



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



O diagrama de caixa (Box Plot) aplicado à análise da distribuição temporal das chuvas em Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas, Minas Gerais-Brasil

Marina Rozendo Silva¹, Felipe Pereira de Moura², Carlos Henrique Jardim³

¹Mestranda, Depto. Geografia – Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais, marinarozendo@yahoo.com.br (autor correspondente). ²Graduando, Depto. Geografia – Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais, felipemoura@gmail.com. ³Professor, Depto. Geografia – Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais, dxhenrique@gmail.com

Artigo recebido em 17/11/2016 e aceito em 13/01/2017

RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados da análise das séries temporais de chuva referente aos municípios de Belo Horizonte, Sete Lagoas e Januária (Minas Gerais – Brasil), utilizando a técnica de agrupamento e classificação de dados *Box Plot*, atendendo a relativa falta de estudos de climatologia nessas localidades bem como suprir pesquisas em andamento. As fontes de informação incluíram bibliografia especializada e dados anuais de chuva do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET-BDMET). Os resultados reforçaram o emprego da técnica descrita à caracterização climática e identificação de padrões de anos secos e chuvosos e ocorrência de eventos extremos.

Palavras-chave: chuvas, eventos extremos, impactos ambientais.

The box diagram (Box Plot) applied to the analysis of the temporal distribution of rainfall in Januária, Belo Horizonte and Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil

ABSTRACT

The purpose of this article is to present the results of analysis of rainfall time series related to the municipalities of Belo Horizonte, Sete Lagoas and Januária (Minas Gerais - Brazil), using the clustering technique and Box Plot data classification, given the relative lack of climatology studies in these locations as well as meet with data research in progress. Information sources included specialized bibliography and annual rainfall data from the National Institute of Meteorology (INMET-BDMET). The results reinforced the use of the technique described the climatic characterization and identification of dry and wet years patterns and extreme events.

Keywords: rainfall, extreme events, environmental impacts.

Introdução

Um dos temas fundamentais dos estudos geográficos refere-se à articulação entre o ambiente natural e as sociedades humanas. E a climatologia, como importante ramo da geografia física, busca compreender o impacto produzido pelas variações dos elementos ou atributos atmosféricos (*weather*) em diferentes escalas de tempo (*time*) e espaço sobre as organizações espaciais naturais e antrópicas.

A definição de clima surge dessa relação entre a atmosfera, a escala temporal e espacial dos fatores ou controles climáticos e a repercussão sobre o meio ou impacto ambiental dos eventos

Silva, M.R., Moura, F.P.de, Jardim, C.H.

ou fenômenos climáticos, cuja definição de escala é inseparável da própria definição de clima: “uma escala taxonômica como parte da própria metodologia da pesquisa climatológica” (Ribeiro, 1993, p. 288). Isso significa que objetos como o impacto de eventos extremos de chuva em áreas urbanas exigem metodologias próprias de investigação diferentes daquelas utilizadas para detectar a variabilidade das chuvas e a recorrência de períodos secos e chuvosos sobre espaços regionais.

Esses elementos conceituais podem ser detectados na antiga definição de clima de Sorre (1934, p. 3) enquanto “la série des états de l’atmosphère au-dessus d’un lieu dans leur

succession habituelle”, a partir da qual o termo “sucessão” remete à ideia de encadeamento e “habitual” às características de duração, frequência e intensidade do fenômeno climático, que são particulares de cada espaço da superfície terrestre.

A resiliência ou capacidade de suporte do ambiente frente aos diferentes tipos de impactos produzidos pelos eventos e/ou fenômenos climáticos também assume essa característica de singularidade, cuja resolução dos problemas detectados exigiria abordagens específicas condizentes com as características daquele dado espaço.

Apesar de sua importância frente à identificação e resolução dos problemas ambientais, as pesquisas na área da climatologia em microescala são escassas no estado de Minas Gerais, fato injustificado considerando sua dimensão territorial, diversidade dos componentes paisagísticos e importância econômica no âmbito do território brasileiro. Para tanto é fundamental a incorporação e o aprimoramento de técnicas de levantamento e organização dos dados, sejam eles oriundos das estações meteorológicas das redes oficiais e/ou a partir de pesquisas em campo.

Os critérios de observação e mensuração de dados em climatologia ou em qualquer outra área do conhecimento humano são definidos a fim de corrigir e/ou evitar a “contaminação” por fatores alheios ao objeto de estudo. E tão importante quanto os critérios de levantamento de dados, são os critérios de análise dos dados, ou seja, a forma de organizá-los de maneira que possibilite extrair o máximo de informações acerca do objeto de estudo.

Análises primorosas em climatologia foram produzidas em passado relativamente recente, entre os anos 1960-1970, quando se dispunha de muito menos fontes de dados e informação em relação à atualidade: o número de estações meteorológicas e as condições de operação em campo eram extremamente restritivos, bem como o acesso aos dados gerados, e as pesquisas em climatologia ficavam na dependência de contatos ao nível pessoal junto a instituições privadas e de governo e/ou em organizar equipes de trabalho grandes com equipamentos analógicos, o que reduzia ao mínimo o número de situações possíveis de observação/mensuração em campo.

Embora tenha melhorado sobremaneira a produção e difusão de dados de climatologia e meteorologia, isso não implica, necessariamente, em melhoria na qualidade da análise. Isso decorre,

em grande parte, da supervalorização da técnica em detrimento do recurso teórico, que é a amalgama dos dados e da informação na construção do conhecimento. A técnica em si mesma ajuda na organização dos dados que, evidentemente, tem sua importância, pois confere ordem (apesar de artificial) à imensa quantidade e diversidade de dados, mas, ao mesmo tempo, revela muito pouco (ou nada) acerca da natureza do objeto de estudo.

Nesse sentido, a proposta deste artigo é explorar o uso do conceito de variabilidade climática através da técnica estatística de agrupamento e classificação de dados *Box Plot*, destacando dois aspectos básicos: (1) finalidade didática relativa às etapas da utilização do recurso teórico e da técnica na produção da informação e (2) efetuar a análise da distribuição temporal das chuvas com base na referida técnica atendendo a necessidades de pesquisas em andamento nas localidades de Belo Horizonte, Sete Lagoas e Januária no estado de Minas Gerais-Brasil, todas relativamente carentes em relação à caracterização dos atributos do clima.

Deve-se frisar, no entanto, que não está incluso nos objetivos deste artigo a análise das diversas ferramentas estatísticas disponíveis em *software* para construção do gráfico do *Box Plot*. A preocupação foi discutir a lógica do seu processo de construção para que, assim, o leitor-usuário possa ter a liberdade de escolher a ferramenta em *software* (ou outro tipo de ferramenta) mais adequada aos seus propósitos.

A análise acerca do assunto foi pautada na revisão de leituras selecionadas, discutidas ao longo do texto, ao redor de aspectos teóricos e de produtos de observações/mensurações dos atributos do clima, notadamente a chuva, que foi a fonte de dados principal utilizada neste artigo considerando as limitações da técnica estatística *Box Plot* em relação à entrada de dados. Essa mesma técnica foi objeto de breve revisão teórica discutida adiante.

Caracterização da área de estudo

As localidades escolhidas, Belo Horizonte, Sete Lagoas e Januária, apresentam contextos diferenciados em termos de componentes do quadro natural e social, deixando evidente a diversidade e complexidade das paisagens no estado de Minas Gerais.

O município de Belo Horizonte está localizado na região central do estado de Minas Gerais (19°46'35" Sul e 43°51'47" Oeste), com área aprox. de 331,41 km² (Figura 1). De acordo

com o IBGE (2015) a população estimada em 2015 é de 2.502.557 habitantes e densidade demográfica de 7.167 hab./km², considerado o município mais populoso de Minas Gerais. A

Região Metropolitana de Belo Horizonte é constituída de 34 municípios sendo, atualmente, a terceira maior aglomeração urbana no país depois de São Paulo e Rio de Janeiro.

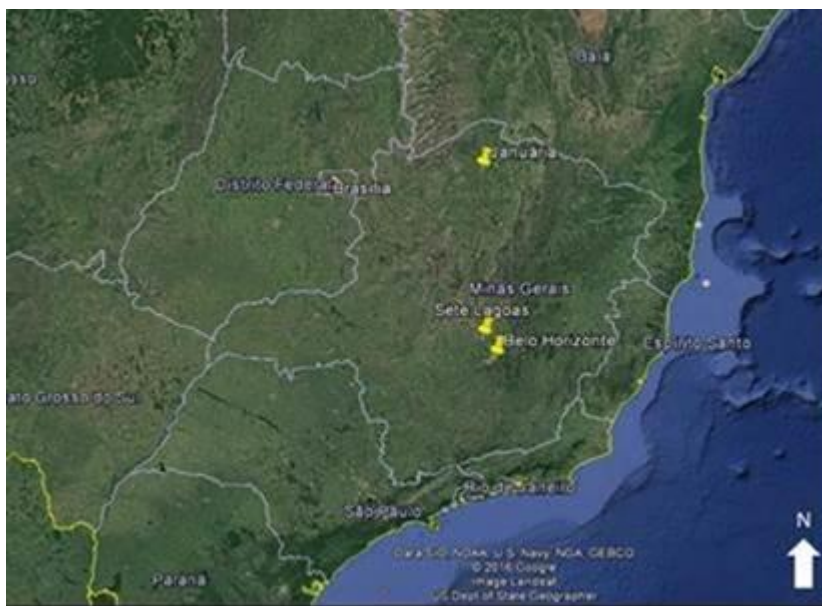


Figura 1. Localização dos municípios de Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas no estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. Fonte: Google Earth, 2016.

As altitudes na maior parte do município variam entre as cotas de 750 (norte, região da Pampulha) e 1150 m (ao sul, próximo a Serra do Curral) e se encontra no contato entre dois conjuntos morfoestruturais: o Quadrilátero Ferrífero e a Depressão de Belo Horizonte. É nesta última que se encontra a maior parte do município, caracterizada pela presença de colinas convexas e declividades baixas. Situada no alto vale do rio das Velhas, integra o conjunto maior formado pela Bacia do Rio São Francisco.

O clima de Belo Horizonte é caracterizado pela existência de um período de seca no inverno e chuvoso no verão, com total médio anual de 1463,7 mm. A temperatura média anual é de 21,1 °C, sendo o mês mais quente fevereiro com 23,0 °C e o mais frio em julho com 18,0 °C. A temperatura máxima absoluta registrada no período entre 1961-1990 foi de 36,9 °C em 1987 e a mínima de 3,1 °C em 1979 (DNMET, 1992). Está inserida em região transicional marcada por conflito entre sistemas atmosféricos tropicais e extratropicais.

Embora a mancha urbana estenda-se praticamente sobre todo o território do município, a vegetação original incluía formações típicas de cerrado, mata ciliar, matas estacionais, campos rupestres e campos de altitude. Atualmente os

remanescentes dessa vegetação concentram-se ao sul e sudeste do município, sob a forma de unidades de conservação (Pq. Estadual Serra do Rola Moça, Pq. das Mangabeiras, Estação Ecológica do Cercadinho e o Pq. Estadual Florestal da Baleia) que, juntamente às demais áreas verdes urbanas, perfazem cifra em torno de 12% da área do município, conforme dados de Euclides e Fonseca (2013).

Em relação à economia ocorre predominância do setor terciário, concentrando-se na área de serviços (superior a 80%), com destaque para o comércio, prestação de serviços, setores de tecnologia de ponta, serviços financeiros, atividades imobiliárias e administração pública.

O município de Sete Lagoas está localizado no estado de Minas Gerais (altitude de 762 m e coordenadas 19° 27' 57" S e 44° 14' 48" W), a aproximadamente 70 Km a noroeste de Belo Horizonte. Segundo levantamento do IBGE (2015), a população estimada em 2015 é de 232.107 habitantes, sendo sua área territorial de 537,63 km² e densidade demográfica de 398,32 hab./km². O relevo é constituído por colinas com baixa declividade (planas e levemente onduladas). No tocante aos aspectos climáticos, a área é caracterizada como clima tropical de altitude, com

verões chuvosos e invernos secos. O total anual médio de chuvas é de 1.271,9 mm e a temperatura média anual 20,9 °C (DNMET, 1992).

O município está inserido na Bacia do Rio São Francisco, que conta com dois importantes cursos de água, o Rio das Velhas e o Paraopeba. A vegetação predominante na região é o cerrado, que se encontra degradada devido à expansão da agricultura e criação de animais.

De acordo com dados da prefeitura de Sete Lagoas (<https://www.setelagoas.mg.gov.br/acidade>) as transformações econômicas e sociais que se iniciaram na década de 1960 foram provocadas pelo crescimento do setor industrial e seus reflexos no setor de comércio e serviços. Com o aumento da urbanização da capital mineira, o município passou a integrar a Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte (regiões afetadas pelo processo de metropolização) passando a oferecer e buscar serviços na capital, potencializando o poder econômico da população.

A proximidade com a capital, o avanço do setor siderúrgico juntamente com o crescimento da indústria da construção civil na década de 1980 possibilitou a expansão e o avanço de Sete Lagoas a partir desse período (Nogueira, 1999).

Nas décadas de 1990 a 2000 houve aumento no índice de urbanização de Sete Lagoas devido ao grande número de indústrias que se instalaram no município, ocasionando fenômenos como o êxodo rural e o movimento pendular, e conseqüentemente a ampliação do setor de serviços.

O município de Januária localiza-se ao norte desse estado (15°29'16" Sul e 44°21'43" Oeste). Segundo dados do IBGE (2015) a área do município abrange 6.661,666 km² e sua população é de 65.463 habitantes, com densidade demográfica de 9,83 hab./km². A população está dividida proporcionalmente entre a área urbana (63,1%) e a zona rural (36,9%). O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) é de 0,658, sendo considerado como um município de médio desenvolvimento humano. A infraestrutura é considerada de porte médio e sua economia está voltada principalmente para o setor de serviços, tendo também participação em seu PIB os setores da indústria e agropecuária.

A topografia do município é considerada plana com leves ondulações, principalmente nas áreas da planície aluvial do Rio São Francisco. Predominam formas de relevo do tipo tabular, caracterizado pela presença de chapadões que se aproximam da calha do rio. A altitude máxima

verificada em Januária encontra-se no Morro do Itapiraçaba (794 m) e a mínima na foz do rio Peruaçu (444 m).

Conforme dados das Normais Climatológicas 1961-1990 (DNMET, 1992) a temperatura média anual é de 24,2 °C, com o mês mais quente em outubro (26,1 °C) e o mais frio em julho com 21,2 °C. A temperatura máxima absoluta registrada nesse período foi de 41 °C em 1963 e a mínima de 7,7 °C em 1988. As chuvas concentram-se entre os meses de outubro a março, com máximo no mês de dezembro (174,1 mm) e o total médio anual perfaz 826,5 mm. A vegetação original inclui espécies e formações vegetais típicas de contato entre cerrado e caatinga com destaque para formações do tipo veredas, encontradas em formas de manchas em algumas áreas do município.

Devido a grande biodiversidade da região e a riqueza do patrimônio geológico-geomorfológico, diversas unidades de conservação, sejam elas de proteção integral ou de uso sustentável, englobam partes desse município. Dentre as unidades de conservação, encontram-se a UC Rio Pandeiros, UC Veredas do Peruaçu, UC Cavernas do Peruaçu, UC Cochá e Gibão.

Revisão teórica

Em relação às características das chuvas cabem destacar alguns aspectos desse atributo relativos à sua gênese, características e variação temporal e espacial. De forma simplificada, o clima pode ser descrito como o resultado das trocas de energia e massa que se estabelece entre a atmosfera e a superfície, condicionadas pelo fluxo de radiação emitida pelo Sol e pela Terra. O transporte advectivo atua no sentido de restabelecer o equilíbrio entre as regiões excedentárias (situadas entre o equador e as latitudes de 35° norte e sul) e deficitárias (latitudes superiores a 35°).

Dentro desse contexto, não se pode perder de vista que a compreensão do clima e, portanto, da variabilidade de seus atributos, parte de uma abordagem essencialmente dinâmica e multiescalar. A proposta de análise rítmica discutida por Monteiro (1971), embora esteja ajustada à análise de segmentos temporais recentes à escala local, insere-se nesse contexto e permite discutir as variações recorrentes dos atributos climáticos bem como os desvios em relação às médias climatológicas. Segundo o autor o ritmo só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos climáticos em sequência temporal; a gênese dos

fenômenos climáticos decorre da interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, ou seja, a origem das condições atmosféricas verificadas em superfície está ligada à dinâmica das massas de ar (ou sistemas atmosféricos) em contínua sucessão e modificação; o produto dessas interações assume espectro variado no tempo e espaço, daí a necessidade de se conhecer a posição e características do objeto no espaço geográfico.

Retomando trabalhos anteriores Monteiro (1999) associa a gênese das chuvas às características das massas de ar (sistemas atmosféricos) em macro e mesoescala (escala zonal/regional). Segundo o autor esse é o nível de máxima generalização/uniformização do clima, organizando-se à escala local (nível intermediário), dada pela singularidade desses espaços (fatores como o relevo intervêm modulando as variações dos elementos climáticos nessa escala), cujos impactos aparecem em microescala (escalas topoclimática e microclimática, ao nível de especialização dos climas).

Sant'anna Neto (2003) critica as projeções elaboradas a partir dos modelos climáticos, pois os mesmos são conflitantes e contraditórios e uma das grandes dificuldades está na definição da variabilidade do clima, tanto no que se refere à sua dinâmica quanto no entendimento dos fatores que ocasionam os ciclos e a periodicidade de seus elementos. E sendo o clima um sistema complexo “ainda não tem sido possível elaborar um modelo de previsão que contemple todas as variáveis intervenientes nos processos climáticos” (Idem, p.57).

Roseghini (2007, p.25), citando Silva Batista e Sant'Anna Neto (2005), traz aspectos importantes do clima relativo aos desvios, ao abordar os eventos extremos: “A ocorrência de eventos climáticos extremos não obedece a uma ciclicidade de acontecimentos. Seu caráter irregular faz com que tenhamos conta de como a sucessão dos estados médios da atmosfera oscila, provocando os ditos acidentes ou “azares” climáticos aos mais variados espaços” e ainda “se o espaço pode ser consumido por agentes sociais desiguais, a produção dos mesmos também se dará de forma desigual”. Este último trecho da citação remete à questão da articulação entre clima e sociedade, temática abordada anteriormente por autores como Sant'Anna Neto (2003), ou seja, dependendo das características do espaço e da sociedade que o habita, um dado

evento tanto pode ser atenuado quanto intensificado.

De acordo com Britto et al. (2006) a chuva é, também, um importante fator no controle do ciclo hidrológico e uma das variáveis climáticas de maior influência na qualidade do meio ambiente, podendo afetar direta ou indiretamente a população e sua economia.

A discussão sobre clima e meio ambiente não é nova e segundo Conti (2001, p.60) passa necessariamente pela compreensão da relação entre a sociedade e a natureza nos trópicos:

(...) historicamente se caracteriza por um processo agressivo de exploração da natureza, marcado pelo primitivismo dos procedimentos e escassa preocupação de cunho preservacionista. São inúmeros os exemplos de desestabilização originados dessa relação conflituosa: desmatamentos, desenvolvimentos de voçorocas, perda de horizontes orgânicos e outros processos nocivos ao equilíbrio ambiental.

O autor destaca como exemplo dessa falta de sintonia entre o homem e o ambiente um caso de particular interesse no âmbito deste artigo, uma vez que sua área de ocorrência abrange os limites entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, relacionados ao impacto de evento extremo de chuva e escorregamento de solos num trecho entre a Serra da Mantiqueira e o médio vale do rio Paraíba do Sul.

Em relação à organização e análise dos dados de chuvas há uma série de técnicas empregadas, cujo escopo deste trabalho não permitiria uma revisão completa. Entretanto, uma delas, alvo deste artigo, refere-se à técnica de agrupamento e classificação denominada *Box Plot*.

Basicamente, de acordo com informações do site NIST/SEMATECH (2016) essa técnica consiste de um diagrama de caixa, que permite visualizar se num conjunto de dados existe ou não equivalência, localizar e analisar as mudanças de uma variável dentre diferentes grupos de dados e calcular a mediana e os quartis. De maneira geral, a técnica do *Box Plot* permite a exploração e análise dos dados de chuva, fornecendo as informações sobre a sua distribuição e dispersão.

Essa técnica, também utilizada por Galvani e Luchiari (2004) a partir da revisão de trabalhos de outros autores em estudos voltados para a identificação de anos-padrões, permite, conforme os autores, identificar sazonalidades, tendências, desvios e valores atípicos na precipitação de determinadas séries temporais de dados de chuva, cuja compreensão é infinitamente

mais importante do que a simples constatação do total anual de chuva: “Anos padrões “secos” ou “Chuvosos” não se referem aos totais anuais de chuvas, mas à distribuição delas no decorrer do ano” (Idem, p. 4).

Os autores sugerem, também, que a série de dados não seja inferior a 30 anos e trazem descrição detalhada para a elaboração manual do diagrama ou gráfico do *Box Plot* utilizando como exemplo a série temporal de chuvas no período entre 1917-1994 da localidade de Piracicaba no interior do estado de São Paulo.

Material e métodos

A série temporal utilizada, de 54 anos, abrange o período entre 1961-2014 disponível no Banco de dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (www.inmet.gov.br).

Inicialmente foi verificada a consistência dos dados, sendo descartados os anos assinalados pela ausência e/ou falhas na série de dados. Posteriormente esses dados foram organizados na forma de tabelas para aplicação de técnicas básicas de estatística descritiva (somatórias, médias, desvios, tendências e correlações) cujos resultados, organizados em gráficos, foram utilizados em consonância à técnica do *Box Plot*, que também se beneficiou dessa organização inicial dos dados de chuva, durante a análise e exposição dos resultados.

Em relação às etapas para elaboração do diagrama de caixa ou gráfico do *Box Plot* destaca-se, primeiramente, a organização dos dados em ordem crescente (ou decrescente) com os maiores valores na base da Tabela 1. Essa ordenação é necessária para identificar e descartar os valores extremos (outliers). Em seguida identificaram-se os *outliers* (valores atípicos ou extremos num conjunto de dados). Isso é particularmente importante, pois esses valores, apesar de estarem representados no gráfico, não compõem os valores da “caixa” do *Box Plot*, uma vez que podem contaminar a série de dados. Para sua identificação considerou-se, neste caso, o *range* de 5% dos menores e maiores valores.

Após o ordenamento dos dados deve-se calcular a mediana (Tabelas 2 e 3), valor que divide a série em duas partes, acima e abaixo desse valor. A medida estabelece a posição central dos valores, enquanto a dispersão dos dados é indicada pela amplitude interquartilica (a dispersão total é indicada pelos valores máximos e mínimos).

Em seguida, considerando os dois conjuntos de dados obtidos, calcula-se novamente a mediana dessas duas partes (superior e inferior). Desse procedimento definem-se, automaticamente, os quartis, a mediana e os extremos.

A caixa (valores entre 1º quartil e 3º quartil) apresenta 50% da amostra, enquanto a linha da caixa representa o valor da mediana. O limite superior da caixa indica o percentil de 75% dos dados e o limite inferior da caixa indica 25% dos dados, Tabela 4. A linha vertical, também conhecida como bigode, indica os valores mínimo e máximo dos dados. Os pontos fora do gráfico são os valores considerados extremos, ou os valores *outliers*.

Os valores que se encontram entre o valor mínimo e o 1º quartil são denominados de meses secos, entre o 1º e o 3º quartil são denominados de meses normais e, por fim, aqueles entre o 3º quartil e o valor máximo são denominados de meses úmidos. Aqueles meses em que o total de precipitação estiver entre os 5% dos menores valores e os 5% dos maiores valores serão denominados, respectivamente, de supersecos e superúmidos, Tabela 5.

Tabela 1. Ordenamento dos valores totais anuais de chuva em Belo Horizonte-MG.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
50,6	7,5	7	5,2	8	0	0	0	0	0	3,2	65,4	86,6
52,2	11,9	13,3	5,2	0	0	0	0	0	0	22	77,4	110,7
60,4	34,3	54,9	6	0,5	0	0	0	0	0	23,5	84,8	114,1
61,3	47,9	60,4	15,7	1	0	0	0	0	0	32,1	89,8	143
85	52	62,7	19,2	1,5	0	0	0	0	0,8	32,5	105,2	143,8
89,6	64,7	65,8	21,2	3	0	0	0	0	1,1	32,6	108,2	198,3
144,2	66,6	68,7	24,5	3	0	0	0	0	1,4	33,9	132	201,7
146,1	71	72	25,1	4	0	0	0	0	1,7	36	132,4	209,2
153,9	75,4	79,2	26,2	5	0	0	0	0	3,4	42,9	137,9	210,6
165,9	89,6	79,8	34,3	7	0	0	0	0	7,8	44,3	157,2	212,2
187,6	94,7	80,5	34,6	7	0	0	0	0	8,8	46,4	166,1	228,4
198,7	96,2	80,7	37,2	10,5	0	0	0	0	9,4	49,1	173,8	231,9
199,9	98,2	97,7	38,6	11,1	0	0	0	0	11,1	50,7	179	234,2
205,4	103,6	103,4	40,6	11,5	0,2	0	0	0	12,1	53,2	180,2	248,2
207,9	131,3	105,6	41,6	12	0,5	0	0	0	22,8	63,9	181,4	252,1
213	132,6	108,3	45,6	13,4	0,8	0	0	0	23,8	65,6	182,7	252,8
213,7	134,5	110,9	53,1	16,9	1	0	0	0,2	26,8	69,8	185,5	265,4
221,3	140,8	117,1	54,8	18,8	1,1	0,2	0	0,6	30,1	84	190,4	276,3
237,3	152,3	127,9	55,1	20	1,8	0,2	0	0,6	32,8	86,8	193,9	277,3
241	158,3	131,4	55,4	20,2	2,1	0,4	0	0,7	33,7	96,5	212,1	279,9
256,6	159,5	138,9	55,7	20,4	2,4	0,7	1,4	37,4	100,8	213,7	286,6	
284,1	171,3	140	56,3	20,5	2,5	1	2	38,9	104	216,2	293,2	
285,5	176,7	153,4	56,7	20,6	3	1,9	2	39,4	105,6	217,1	294,1	
291,5	182,9	169,4	60,5	21,3	3	2	2,3	43,8	108,2	218,8	307,6	
305,5	194	176,2	61,7	21,4	4,2	2,8	2,6	45,1	120,6	226,1	312,1	
313,4	202,5	177,3	68,5	21,6	4,3	2,8	4,9	46,8	120,9	227,2	316,4	
316,2	205	178,2	68,7	26,7	4,6	2,8	5,8	49,4	123,4	245,5	322,5	
317,9	208,6	178,7	69,7	26,8	5,8	3,2	6,4	54,7	126,4	250,9	338,8	
330,5	209,7	192,7	72	28,5	5,9	4,4	7,5	56,5	128,9	254,3	341,7	
339,6	215,8	195	72,6	29,6	6,4	5	8,6	57	137,7	268	346,4	
350,9	215,8	196,4	75,6	32,2	7,9	5,2	10,4	58,4	138,8	277,2	348,5	
351,6	217,9	199	82,2	33,9	8	5,9	17,5	59,2	139,2	279,3	358,5	
352,4	220,5	201,8	83,3	34,7	10,3	6,5	18,5	59,6	160,3	287,3	372,2	
354,2	226,3	230	85,1	35,9	11,7	8,7	19,7	61,6	160,5	288,7	387,3	
407,5	235,1	241,5	96,3	36	13	10,6	20	61,8	162,4	292,7	393	
426,8	237,5	243,1	97,9	39,6	14,6	10,9	20,3	66,5	162,9	296,3	395,3	
434,1	239,5	246,4	98	41,9	17	15,4	21,6	68	166,1	307,6	411,3	
469,5	242,8	247,9	98,6	45,4	17,5	15,5	21,7	68,6	178,8	310	421,4	
476,7	245,2	253,7	98,7	45,7	17,7	16	23,1	70,4	189	328,5	425,5	
500,8	257,1	265	98,7	46,7	21,4	27	26,5	71	189,3	329,9	425,9	
502,9	259,4	269,1	99,4	46,9	23,1	29	29	77,4	190,4	337,2	453,4	
503	289,1	273,2	108,7	49,7	23,3	37,3	30,8	80,5	194,6	338,4	465,7	
510,5	297,7	295,2	111,3	50,4	23,7	37,4	33,7	89,2	207,4	343,6	496	
606,3	298,6	302,9	111,5	61,1	30,4	40	34	93,7	208,1	348,6	499,8	
607,9	303,7	334,5	112,4	61,3	31	44,1	35,7	95,8	216,6	370,2	502	
630	363,9	346,5	113,6	68,7	35,9	47,1	42,5	99,7	267,6	386,2	547,7	
651,2	398,2	356,5	144	71,9	38,6	47,8	43,2	103,1	275	396,6	564,1	
781,6	464,4	374,4	174	78,2	43,6	51,6	47,1	126	322,7	404	601,3	
487,3	384,6	184,9	79,4	68,5	54,9	74,6	127,2	344,3	452,2	720		

Fonte: dados obtidos do INMET (2015).

Tabela 2. Ordenamento dos valores totais anuais de chuva em Sete Lagoas-MG.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
38.9	0	0	2.4	0	0	0	0	0	0	6.3	5.4	52.2
50.7	0.4	20.4	4.7	0	0	0	0	0	18.5	60.8	96.2	
59.4	14.1	25.7	10.1	0	0	0	0	0	29.1	88.3	104.2	
68.6	18	26.8	12.9	0.3	0	0	0	0	30.2	92.8	136.8	
71.1	31.7	31.2	13.2	0.4	0	0	0	0	32.8	95	152.1	
77.9	31.8	31.3	14	0.9	0	0	0	0.2	34	104.1	163.1	
95.1	49	36.2	15.3	2.4	0	0	0	0.6	40.6	110	172.5	
103.3	50.6	36.9	17.3	2.6	0	0	0	0.8	43.5	122.9	185.2	
105.5	54.4	41	18.8	2.6	0	0	0	0.9	48	123.7	196.6	
133.6	69.4	43.8	19.8	3.5	0	0	0	1.2	49.5	126	198	
137.8	73.1	74	20.7	3.9	0.1	0	0	2.8	50.2	130.6	205.8	
149.9	74.4	74.8	22.9	5	0.1	0	0	2.8	51.7	145.8	214.6	
153.8	75	79.4	24	6.6	0.1	0	0	5.2	52.2	147.3	214.7	
159.5	90.2	86.4	24.5	8.5	0.2	0	0	5.3	54.8	163.2	217.5	
163.2	98.3	91.8	24.5	10.9	0.2	0	0	7.8	55.7	169.8	221.1	
163.6	102.2	93.6	34.5	11.3	0.3	0	0	7.8	55.8	187.5	223.3	
174.6	108.8	97.5	35.6	11.3	0.3	0	0	0.5	14.4	57.8	197.2	230.8
175	115.1	97.9	38.2	11.6	0.6	0	0	0.7	18.7	62.7	199.3	255.3
182.4	117.8	99.3	40.2	11.7	0.7	0.1	0.7	19.6	64.8	202.4	255.6	
196.2	118.2	104	40.7	16.1	0.9	0.1	0.9	27.3	65.6	211.1	273.8	
205.4	119.3	106.6	43.8	16.2	0.9	0.7	1.5	28.4	82.6	216.3	275	
221.3	126.8	116.9	45.5	18.7	1.1	0.8	2	28.4	85.5	223.2	279.2	
228.8	134	119.1	49.6	21.5	1.8	0.9	2	29.2	92.8	223.8	282.3	
239.2	135.3	119.1	51.2	24.6	1.9	0.1	2.9	30.5	95.2	225.4	283.5	
245.6	136.8	127	51.8	26.5	1.9	1.1	3	32.4	96.7	227	295.3	
247.4	138.7	134.9	54.3	27.7	2.8	1.3	3.8	33.5	102.6	233.6	302.2	
248.5	140.8	135.8	55.3	27.7	3.1	1.4	4.1	36	105.6	240.1	313.1	
280.7	141.6	143.4	55.3	28.1	4.2	2	6	36.1	106.5	240.9	314.1	
317.9	148.1	151.5	57.5	31.7	4.2	3.6	8.6	38.4	107.7	243.2	323	
324.5	167.2	151.7	63.4	32.3	5	6.6	9.1	39.4	119.3	245.2	327.7	
327.7	170.1	174.1	67.7	33.7	5.1	6.6	12.4	41.1	120.1	250.4	332.8	
339.8	187.4	182.8	67.8	33.9	5.4	8.9	13.6	43.1	121.7	258.9	346.2	
346.8	202.1	185.8	68.1	34.1	6.3	11.8	13.7	45.9	130.7	264.6	351.2	
348.4	204.2	190.9	68.5	34.8	6.7	14.9	14.6	49.2	136.4	264.9	352.9	
372.4	208.6	203.4	71.2	37.4	7.5	16	14.7	52.4	142.7	265	354.5	
379.3	216.5	210.2	73.5	37.9	9.9	16.4	15.9	54.9	148	267.5	358.3	
383.4	218.4	230	74.4	40.9	12.3	16.5	17.2	56.5	150.4	268.2	364	
387	223.2	237.6	88.7	41.6	14.2	25.5	17.5	60.2	160	281.4	375.5	
389.8	231.6	254	88.9	44.6	14.4	30.6	22.6	64.6	171.3	283.1	384.9	
409.6	247.1	257.7	99.7	46.2	17.1	43	25.3	65.3	177.2	290.3	387.7	
430.6	252	261.4	104	46.7	17.4	46.1	26.3	71.3	184.1	293.4	401.1	
436.2	308.4	275.2	112.8	57	20	47.3	29.7	84.3	223.3	324.9	452.9	
437	311.6	298.2	119.5	63.6	31.4	51	36.4	86.1	230.2	338.5	475.5	
477	313	308.9	165.9	79	40.3	51.7	37.3	92.6	236.6	396.4	528.4	
492	470	317.1	169.1	95.9	45.3	54.4	38.3	105.2	249.3	447.2	552.6	
688.8	490.1	354.6		96.6			53.4	108.2	282.1	484.5	673.1	

Fonte: dados obtidos do INMET

Tabela 3. Ordenamento dos valores totais anuais de chuva em Januária-MG.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	4	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	23.6
2.8	4.5	4	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	31.1
7.5	17.1	8.4	1.4	0	0	0	0	0	0	0.7	55.6	28.3
16.2	18.6	12.1	3	0	0	0	0	0	0	1.1	64	51.1
17.3	20.8	16.9	3.8	0	0	0	0	0	0	1.1	75.2	62.7
26.9	21.5	26	4.1	0	0	0	0	0	0	0	1.5	79.3
34.5	25.1	27.7	5.3	0	0	0	0	0	0	0	7.3	87.7
50.1	25.3	30.2	5.3	0	0	0	0	0	0	0	7.7	97.3
72.6	25.5	31.5	5.6	0.1	0	0	0	0	0	0	9.2	98.3
83.6	26	34	7.5	0.2	0	0	0	0	0	0	16.1	108.6
95.7	28.9	45.5	9.3	0.2	0	0	0	0	0	0	18.2	121.9
99.6	36.2	46	10.7	0.2	0	0	0	0	0	0	19.5	123.8
101.6	41	49.7	12.5	0.2	0	0	0	0	0	0.1	24.5	126.3
105.8	44.1	54.7	13.2	0.3	0	0	0	0	0	0.2	28.8	129.4
109.8	46.5	54.8	20.7	0.4	0	0	0	0	0	0.5	29.3	136.7
110.2	51.8	65.8	22.9	0.6	0	0	0	0	0	1.7	34.5	148.1
128.3	53.9	70.9	27.6	0.7	0	0	0	0	0	2.9	53.1	148.7
142.7	54	74.2	28.8	0.8	0	0	0	0	0	3.8	55	152.2
144.9	54.8	79.2	30.1	0.8	0	0	0	0	0	4	55.7	167.2
164.8	58.3	81.8	32.2	1.3	0	0	0	0	0	4.1	58.1	169.8
177.2	60.6	89.7	32.8	1.8	0	0	0	0	0	4.2	58.8	177.9
194.4	65.8	96.9	38	2.7	0	0	0	0	0	5.1	59.8	178.9
196.9	66.6	99.7	39.9	4	0	0	0	0	0	5.2	65.2	180
200	72.5	100.1	45.7	5.7	0	0	0	0	0	5.4	65.7	190.8
215.2	76.4	103.3	47	8.3	0	0	0	0	0	6.3	69.7	193.3
222.8	83.1	109	48.7	8.9	0	0	0	0	0	9	71.2	195.8
227.4	99.7	114.9	49.8	10.9	0	0	0	0	0	11.1	72.3	197.9
230.7	105.1	116.5	51.2	11.8	0	0	0	0	0	11.7	76	201.8
232.4	119.2	117.7	60	13.2	0	0.1	0.4	12.2	80.1	206.1	249.1	
236.9	124	117.8	64.3	13.7	0	0.1	0.5	12.6	89.4	219.4	253.5	
244.2	130.2	148	71.3	15.7	0.1	0.1	1.5	13.9	97.1	223.2	260.8	
299.1	144.9	170.2	76.9	18.2	0.2	0.2	2.7	15.2	108.4	225.7	278.9	
307.2	159.6	178.7	81.9	19.3	0.2	0.2	3.3	15.3	111.9	229.9	282	
322.7	169.5	180.2	85.2	19.4	0.3	0.2	5.4	16.9	112	256.9	287.1	
338.5	197.6	183.9	85.4	19.6	1.5	1.8	5.8	19.8	114.9	276	296.5	
351.5	202.3	184.7	86.8	24.6	4	2.4	6.6	20	127.9	276.8	302.5	
417.7	228.5	213.3	87.2	28.5	6.4	2.5	10.9	20.5	157	265.5	356.2	
245.1	261.2	92.9	29.4	12	3.9	12.3	21.7	187.5	314.1	379.4		
268	335.8	104.4	29.5	13.4	22.4	12.8	27.2	197.6	340.8	415.8		
308	345.7	105.3	65	15.1			31.2	247.6	365.3	480.7		
316.1	355.6	124.4	69.6	19.7			46.9		395.6			
527.5	386.6	164.8	71.8	21					488			
444.4												

super seco
seco
normal
úmido
super úmido

Fonte: dados obtidos do INMET

Tabela 4. Seleção dos dados, a partir da definição das medianas e dos quartis para os totais anuais de chuva em Belo Horizonte (acima), Sete Lagoas (centro) e Januária (abaixo).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Menor valor não outliers	61.3	47.9	60.4	15.7	1	0	0	0	0	32.1	89.8	143
Quartil 1	206.0	117.5	164.5	41.1	13.4	4.9	2.8	0.2	17.5	58.6	160.8	250.2
Mediana	298.5	191	178.2	61.7	21.6	11	6.2	5.36	45.1	120.6	228.1	312.1
Quartil 3	394.2	236.3	242.3	97.1	39.6	20.5	18.8	20.6	64.2	162.7	294.5	394.2
Maior valor não outliers	607.9	363.9	346.5	113.6	68.7	35.9	47.1	42.5	99.7	287.6	386.2	547.7
Mínimo	144.725	69.55	44.1	25.4	12.4	4.9	2.8	0.15	17.45	26.45	91	107.15
Quartil 1	206.025	117.45	164.5	41.1	13.4	4.9	2.8	0.15	17.45	58.6	160.8	250.15
Mediana	298.5	191	178.2	61.7	21.6	11	6.2	5.27	45.1	120.6	228.1	312.1
Quartil 3	394.2	236.3	242.3	97.1	39.6	20.5	18.8	20.6	64.2	162.7	294.5	394.2
Máximo	213.725	127.6	104.2	16.5	29.1	15.425	28.35	21.875	35.55	104.95	91.7	153.55
Outliers Inferiores												
1	58.6	7.5	7	5.2						3.2	65.4	86.6
2	52.2	11.9	13.3	5.2						22	77.4	119.7
3	60.4	34.3	54.9	6						23.5	84.8	114.1
Outliers Superiores												
1	630	398.2	356.5	144	71.9	38.6	47.8	43.2	103.1	275	396.6	564.1

Para série analisada adotou-se o range de 5%, ou seja, 5% dos maiores e menores valores da cada coluna ou mês, considerados *outliers*. Esse valor foi adotado a fim de estabelecer um limite entre os valores encontrados na série de dados. Para uma série de 54 anos deve-se calcular 5% desse valor igual a 2,7 (ou 3,0 para facilitar). Dessa forma os três menores e os três maiores do conjunto serão desconsiderados.

O menor valor não *outlier* e o maior valor não *outlier* não serão calculados, pois serão inseridos manualmente. Depois de estabelecido o range da série e determinados os *outliers*, deve-se identificar qual o menor valor de cada coluna (mês) que não foi considerado extremo (*outliers*), além do maior valor de cada coluna que não foi considerado extremo e inseri-los na tabela correspondente a esses valores.

Tabela 5. Valores numéricos para elaboração do gráfico *Box Plot*, resultado da seleção dos dados, a partir da definição das medianas e dos quartis para os totais anuais de chuva nos municípios de Belo Horizonte (acima), Sete Lagoas (centro) e Januária (abaixo).

	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Janeiro	61,3	206,0	298,5	394,2	607,9
Fevereiro	47,9	117,5	194,0	236,3	363,9
Março	60,4	104,5	176,2	242,3	346,5
Abril	15,7	41,1	61,7	97,1	113,6
Mai	1,0	13,4	21,6	39,6	68,7
Junho	0,0	4,9	11,0	20,5	35,9
Julho	0,0	2,8	6,2	18,8	47,1
Agosto	0,0	0,2	5,4	20,6	42,5
Setembro	0,0	17,5	45,1	64,2	99,7
Outubro	32,1	58,6	120,6	162,7	267,6
Novembro	89,8	180,8	226,1	294,5	386,2
Dezembro	143	250,15	312,1	394,15	547,7
	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Janeiro	68,6	158,1	234,0	347,2	437,0
Fevereiro	18,0	86,4	134,7	202,6	311,6
Março	26,8	84,7	119,1	187,1	298,2
Abril	12,9	24,3	49,6	68,0	112,8
Mai	0,0	4,5	18,7	34,0	63,6
Junho	0,0	0,1	1,0	5,3	20,0
Julho	0,0	0,0	0,8	8,3	47,3
Agosto	0,0	0,0	2,0	13,7	36,4
Setembro	0,0	2,8	28,4	44,5	86,1
Outubro	30,2	54,2	94,0	132,1	230,2
Novembro	92,8	159,2	224,6	264,7	338,5
Dezembro	136,8	216,8	282,9	351,6	475,5
	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Janeiro	7,5	83,6	144,9	230,7	338,5
Fevereiro	17,1	30,7	63,2	141,2	308,0
Março	8,4	45,8	96,9	174,5	355,6
Abril	1,4	9,7	35,4	75,5	105,3
Mai	0,0	0,2	2,3	17,6	65,0
Junho	0,0	0,0	0,0	0,2	15,1
Julho	0,0	0,0	0,0	0,1	2,5
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,5	10,9
Setembro	0,0	0,0	4,2	13,9	27,2
Outubro	0,7	17,7	58,5	91,3	187,5
Novembro	55,6	122,4	178,4	225,1	365,3
Dezembro	28,3	121,8	193,1	255,3	379,4

Fonte: dados obtidos do INMET (2015).

Posteriormente foi feita a classificação em porcentagem dos meses analisados em meses secos, normais, úmidos, supersecos e superúmidos (Tabelas 6, 7 e 8), onde foi possível obter os números que indicarão os limites dessas respectivas classes, ajudando na compreensão da variabilidade (temporal e espacial) das chuvas.

A análise dos dados produzidos buscou respaldo, também, em fontes bibliográficas, bem como em dados produzidos em análises ulteriores.

Resultados e discussão

O clima no sudeste do Brasil de acordo com Nimer (1989) situa-se na transição entre os climas

quentes das latitudes baixas e os mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias, embora a principal característica, relacionada aos climas marcadamente tropicais, transpareça no regime sazonal das chuvas, concentrada no trimestre de verão.

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007) a distribuição e variabilidade das chuvas no Brasil, cujo regime pluviométrico é diverso, incluem tipos chuvosos semiáridos, tropicais e subtropicais, associadas à atuação e sazonalidade dos sistemas atmosféricos de macro e mesoescala.

Para Carvalho e Jones (2009) e Nunes et al. (2009), dentre esses sistemas incluem-se linhas de instabilidades tropicais (LI), sistemas frontais, Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e convecção local, inclusos entre os principais fatores genéticos das chuvas no sudeste brasileiro.

A complexidade genética e de distribuição espacial/temporal das chuvas no sudeste brasileiro fica evidente na citação de Nunes et al. (2009, p. 248):

A distribuição espacial da pluviosidade (da região sudeste) é fortemente controlada pela disposição do relevo, pela atuação das frentes polares e pela continentalidade, com quatro zonas de totais pluviométricos distintos na região.

A ação do Anticiclone do Atlântico Sul (ASAS), diferentemente destes, e cuja participação é notável ao longo do ano, associa-se à condição geral de estabilidade atmosférica, embora possa advecar umidade do oceano e, por aquecimento basal, desencadear a formação de núcleos pontuais de instabilidade associado a chuvas convectivas.

A ação e intensidade desses sistemas, ao longo dos meses e anos, dependem de vários fatores como as fases quente e fria da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e dos mecanismos ligados ao El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e La Niña. Particularmente em relação ao sudeste do Brasil deve-se incluir a presença e disposição do relevo (efeito orográfico), conforme aponta Tarifa (1994), maior do que em qualquer outra região do Brasil.

Em Januária, comparativamente à Belo Horizonte, os maiores valores de temperatura encontra participação desse fator, cuja localização em setor deprimido do terreno, na calha do rio São Francisco, favorece a compressão e relativo confinamento do ar. Paralelo a isso, inclui-se o baixo valor de latitude e maior valor de horas de insolação (2786,3 horas contra 2569,3 em Belo

Horizonte, total médio para o período de 1961-1990). Paralelamente, mas de forma oposta, a altitude, no caso de Belo Horizonte, força o declínio dos valores de temperatura pelo efeito de resfriamento por descompressão do ar. Mais notável ainda é esse efeito em áreas como o Pico das Agulhas Negras (2790,94 m) no alto da Serra do Mantiqueira, com mais de trinta episódios de geadas por ano segundo Nimer (1989), e no Pico da Bandeira (2891,32 m) nas cercanias ao estado de Minas, respectivamente nos limites entre os estados de São Paulo e Espírito Santo.

Nas duas regiões mencionadas, o efeito do relevo na variação das chuvas é notável. No caso do Pico das Agulhas Negras, a partir de informações de Nimer (1989), a variação das chuvas a partir de um transecto sudeste-noroeste (do litoral do estado de São Paulo no oceano Atlântico para o interior do continente, em direção ao sul de Minas Gerais) varia de 1500 mm no litoral, 2250 mm no alto da Serra do Mar, 1250 mm na área deprimida do Rio Paraíba do Sul, elevando-se novamente para 2250 mm no alto da Serra da Mantiqueira, próximo ao Pico das Agulhas Negras. Nas localidades marcadas por maior valor de chuvas (Serra do Mar e Mantiqueira), a turbulência gerada pelo movimento forçado de ascendência do ar propicia alívio de pressão seguido de resfriamento do ar e condensação da umidade na forma de nuvens e chuvas. Na área deprimida do vale do rio Paraíba do Sul, o movimento descendente e de compressão do ar eleva a temperatura, afastando o ar da saturação, coincidindo com situações menos favoráveis à ocorrência de chuvas.

Especificamente para Belo Horizonte (Figura 2), a partir de informações colhidas junto às Normais Climatológicas 1961-1990 (DNMET, 1992) e da análise da sequência de dados de chuva do INMET-BDMEP (www.inmet.gov.br) no período entre 1961-2014, o desvio positivo de maior expressão em relação à média anual de precipitação (1524,4 mm) ocorreu no ano de 1983 com valor precipitado de 2307 mm (51,9% acima da média), e o desvio negativo de maior valor nesse período ocorreu no ano de 1963 com total precipitado 497 mm (67,3% abaixo da média). O desvio médio no período assinalou valor negativo de -7,6% (a média dos desvios positivos foi de 18,3% e dos negativos foi de 25,9%), embora tenha registrado aumento em relação ao valor da normal climatológica 1961-1990 de 1463,7 mm para 1524,4 mm.

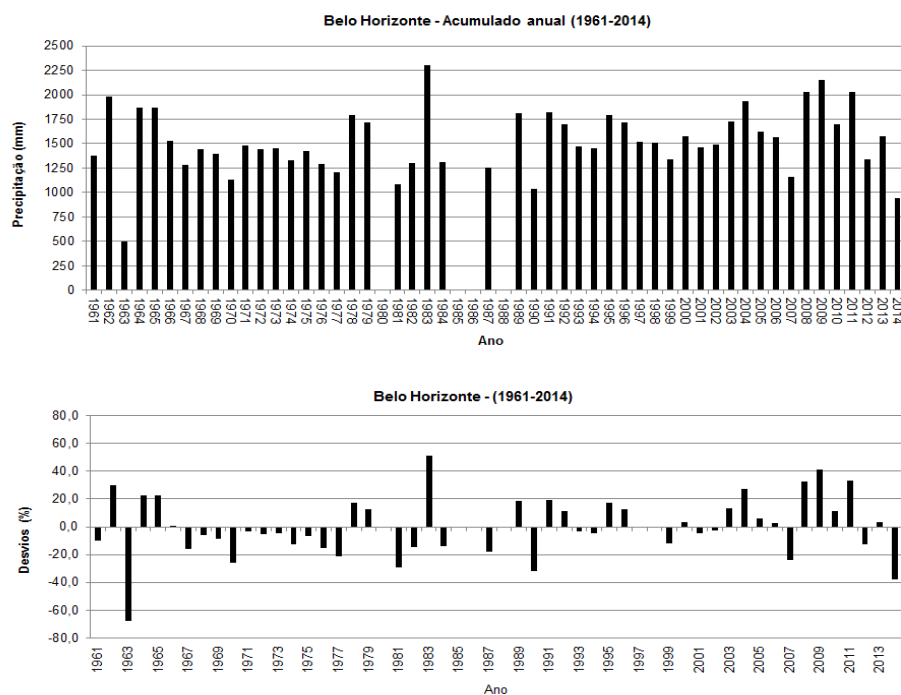


Figura 2. Acumulado anual de chuvas (acima) e desvios (%) em relação à média do período (1524,5 mm) em Belo Horizonte - MG (1961-2014). Fonte: dados obtidos do INMET (2015).

O índice de correlação ($R^2 = 0,049$) obtido da série temporal de chuvas para Belo Horizonte caracteriza fraco valor de tendência entre o volume de precipitação e sua progressão temporal. Embora seja discutível a aplicação dessa técnica à análise das chuvas, o baixo valor de tendência não autoriza inferir a existência de aumento ou diminuição dos níveis de precipitação. Valores similares foram verificados para Sete Lagoas ($R^2 = 0,00$) e Januária ($R^2 = 0,1123$).

Algumas relações podem ser estabelecidas a partir do exame dos dados de chuva em sequência temporal (Figura 2). Entre os anos de 1982-1983, por exemplo, na fase positiva da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) em conjunto com um evento de El Niño de intensidade alta, verificou-se aumento do total de chuva, com desvio positivo em torno de 50%.

De acordo com Molion (2005) a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) é a variação de longo prazo das temperaturas da superfície do oceano Pacífico (TSM) e da mesma forma que o El Niño apresenta duas fases, uma caracterizada por anomalias negativas de TSM no Pacífico Tropical, denominada fase fria, e a outra denominada fase quente, apresentando anomalias positivas de TSM no Pacífico Tropical. Essas variações podem persistir por 20 a 30 anos.

O bloqueio atmosférico imposto pelo reforço da circulação anticiclônica na porção centro-norte do Brasil, resultado do deslocamento

dos núcleos de alta e baixa pressão ao longo do equador nas situações de El Niño, dificulta o avanço das frentes frias, que ficam estacionadas sobre os territórios do sul e sudeste. Enquanto no centro norte os totais de chuva diminuem drasticamente, os espaços influenciados pelos sistemas frontais registram aumento significativo das chuvas.

Através da análise do gráfico de *Box Plot* (Figura 3) foi possível verificar a distribuição da chuva em cada mês na série do município de Belo Horizonte. Os meses entre outubro a março, considerados meses úmidos, apresentaram maior dispersão dos dados de precipitação, denunciados pela maior ocorrência de extremos ou *outliers*. No caso dos meses considerados secos, entre abril e setembro, essa dispersão diminui (menor incidência de extremos ou *outliers*), indicando que os dados possuem maior semelhança, ou seja, menos susceptíveis a desvios nessa época do ano.

Essa constatação é particularmente interessante, pois a agricultura e o abastecimento hídrico se organizam em função do período chuvoso (semestre entre outubro e março) para plantio e aumento do volume d'água dos reservatórios. E, sendo esse período mais propenso a desvios, dever-se-ia incluir no planejamento urbano e agrícola, alternativas decorrentes da redução da disponibilidade desse recurso.

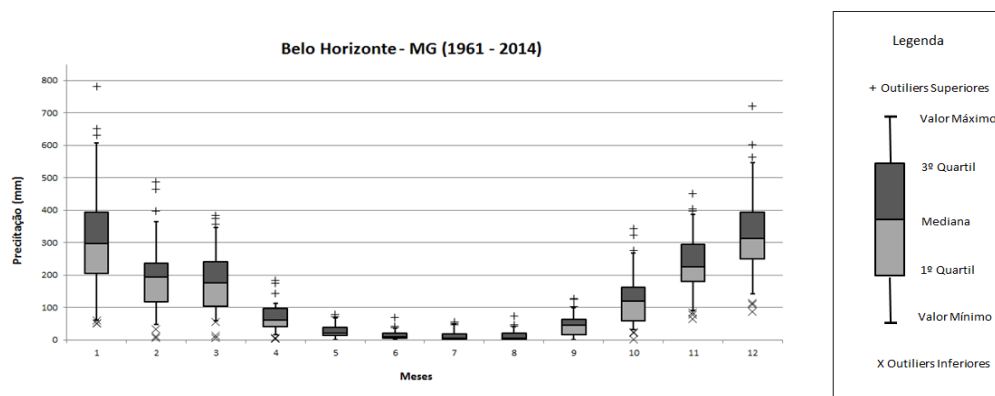


Figura 3. Classes de precipitação para Belo Horizonte - MG (1961-2014) conforme técnica de agrupamento estatístico do *Box Plot*. Fonte: dados obtidos do INMET (2015).

A partir das tabelas elaboradas com os dados de precipitação das séries históricas analisadas, foi possível classificar os meses em supersecos, secos, normais, úmidos e superúmidos. No município de Belo Horizonte (Tabela 6) a classificação indicou que as chuvas tendem a manter variações próximas à média (normal ou habitual) em grande parte das ocasiões.

Tabela 6. Classificação dos meses (%) relativa aos totais de chuvas da série analisada para o município de Belo Horizonte-MG.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	24	174	231	122	36	587
%	4,1%	29,6%	39,4%	20,8%	6,1%	100,0%

Fonte: dados obtidos do INMET (2015).

Embora os dados de Belo Horizonte atestem variação próxima à normal ou média, não significa que os desvios assinalados estejam livres de impactos. Caso recente descrito por Jardim (2015) para o ano de 2014 sobre a “crise hídrica” mostra isso. A redução dos totais de chuva naquele ano em relação à média do período 1961-2014 (944,1 mm contra 15244 mm) resultou em problemas de abastecimento hídrico urbano e agrícola em várias localidades mineiras, inclusive com implantação de rodízio para distribuição de água pelos bairros de áreas urbanas, contratação de caminhões pipa, aumento do número de concessões de outorga para perfuração de poços sem a devida análise de impacto ambiental etc.

Algumas dessas medidas foram necessárias, sem dúvida, mas de efeito paliativo, uma vez que não foi contido o desperdício no

trajeto da água e tão pouco se verificou melhora nos aparatos de captação e armazenamento de água.

Para o município de Sete Lagoas, do total de 549 meses analisados, 229 (41,7%) foram considerados meses com índices pluviométricos normais, seguido por 139 meses (25,3%) considerados secos e 124 meses (22,5%) úmidos (Figuras 4 e 5). Os meses classificados como superúmidos (*outliers superiores*), sendo 36 meses (6,6%) e por fim os meses considerados supersecos (*outliers inferiores*), sendo 21 meses da série (3,8%). Nesta região as chuvas também tenderam manter o comportamento habitual (tabela 7).

Tabela 7. Classificação dos meses (%) relativa aos totais de chuvas da série analisada para o município de Sete Lagoas-MG.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	21	139	229	124	36	549
%	3,8%	25,3%	41,7%	22,5%	6,6%	100,0%

Fonte: dados obtidos do INMET (2015).

Apesar de possuir menores dimensões comparadas a Belo Horizonte, os problemas em relação à dependência de água no município de Sete Lagoas são semelhantes e inclui falta de fiscalização quanto ao volume outorgado e quantidade de água usada por empresas e atividades agrícolas, avanço de captações irregulares etc. Deve-se lembrar de que Sete Lagoas possui importante parque industrial como fora descrito anteriormente e, portanto, de importante atividade urbana, o que aumento a dependência desse tipo de recurso natural.

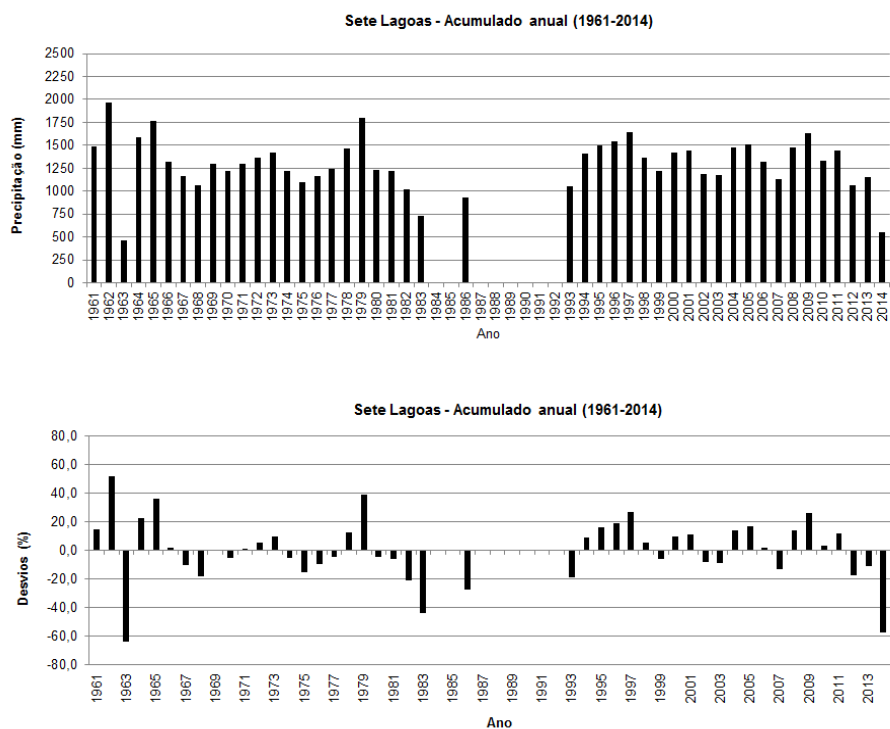


Figura 4. Acumulado anual de chuvas (acima) e desvios (%) em relação à média do período (1295,3 mm) em Sete Lagoas - MG (1961-2014). Fonte: dados obtidos do INMET (2015).

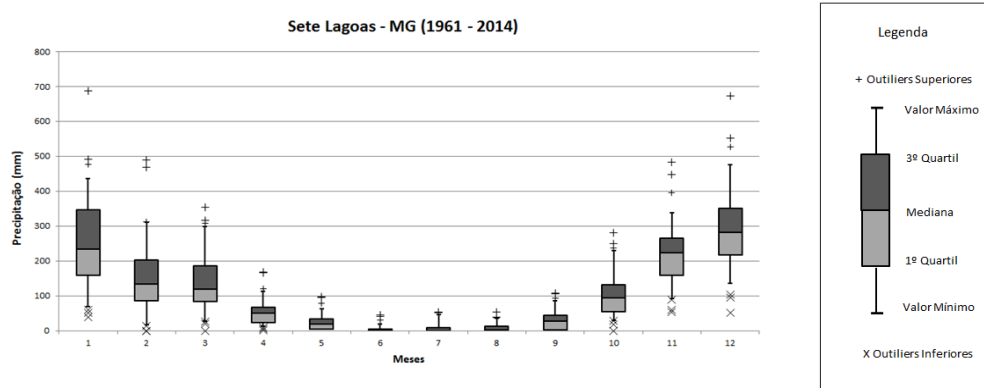


Figura 5. Classes de precipitação para Sete Lagoas - MG (1961-2014) conforme técnica de agrupamento estatístico do *Box Plot*. Fonte: dados obtidos do INMET (2015).

Na série de dados de chuva aplicada à Januária, a média encontrada para o acumulado anual de precipitação do período entre 1961-2014 foi de 814,2 mm, próxima da normal climatológica para o período de 1961-1990 de 826,5 mm e o valor médio total de desvio (Figura 6) em relação à média anual de precipitação no período de 1961-2014 (814,2 mm) não apresentou valor expressivo (a média dos desvios positivos foi de 23,3% e dos negativos foi de 27,2%). No ano de 1992 ocorreu o maior desvio positivo do período analisado, com variação de 78%, com total de precipitação de 1553,6 mm, e o desvio negativo de maior expressão ocorreu no ano de

1963, com variação de 70% em relação à média do período (o total anual daquele ano foi de 259,7 mm).

Conforme Figura 6, a distribuição dos acumulados anuais de precipitação se mostrou relativamente irregular (comparativamente às outras duas localidades), característico da variabilidade climática da região. Além disso, o índice de correlação apresentou fraco valor de tendência entre o volume de precipitação e sua progressão no tempo ($R^2 = 0,1123$), de modo que não é possível inferir que exista uma tendência clara de aumento ou diminuição dos níveis de precipitação em função do tempo e muito menos

estabelecer qualquer cenário futuro de longo prazo.

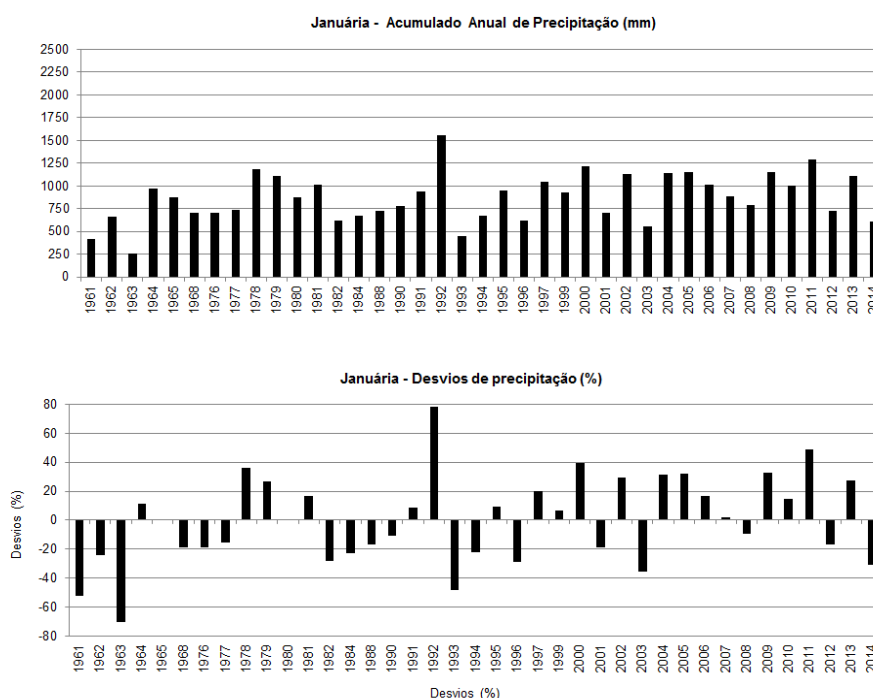


Figura 6. Acumulado anual de chuvas (acima) e desvios (%) em relação à média do período (871,0 mm) em Januária - MG (1961-2014). Fonte: dados obtidos do INMET (2015).

A utilização da técnica estatística de agrupamento do *Box Plot* (Figura 7) permitiu analisar a estrutura da distribuição das chuvas durante os meses do ano, em função da maior ou menor dispersão dos

dados, ou seja, quanto menos dispersos os dados se apresentavam, menor a susceptibilidade a desvios, de modo que a relação inversa também é verdadeira.

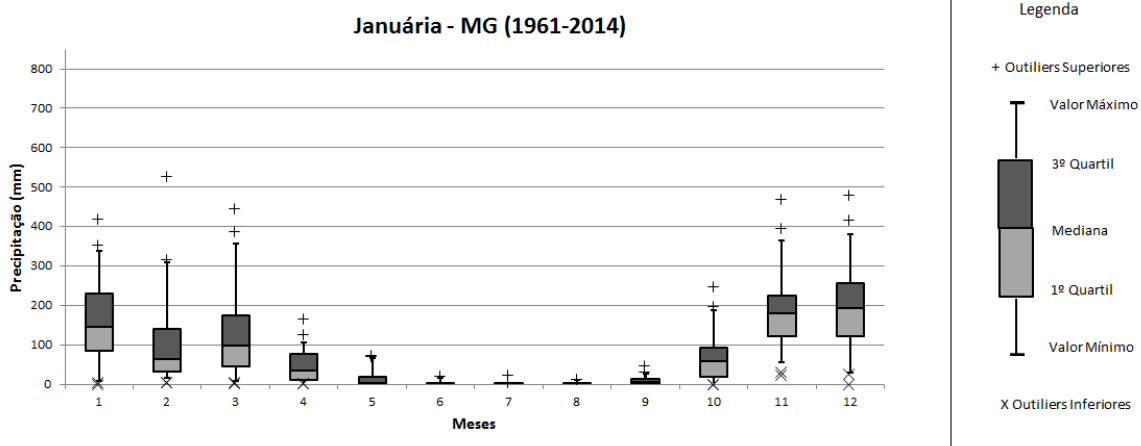


Figura 7. Classes de precipitação para Januária - MG (1961-2014) conforme técnica de agrupamento estatístico do *Box Plot*. Fonte: dados obtidos do INMET (2015).

A distribuição dos totais de precipitação se mostrou relativamente irregular, característico da variabilidade climática da região. Contudo, é

possível fazer uma distinção entre os meses mais úmidos e os mais secos. Os meses mais secos (junho, julho e agosto) apresentaram menor

dispersão dos dados, enquanto que os meses mais úmidos (novembro, dezembro e janeiro) apresentam valores mais dispersos.

A classificação dos meses em função do volume precipitado em Januária pode ser dividida em cinco categorias: superseco, seco, normal, úmido e superúmido. Conforme a tabela 8 os meses considerados normais somam (38%), ou seja, com volume pluviométrico próximo à média esperada. Entretanto, diferente de Belo Horizonte e Sete Lagoas, também foi considerável a porcentagem de meses classificados como secos (35%) o que deixa mais explícito a influência da dinâmica climática do semiárido sobre a região, fato marcante na organização da paisagem conforme descrito na caracterização da área de estudo.

Tabela 8. Classificação dos meses (%) relativa aos totais de chuvas da série analisada para o município de Januária-MG.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	14	171	185	95	24	489
%	3,0%	35,0%	38,0%	19,0%	5,0%	100,0%

Fonte: dados obtidos do INMET (2015).

A variação da precipitação observada possui relação com eventos climáticos de meso e macroescala, capazes de influenciar todo o sistema climático. É possível observar a existência de três períodos da ODP inseridos no período total de análise (Figura 8). Foi identificado entre o período de 1961 a 2014 duas fases frias da ODP e uma fase quente. A primeira fase fria identificada no período, de acordo com Molion (2005), iniciou-se em 1945 e perdurou até o ano de 1977, quando se inicia a fase quente, estendendo-se até 1998. A partir de 1998 se iniciou nova fase fria. Constata, também, que durante as fases quentes da ODP há maior incidência e intensidades de eventos El Niño, assim como nas fases frias há maior ocorrência e intensidade de eventos de La Niña.

Nota-se que no período entre 1977 a 1998, correspondente a fase quente da ODP, houve maior ocorrência de eventos de El Niño (oito ocorrências) quando comparado aos eventos de La Niña (cinco ocorrências), sendo que desses eventos de El Niño, dois foram considerados de intensidade forte.

Também foi verificado que a ocorrência dos eventos El Niño e La Niña de forte intensidade possivelmente guardam relações com os picos máximos e mínimos da ODP, como

constatado nos anos de 1973, 1975, 1982-1983 e 1997. Esses fenômenos, quando atuam em conjunção, reforçam-se mutuamente, interferindo de forma significativa na variação dos elementos climáticos.

De acordo com Berlato e Fontana (2003) a precipitação pluvial e as temperaturas são as variáveis climáticas mais afetadas durante a ocorrência do El Niño. No Brasil verifica-se aumento do índice pluviométrico principalmente na região sul do país, enquanto que nas regiões norte e nordeste há reforço dos períodos de seca. Na região sudeste e centro-oeste o sinal do El Niño é fraco, não se verificando alterações significativas na climatologia dessas regiões.

No caso da La Niña, ainda conforme apreciação dos autores (Idem, 2003), observa-se como impacto desse fenômeno na região sul do Brasil a diminuição da precipitação durante a primavera e início do verão e tendência de temperaturas abaixo da média. Na região sudeste observa-se o decréscimo das temperaturas médias durante o inverno e verão, enquanto nas regiões norte e nordeste verifica-se aumento da precipitação e chegada de frentes frias no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas.

O ano de 1963 representou um período de grave seca, não somente para a região onde se localiza o município de Januária, mas para diversas outras regiões do país. Nesse ano, para além da escassez de chuvas, uma forte onda de calor atingiu a região, no qual a máxima alcançou 40,6°C no dia 15/10, uma das maiores temperaturas registradas na história do município. Na ocasião a ODP se encontrava em sua fase fria e se verificou a ocorrência do fenômeno El Niño de intensidade fraca. No ano de 1992, mesmo com a influência de El Niño moderado, o total de precipitação registrado foi superior à média geral.

Os mecanismos de larga escala em teleconexão nem sempre explicam o fato. Parte da explicação repousa sobre a dinâmica das massas de ar. Ribeiro (1984), apoiado em outros autores, descreve o ano de 1963 como normal até o mês de abril quando, a partir daí, sucedeu-se um período de estiagem-geada-estiagem até o final do ano com fortes declínios da temperatura nos estados do sul e sudeste associados ao avanço da massa polar, intercalados por períodos excepcionalmente quentes (notadamente durante o mês de agosto) associados à ação do anticiclone tropical marítimo (final de agosto e início de setembro).

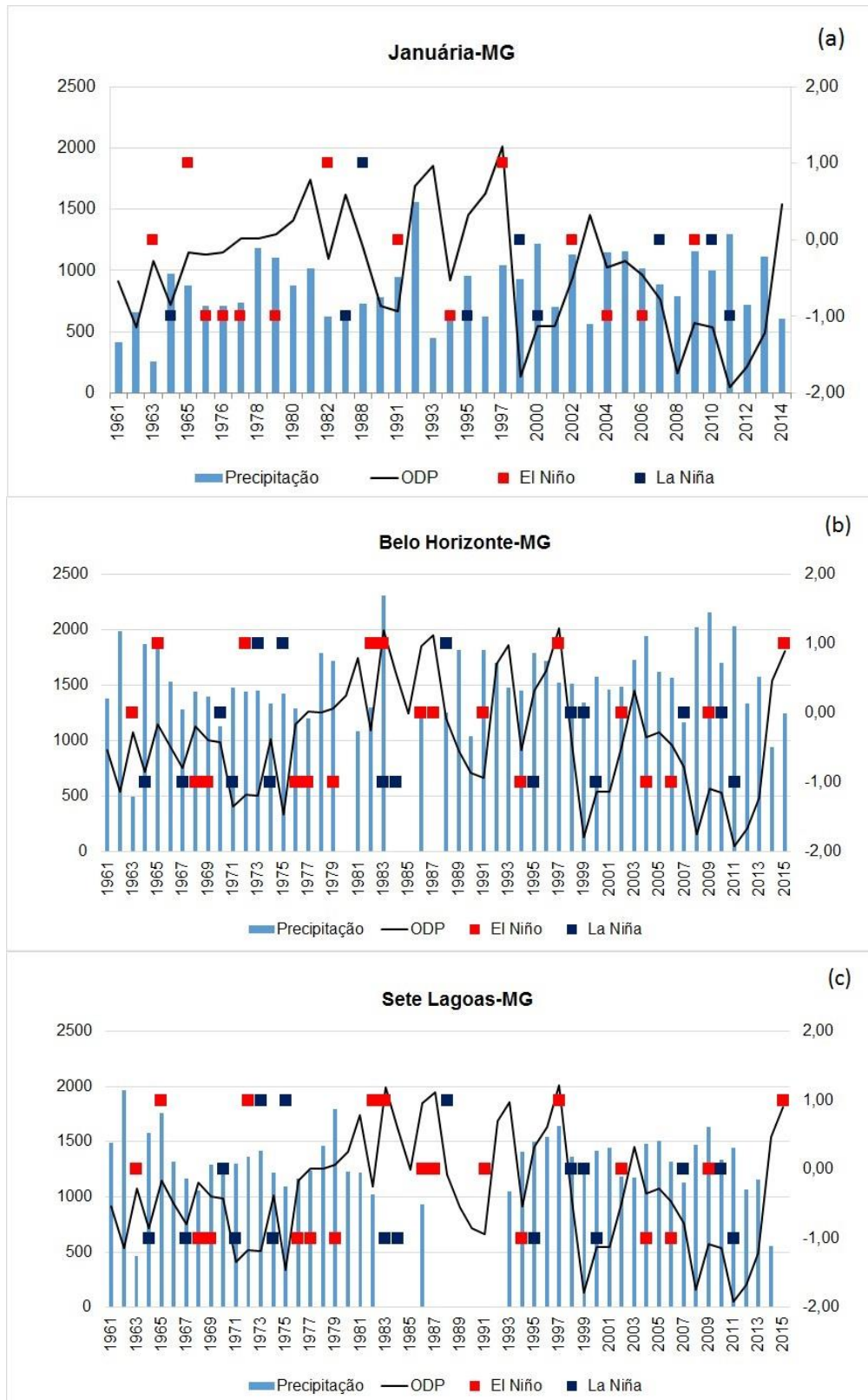


Figura 8. Variação da ODP e ocorrência de eventos El Niño/La Niña (EN/LN) relacionados à distribuição temporal das chuvas em Januária (a), Belo Horizonte (b) e Sete Lagoas (c) no período de 1961-2014. Intensidade EN-LN: Fraco (-1); Moderado (0); Forte (1). Fonte: dados obtidos do NOAA (2015) e GG Weather (2015).

A análise dos dados aponta relativa tendência de menor precipitação durante as fases frias da ODP. Entretanto, em função do elevado grau de complexidade da dinâmica climática na região, uma vez que a mesma se encontra em faixa de transição climática para o semiárido e da grande quantidade de falhas apresentadas pela série histórica disponível, é difícil afirmar que haja valor consistente de tendência na variação desse atributo.

A relativa irregularidade na distribuição das chuvas deve-se à presença de fatores atmosféricos dinâmicos presentes na região, sujeitos a variações em sua trajetória e intensidade ao longo do tempo, como a atuação de frentes frias, linhas de instabilidades, zonas de convergência de umidade (ZCOU e ZCAS) e convecção tropical. Nos períodos mais secos, a intensidade e frequência de atuação de sistemas de alta pressão, notadamente a ação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), cuja subsidência do ar, reforçada pela atuação conjunta com a Célula de Walker, dificulta a ocorrência de precipitações.

Outro fato que chama a atenção refere-se ao desvio negativo das chuvas que afetou as três localidades no ano de 2014. Embora tenha sido gerado por fatores naturais associados à dinâmica das massas de ar, o mesmo desencadeou impactos significativos sobre as organizações antrópicas, principalmente no sudeste brasileiro.

Como pode ser observado no gráfico do acumulado de chuvas para Belo Horizonte (Figura 2) para os anos de 1962 (1984,9 mm), 1963 (497 mm), 1970 (1129 mm), 1981 (1084,2 mm), 1983 (2307 mm), 1990 (1039,6 mm), 2004 (1936,8 mm), 2008 (2024,7 mm), 2009 (2151,5 mm) e 2011 (2026,2 mm) os desvios em relação à média são notáveis, superando os 2000 mm em alguns casos e colocando-se abaixo de 500 mm em outra situação.

Essas variações fazem parte da dinâmica climática natural, cujos controles colocam-se muito acima da capacidade humana de intervenção. Por outro lado pode-se investir em alternativas que viabilizem a absorção do impacto gerado (diversificação do parque produtor de energia, captação de água de chuva, preservação de áreas de recarga de aquíferos, utilização de elementos naturais para iluminação e climatização de ambientes etc.).

Conclusões

A técnica estatística do *Box Plot* é interessante sob vários aspectos, uma vez que permite identificar padrões de anos secos e chuvosos e aqueles próximos à média (incluindo os extremos) a partir de critérios relacionados ao estabelecimento das medianas (evitando a contaminação pelos valores extremos) e não pela definição de patamares puramente arbitrários. No entanto, essa técnica pode ser potencializada quando utilizada em conjunto com outras ferramentas e/ou informações, caso dos gráficos representativos dos desvios, tendências e correlações, climogramas etc.

Uma limitação dessa ferramenta refere-se à relativa dificuldade na decodificação do produto (gráfico) gerado. Estritamente do ponto de vista das representações gráficas, um gráfico, bem como quaisquer outras formas de representação gráfico-cartográfica, como os croquis, mapas, diagramas etc., é para ser “visto” e não “lido”. Isso resulta da grande quantidade e complexidade da informação encerrada nesse tipo de representação que, por sua vez, exige do usuário conhecimentos significativos da área de climatologia, assim como treinamento na leitura dessa forma de representação.

No entanto os dados gerados a partir da técnica do *Box Plot* podem auxiliar no planejamento das atividades humanas que dependem direta ou indiretamente das chuvas, como a agricultura e a produção de energia, podendo se constituir em importante ferramenta no estudo da variabilidade das chuvas.

Em relação à análise a partir dos produtos gerados, apesar do maior valor dos desvios negativos, tanto em Belo Horizonte quanto Januária, não é correto deduzir que as chuvas estão diminuindo, uma vez que a série temporal de dados utilizada abarca duas fases frias da ODP, entre 1961 e 1977 (com início em 1945) e após 1998 até 2014 (essa fase prossegue atualmente), e uma fase quente, entre 1977 e 1998. De acordo com dados dos desvios em relação aos totais anuais de chuva, na fase fria verifica-se tendência de redução dos totais de chuva, enquanto na fase quente a tendência é de elevação. Portanto, dentro da série analisada, há mais anos com tendência à redução das chuvas (33 anos) do que com tendência ao aumento (17 anos).

A tendência de elevação das chuvas e temperaturas no período entre 1977 e 1998 foi interpretada de forma errônea como aquecimento global relacionado à atividade antrópica. E, mesmo tendo sido detectada em várias localidades do Brasil e do mundo, essa variação é desigual

espacial e temporalmente e não afeta todos os elementos climáticos como demonstram Vianello et al. (2008) para diversas localidades no estado de Minas Gerais.

Agradecimentos

Ao Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da UFMG pelo apoio logístico para deslocamentos e de infraestrutura laboratorial e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, através de Projeto APQ-03773-14 Sustentabilidade da bacia do Rio Pandeiros-MG.

Referências

- Berlato, M.A., Fontana, D.C., 2003. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul. Aplicações e previsões climáticas na agricultura. editora da UFRGS, Porto Alegre.
- Britto, F.P., Barletta, R., Mendonça, M., 2006. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Climatologia 2, 35-51.
- Carvalho, L.M.V., Jones, C., 2009. Zona de convergência do Atlântico Sul, in: Cavalcanti, I.F.A., Ferreira, N.J., Silva, M.G.A.J., Dias, M.A.F.S. (Org.), Tempo e Clima. Oficina de textos, São Paulo.
- Conti, J.B., 2001. Resgatando a “fisiologia da paisagem”. Revista do Departamento de Geografia 14, 59-68.
- DNMET. Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. Normas Climatológicas (1961-1990). Brasília.
- Euclides, A.C.P., Fonseca, C.O., 2013. Áreas protegidas em Belo Horizonte (MG): levantamento e reflexões. Seminário Brasileiro sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social, Belo Horizonte.
- Galvani, E., Luchiari, A., 2012. Critérios para a classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido, in: Galvani, E., Lima, N.G.B. (Orgs.), Climatologia Aplicada: resgate aos estudos de caso. CRV, Curitiba.
- GG Weather, 2015. Disponível: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso: 16 ago. 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. Cidades. Disponível: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=310620>. Acesso: 10 jun. 2015.
- INMET. Instituto nacional de Meteorologia, 2015. Disponível: www.inmet.gov.br. Acesso: 16 ago. 2015.
- Jardim, C.H.A., 2015. "Crise hídrica" no sudeste do Brasil: aspectos climáticos e repercussões ambientais. Tamoios 11, 67-83.
- Mendonça, F., Danni-Oliveira, I.M., 2007. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. Oficina de Texto, São Paulo.
- Molion, L.C.B., 2005. Aquecimento Global. El Niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do Pacífico. Climanalise 3, 1-5.
- Monteiro, C.A.F., 1971. Análise rítmica em climatologia. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Climatologia 1, 1-21.
- Monteiro, C.A.F., 1999. O estudo geográfico do clima. Florianópolis. (Cadernos Geográficos, 1).
- Nimer, E., 1989. Climatologia do Brasil. 2. ed. IBGE, Rio de Janeiro.
- NIST/SEMATECH. National Institute of Standards and Technology, 2016. e-Handbook of Statistical Methods. Disponível: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/boxplot.htm>. Acesso: 6 nov. 2016.
- Nogueira, M., 1999. A autonomia de uma cidade média: Sete Lagoas-MG. Geografia 24, 85-104.
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015. Disponível: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/pdo>. Acesso: 16 ago. 2015.
- Nunes, L.H., Vicente, A.K., Candido, D.H., 2009. Clima da região sudeste do Brasil, in: Cavalcanti, I.F.A., Ferreira, N.J., Silva, M.G.A.J., Dias, M.A.F.S. (Org.), Tempo e clima. Oficina de textos, São Paulo.
- Ribeiro, A.G., 1993. As escalas do clima. Boletim de Geografia Teórica 23, 288-294.
- Ribeiro, A.G., 1984. Seca, geadas e incêndios no ano de 1963. Uma catástrofe no Paraná e a memória dos universitários de Maringá, vinte anos depois. Boletim de Geografia UEM 2, 24-30.
- Roseguini, W.F.F., 2007. Ocorrência de eventos climáticos extremos e sua repercussão sócio-ambiental no litoral norte paulista. Dissertação (Mestrado). Presidente Prudente, UNESP.
- Sant’Anna Neto, J.M., 2003. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático. Terra Livre 1, 51-63.
- Sorre, M., 1934. Objeto e método da climatologia, in: Sorre, M. Traité de

Climatologie Biologique et Médicale. M. Piery Masson et Cie Éditeurs, Paris, pp.1-9.
Tarifa, J.R., 1994. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. Revista do Departamento de Geografia 8, 15-

27.
Vianello, R.L., Sediyaama, G.C., Fernandes, A.S., Gemiacki, L., 2008. Variabilidades climáticas e seus impactos na agricultura de Minas Gerais. Informe Agropecuário 29, 19-36.