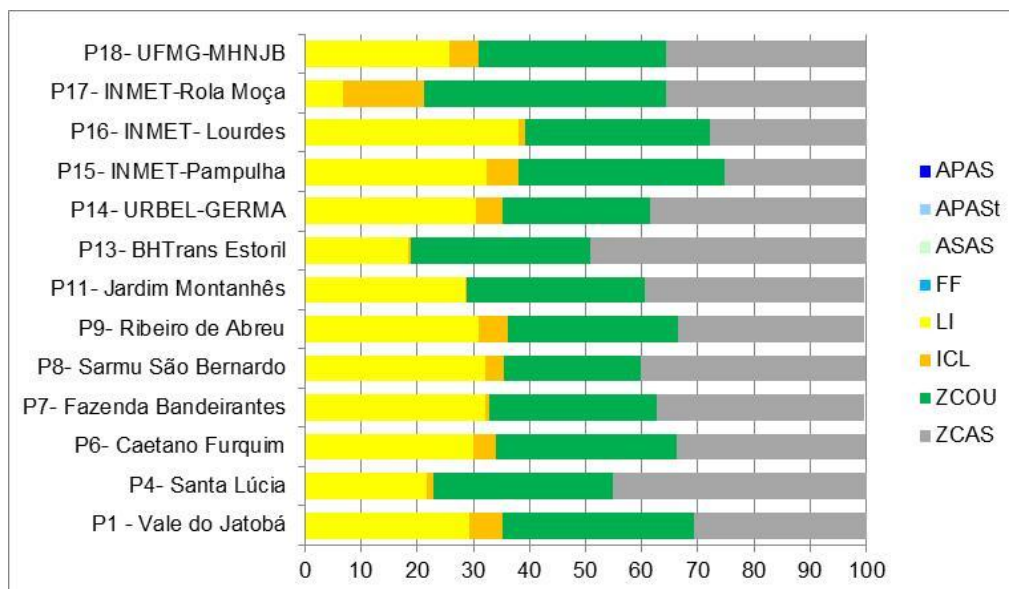


Figura 08: Participação relativa dos sistemas atmosféricos nos totais pluviométricos das estações em dezembro de 2013

3.3. Correlação dos dados pluviométricos com os impactos observados na malha urbana

Procurou-se caracterizar os desastres naturais ocorridos no período de estudo na malha urbana de Belo Horizonte segundo os conceitos de Tominaga *et al.* (2009). Foi registrada uma morte pela CEDEC em circunstância de alagamento na Av. Cristiano Machado na noite de 23 de dezembro de 2013. Em estudo realizado por Simões *et al.* (2012) na área do ocorrido, apontou-se a necessidade de políticas públicas abrangentes voltadas para a prevenção do fenômeno, bastante recorrente nos períodos chuvosos.

No município de Belo Horizonte a densa ocupação e impermeabilização dos fundos de vale favorece o alagamento e processos de inundação brusca. Um parte significativa dos afluentes dos ribeirões Arrudas e Onça está canalizada, retilinizada e concretada. Todos os anos os órgãos de defesa civil registram inúmeros pontos de alagamento e inundação nas principais ruas e avenidas (TAB.2). Entretanto, existe certa dificuldade na caracterização de alguns desses eventos enquanto enchentes ou inundações. Isso porque a avaliação da cota máxima de cheia natural do rio é imprecisa diante das modificações dos cursos d'água, somada a ocupação irregular que atinge áreas muito próximas dos cursos d'água.



Tabela 2: Ocorrências registradas em Belo Horizonte (MG) no período chuvoso 2013-2014.

Dia	Alagamento	Inundação	Deslizamento	Granizo	Total Diário	Sistema Atmosférico
30/out	1	0	0	1	2	LI
30/nov	0	3	0	0	3	ICL/ASAS
07/dez	2	1	1	0	4	LI
11/dez	7	2	0	0	9	ZCOU
23/dez	2 ¹	0	0	0	2	ZCAS
24/dez	0	1	0	0	1	ZCAS
17/jan	2	0	0	3	5	LI
20/jan	8	1	0	2	11	ZCOU
31/jan	1	0	0	0	1	ZCOU

¹ Registro de óbito

Fonte: Estado de Minas, G1, Hoje em Dia, O Tempo, CEDEC, 2013.

4. Considerações finais

O período chuvoso 2013-2014 destacou-se por menor volume pluviométrico já registrado na série histórica da estação convencional do 5° DISME/INMET. O motivo foi a longa atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul no primeiro trimestre de 2014. Sua abrangência temporal e espacial nessa época foi explicada pela presença de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis. As anomalias mensais aparentemente não podem ser associadas com o El Niño – Oscilação Sul (ENOS), que se encontra em fase neutra desde abril de 2012 segundo CPTEC (2014).

Ocorreram apenas dois episódios da Zona de Convergência do Atlântico Sul no município no período chuvoso 2013-2014. O primeiro em novembro de 2013 foi de curta duração e pouca repercussão. O segundo, em dezembro do mesmo ano, foi de grande intensidade e influenciou as condições de tempo em toda região metropolitana por oito dias não consecutivos. Ressalta-se a importância das zonas de convergência de umidade e das linhas de Instabilidade nos totais acumulados diários desse período chuvoso. A espacialização da precipitação permitiu observar que os maiores totais pluviométricos foram observados no alinhamento topográfico da Serra do Curral, principalmente durante a atuação da ZCAS. Já os elevados totais de chuva registrados em áreas da depressão belo-horizontina devem-se a participação das LI.



Levanta-se a necessidade de novos estudos das anomalias de precipitação em Belo Horizonte devido à sua repercussão no tecido urbano. Sugere-se averiguar detalhadamente os efeitos dos sistemas sinóticos em cada estação pluviométrica.

5. Referências bibliográficas

ASSIS, W. L., RIBEIRO, S. M.; ABREU, M. L.; MARRA, J. F. Eventos pluviométricos extremos ocorridos no município de Belo Horizonte em dezembro de 2011. **Revista Geonorte** – Edição Especial 2, v.1, n.5, p.1177-1188, 2012.

CPTEC-INPE, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **El Nino e La Nina**. <http://enos.cptec.inpe.br/>, acesso em 29 abril de 2014.

CPTEC-INPE, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Síntese sinótica do mês de Janeiro de 2014**. <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125818>, acesso em março de 2014.

FERREIRA, N. F.; RAMÍREZ, M. V.; GAN, M. A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste no Brasil. **Tempo e Clima no Brasil**. Cavalcanti, I. F. A.; Ferreira, N. J.; Silva, M. G. A. J.; Silva Dias, M. A. F. (org.) São Paulo: Oficina de Textos, 2009; p. 44-60.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, 25).

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. São Paulo, Série Climatologia Dinâmica I, USP-IG, 1971, 21 p.

SACRAMENTO NETO, O. B.; ESCOBAR, G. C. J.; SILVA, P. E. D. Método objetivo para identificar episódios de Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) no ambiente operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belém. **Anais**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010.

SIMÕES, J.; JARDIM, C.; PARIZZI, M.; ZANOVELLO, R. Análise do Risco de Enchentes e Inundações na Av. Cristiano Machado, Belo Horizonte, MG. **Revista Geonorte**. Edição Especial 2, V. 1, N. 5, p. 867-880, 2012.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.), **Desastres naturais-conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico/IMESP, 2009. 196p.