

“Médias” e “desvios” na análise geográfico-climatológica: o episódio de chuva concentrada do dia 23 de novembro de 2010 e o veranico de janeiro/fevereiro de 2011 em Belo Horizonte - MG.

Carlos Henrique Jardim
Professor Adjunto do Departamento de Geografia do IGC/UFMG

Resumo

A compreensão de um fato climático sob a perspectiva geográfica exige que se reconheçam alguns aspectos: a gênese (origem, causa) do fenômeno, interação com os componentes do meio (relevo, uso da terra etc.) e sua repercussão sobre as organizações espaciais terrestres (ecossistemas florestais, áreas agrícolas, cidades etc.). Com o objetivo de demonstrar essa relação elaborou-se um breve resgate teórico ao redor do significado do conceito “clima”, considerando as variações da chuva em Belo Horizonte - MG, a partir do episódio de chuva intensa do dia 23 de novembro de 2010 (147 mm de chuva) e o episódio de veranico entre janeiro e fevereiro de 2011. Isso exigiu, primeiramente, um resgate junto à literatura especializada, a análise de série histórica de chuva em Belo Horizonte, assim como a caracterização dos eventos em destaque. Os resultados mostraram que os desvios nas variações dos elementos climáticos fazem parte da variabilidade natural do clima. Entretanto, a repercussão negativa desses eventos ocorre devido a intervenções não ajustadas às características ambientais como alterações no perfil hidrológico dos rios, modificações nas características das vertentes, quase ausência de áreas verdes, serviços de limpeza urbana ineficiente.

Palavras-chave: eventos extremos, variabilidade climática, impacto ambiental.

Abstract:

The understanding of a fact from the perspective geographic climate demands that we recognize some aspects: the genesis (origin, cause) of the phenomenon, interaction with environmental components (topography, land use etc.) and its impact on organizations spatial land (forest ecosystems, agricultural areas, towns etc.). Aiming to demonstrate this relationship developed into a brief theoretical ransom around the meaning of the term “climate”, considering the variations of rain in Belo Horizonte - MG, from the episode of intense rainfall on 23 November 2010 (147 mm rainfall) and the episode “veranico” between January and February 2011. This required, first, a rescue by the literature, the analysis of time series of rainfall in Belo Horizonte, as well as the characterization of the events featured. The results showed that the deviations in the variations of climatic elements are part of natural climate variability. However, the negative impact of these events occurs due to interventions unadjusted environmental characteristics such as changes in the profile of rivers hydrological changes to the characteristics of the strands, almost no green areas, urban cleaning services inefficient.

Key-words: extreme events, climate variability, environmental impact.

Recebido 08/2012
Aprovado 08/2012

cjardim@yahoo.com

Introdução

Na segunda metade da década de 1990 e início dos anos 2000, quando veio à tona de forma contundente uma série de informações desconstruídas sobre mudanças climáticas, reforçado pelo setor da mídia sensacionalista, algumas ONGs, pesquisadores incautos e políticos que fazem do tema palanque eleitoral, rompeu-se, de certa forma, com vários estudos até então produzidos, que enfatizavam a correta distinção da escala de grandeza dos fenômenos climáticos, cuja importância reside no dimensionamento dos fatores de causa e dos problemas associados (e, portanto, na definição de prioridades).

Isso significa, também, diferenciar o que é problema para uma localidade de clima tropical úmido do que é problema para outra localidade situada em clima temperado continental com inverno seco, assim como diferenciar aquilo que afeta uma cidade daquilo que repercute sobre áreas mais amplas, como o período de estiagem no semi-árido nordestino. Localidades e problemas diversos exigem abordagens diferenciadas. À primeira vista isso pode não parecer uma questão relevante, mas quando surgem notícias relacionadas ao suposto aquecimento global utilizando-se metodologias e dados coletados em microescala, é sinal de que a compreensão ao redor de determinados conceitos é incompleta.

Nesse sentido o objetivo deste artigo foi resgatar aspectos do significado geográfico do conceito de “clima”, considerando a importância da “escala geográfica” de análise, assim como a variação dos elementos climáticos, dada pelas “médias” e “desvios” em sua evolução temporal. Além de breve resgate teórico utilizou-se, para isso, de dois exemplos de eventos de natureza atípica cuja sede envolveu a capital mineira: o episódio horário de chuva intensa do dia 23 de novembro de 2010, quando foram registrados 147 mm entre zero e sete horas, quando a média desse mês segundo as Normas Climatológicas 1961-1990 registra 241,6 mm, e aquele referente ao intervalo de tempo de mais de 30 dias sem chuva, em período habitualmente chuvoso, denominado de “veranico”, entre janeiro e fevereiro de 2011.

Não há clara definição do que seja um evento de natureza “extrema” ou “atípica” (extremos de chuva, precipitação de granizo, ocorrência de tornados, seca em períodos habitualmente chuvosos etc.), uma vez que este se reveste de múltiplas facetas, condizente com a sua frequência, com as características da região ou local de sua ocorrência (existem áreas mais ou menos susceptíveis aos diversos tipos de processos e impactos) e o fato do ser humano tomar ele próprio como “referencial de medida” dos impactos, ou seja, se ele e/ou o produto resultante da sua ação sobre a natureza são afetados negativamente pelo clima, o evento é qualificado como “impacto”. Não sendo considerado “impacto” em caso contrário. A ocorrência de eventos dessa natureza no interior de áreas desabitadas ou escassamente povoadas, como áreas oceânicas, regiões polares, desertos, biomas florestais tropicais etc., pouco ou nada afetam a vida das pessoas, embora tragam transformações importantes sobre diversos outros aspectos desses ambientes.

Dentre a diversidade de eventos e fenômenos climáticos, a estiagem (donde se enquadram os “veranicos”) é caracterizada por breve período de seca (variando de alguns dias a algumas semanas) em estação habitualmente chuvosa. O veranico em áreas tropicais do centro-sul do Brasil é acompanhado por elevados valores de temperatura (normalmente em seqüências de dias com temperaturas máximas superiores a 25,0°C) e baixa umidade relativa do ar (às vezes atingindo valores críticos, iguais ou inferiores a 30%). Conforme citação de Cupolillo et al. (2002, p.287),

apoiado em diversos autores, nota-se que não há clara definição em relação aos totais de chuva e o intervalo de tempo abrangido na definição de veranico: [...] “Alguns autores consideram como veranico os períodos de precipitação pluviométrica inferior a 3,0 mm (CASTRO NETO e VILLELLA, 1986), outros inferior a 1,0 mm ou simplesmente zero (ASSAD e SANO, 1993). SILVA et al. (1981) consideram períodos de 7 dias com precipitação inferior a 5,0 mm.” [...].

Esse evento assume natureza e características diferenciadas podendo ser classificado em três tipos principais de acordo com Kobiyama et al. (2006) citando Campos (1997): (1) seca climatológica, quando a pluviosidade é baixa em relação às normais da área, (2) seca hidrológica, quando a deficiência ocorre nos estoques de água dos rios e açudes e (3) seca edáfica quando é constatado um déficit de umidade no solo.

Em relação aos eventos extremos, no que diz respeito ao impacto das chuvas, há tendência em caracterizá-los como elevados totais de precipitação em curto intervalo de tempo. Entretanto, não é possível definir um patamar mínimo para que este se constitua num evento desse tipo, uma vez que bastam, por exemplo, o acúmulo de 30 mm de chuva em poucos minutos para resultar em pontos de alagamento e formação de “corredeiras” pelas vias públicas de inúmeras cidades brasileiras. Conforme Roseghini (2007, p.25) citando Silva Batista e Sant’Anna Neto (2005) [...] “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” [...]. Acrescenta ainda que: [...] “se o espaço pode ser consumido por agentes sociais desiguais, a produção dos mesmos também se dará de forma desigual” [...]. Por outras palavras, a definição de um evento extremo depende da articulação entre os mecanismos atmosféricos e o espaço onde se dá a sua repercussão. Dependendo das características desse espaço, um dado evento tanto pode ser atenuado quando intensificado.

Deve-se frisar que eventos dessa natureza sempre ocorreram e a análise de séries históricas de dados meteorológicos, em seqüência de vários anos, mostra claramente isso, constituindo-se erro grave atribuir ao clima as características de um sistema simples e regular, condizente, muitas vezes, com a forma de conceber a natureza. René Descartes, no século XVII, deixou claro que a observação da natureza deve inspirar o pensamento e não o contrário, ou seja, idealizar e depois tentar encaixar a natureza naquilo que foi pensado. É evidente que esse tipo de atitude é falha e requer “ajustes” que, na maior parte das vezes, implicam na supressão de tudo aquilo que não pode ser explicado.

Além disso, muito poucas estações no Brasil e pelo mundo afora possuem séries históricas com registros suficientemente longos dos atributos atmosféricos (superiores há 80, 100 anos ou mais) dificultando o estabelecimento de relações com eventos de maior amplitude temporal. O que se pode verificar a partir dessa fonte documental são fenômenos cuja recorrência esteja dentro do período abrangido pela dada série temporal, não autorizando extrapolações para outras localidades e, menos ainda, para períodos vindouros.

Procedimentos metodológicos

Como se trata de um resgate ao redor de determinados conceitos e sua aplicação à compreensão de dois eventos climáticos diferentes, a metodologia exigiu breve revisão teórica ao redor do assunto, assim como dados relativos à causa e características dos eventos utilizados como exemplo. Nesse sentido foram levadas em consideração as condições sinóticas na ocasião dos eventos, dados oriundos de estações meteorológicas, bem como das características de superfície (relevo, uso da terra etc.).

Os dados meteorológicos registrados na ocasião dos eventos (chuva, temperatura, umidade relativa do ar e ventos) foram obtidos através do INMET (www.inmet.gov.br): estação convencional (Av. do Contorno – área central – 19,93°S e 43,93°W – altitude: 915 m) e estação automática (Pampulha, sediada no campus da UFMG, norte no município – 19,88°S e 43,97°W – altitude: 869 m). Utilizou-se, também, de dados obtidos junto à Agência Nacional de Águas (www.ana.gov.br) da estação do Instituto Agrônomo, série de 1941-1970 (Belo Horizonte – 19°55'S e 43°54'W – altitude 850 m). Embora haja dados de outras estações pluviométricas disponibilizados por essa mesma instituição, abrangendo, inclusive, maiores períodos de tempo como a estação Caixa de Areia (série temporal de 1941-2011; localização: 19°56'42"S e 43°54'45"W), a sua localização no sopé da Serra do Curral em cota altimétrica de 950 m, traduz significativa influência do relevo, como totais médios anuais superiores a 1700 mm. Não foram utilizados, também, os dados da estação da Carlos Prates já que abrange curto intervalo de tempo (série de 1941-1957; localização: 19°54'43"S e 43°57'28"W; altitude de 915 m), período este incluso na série temporal da estação do Instituto Agrônomo.

Deve-se esclarecer que os dados da referida estação (Instituto Agrônomo) foram utilizados aqui com o propósito de oferecer um quadro geral e simplificado do regime pluvial de Belo Horizonte e como referencial para efeito de comparação com os dados dos eventos analisados. A caracterização pormenorizada da dinâmica local da chuva, que não é o propósito deste artigo, requereria a apreciação de dados oriundos de inúmeras estações meteorológicas, além de séries temporais mais extensas.

A configuração dos sistemas atmosféricos durante os eventos exigiu a interpretação de imagens de satélite meteorológico (nas faixas do infravermelho e visível) e cartas sinóticas de superfície e de altitude obtidas nos sítios do Instituto de Pesquisas Espaciais (www.cptec.inpe.br) e da Marinha do Brasil (www.mar.mil.br), além de consultas aos boletins meteorológicos emitidos na ocasião dos eventos. Para a nefanálise considerou-se a forma, a textura e padrão da nebulosidade, em consonância com elementos obtidos das cartas sinóticas (localização e intensidade dos campos de pressão, bem como aspectos inferidos a partir da sua configuração, como a dinâmica e articulação dos centros ciclônicos e anticiclônicos). Esses dados foram importantes na caracterização dos sistemas atmosféricos na ocasião dos eventos.

Foram verificadas, também, fontes de natureza midiática (mídia eletrônica, falada e impressa). Embora esse tipo de documento não traduza de maneira científica determinados fatos (já que essa é atribuição das instituições científicas e não, necessariamente, dos órgãos de imprensa), esse material mostrou-se útil, principalmente na localização, enquadramento temporal e descrição dos impactos.

Uma vez caracterizados os eventos, buscou-se recursos teóricos em bibliografia e material cartográfico de natureza diversa (geomorfologia, pedologia, geologia, uso da terra etc.) a fim de explicar a causa e os impactos produzidos. Metodologia semelhante, na qual são correlacionadas várias características do meio a fim de produzir estudos diagnósticos, foi empregada por Beltrame (1994) na

bacia hidrográfica do Rio Cedro em Santa Catarina e Conti (2001) ao discutir a causa e impacto das chuvas em localidades do sul de Minas Gerais. Embora a causa dos eventos climáticos em análise guarde estreita relação com componentes de circulação do ar em mesoescala, a sua repercussão em superfície (impacto) assume caráter pontual (microescala), sendo fortemente influenciado por fatores geográficos de superfície (daí a necessidade em se compreender as características desses fatores e sua articulação com os componentes atmosféricos).

Breve resgate teórico

Uma das peculiaridades em se estudar o clima sob a perspectiva da geografia, reside na tentativa em compreendê-lo a partir da interação da atmosfera com os diferentes subsistemas terrestres (relevo, vegetação, áreas urbanas e agrícolas etc.). Por outras palavras, mais do que meio propício ao insumo energético, a atmosfera é sede e produto de múltiplas interações, realidade já considerada por Sorre (1934, p.3) ainda na primeira metade do século XX em relação aos estudos climáticos: [...] “a temperatura, a pressão, o estado elétrico, etc., só podem ser isolados por um artifício de análise. A noção de tempo, e por conseqüência, a noção de clima, são noções sintéticas” [...]. Por outras palavras, embora os atributos climáticos sejam passíveis de quantificação, não se trata apenas de manipular números a partir de determinadas funções e/ou espacializar essas informações, mas, principalmente, em compreender as interações nesse sistema.

Esse mesmo autor colocava que a “média” (totais médios de chuva, temperatura média mensal, anual etc.) trata-se, antes de tudo, de uma abstração matemática e que a realidade climática de uma dada região ou localidade vai muito além desse tipo de consideração. É evidente que a utilização desse recurso estatístico, por si só, ajuda na descrição de parte das características de um clima, principalmente quando se trabalha com longas séries temporais, mas, ao mesmo tempo, mostra-se insuficiente para descrever a totalidade das interações ao não considerar os “desvios” em relação às “médias”. Embora a recorrência desses eventos seja baixa (e por isso mesmo seja qualificado como “desvio”), são esses mesmos eventos, conforme argumentava o referido autor, que mais trazem prejuízos à sociedade, tanto na forma de perdas de vida quanto de danos materiais.

A utilização do termo “habitual” pelo autor (Idem, p.3), ou seja, a compreensão de clima enquanto [...] “à série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual” [...], embora, a primeira vista pareça se aproximar do significado de “média climatológica” assume significado radicalmente diferente, pois inclui os “desvios”. Por outras palavras [...] “em cada instante dado e em cada ponto do globo, a atmosfera é uma combinação singular que tem muito pouca chance de se reproduzir de uma maneira perfeitamente idêntica” [...].

Ainda dentro do contexto da definição de clima esboçada por Sorre (1934), há que se distinguir o conceito de “tempo” (estado atmosférico ou tipos de tempo) daquele de “clima”. O primeiro refere-se às condições momentâneas da atmosfera e o segundo é definido na medida em que os “tipos de tempo” se sucedem no tempo cronológico e no espaço. Daí decorre a noção de “habitual”, ou seja, de “sucessão” e “encadeamento” dos tipos de tempo, resultado da repercussão espacial dos sistemas atmosféricos sobre espaços de dimensão local da superfície terrestre. Um dia marcado por temperaturas elevadas, superiores a 30°C, céu despojado de nuvens e umidade relativa do ar inferior a 40% não define um clima do tipo “tropical continental alternadamente seco e úmido” como ocorre em Cuiabá. Embora seja esta uma situação recorrente no trimestre de inverno para essa localidade,

trata-se de uma condição que se pode verificar a qualquer momento em várias outras localidades pelo mundo afora. Logo, não é possível definir “tempo meteorológico” sem mencionar o sistema atmosférico associado. Podem ser interpretadas condições de “tempo bom” sob a ação de vários sistemas atmosféricos: o Sistema Polar Atlântico propicia essa situação à medida que mantém as condições de estabilidade e perde paulatinamente as características de massa polar. O mesmo pode-se dizer do Sistema Tropical Atlântico e do Sistema Tropical Continental.

Isso não significa, também, que seja preciso acumular 30 anos de dados meteorológicos, conforme aponta a WMO (World Meteorological Organization), como tempo mínimo para caracterizar o clima de uma região ou localidade ou mesmo impor um limite rígido de escala, como fez Geiger (1961) ao restringir os microclimas aos dois primeiros metros acima da superfície. É evidente que quanto mais longa a série de registros climáticos, tanto mais próximo da realidade climática estará o pesquisador. Por outro lado, bastam algumas horas, ou mesmo alguns dias distribuídos durante as diferentes estações do ano, para se compreender o desenvolvimento de inúmeros eventos micro ou topoclimáticos. Por outras palavras, a definição de clima está intrinsecamente ligada à definição de escala do objeto de estudo geográfico/climatológico.

Conti (2000, p.19), ao tratar dos inúmeros significados que assumem as variações do clima, argumenta que [...] “As alterações no comportamento atmosférico de um ano para outro não significam, necessariamente, variação de clima. É imprescindível que se produzam em uma seqüência considerável de anos para definir uma tendência estatística indicadora de alteração” [...] “resultado de um processo complexo envolvendo atmosfera, oceano, superfícies sólidas (vegetadas ou não), neve e gelo, apresentando enorme variabilidade no espaço e no tempo” [...]. E acrescenta que (Idem, p.20) [...] “os mecanismos responsáveis pelas alterações climáticas são numerosas e de respostas ainda não inteiramente satisfatórias. Podem ocorrer de forma muito variada e em diferentes escalas, pois a atmosfera é um sistema termodinâmico que pode oscilar de um volume microscópico ao planetário e desde um tempo muito breve (segundos) a muito longo (milênios)” [...].

Esse ponto de vista foi recuperado por Sant’Anna Neto (2003) em artigo intitulado “Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático”. Um aspecto interessante que cabe ressaltar e explica por que um mesmo evento e/ou fenômeno climático de abrangência regional ou local produz impactos pontuais diferenciados se dá pelo fato, como aponta o autor (Idem, p.58), de que a [...] “repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre se dá num território transformado e produzido pela sociedade de maneira desigual e apropriado segundo os interesses dos agentes sociais” [...] o que, por sua vez, produz [...] “diferentes efeitos em função da capacidade (ou possibilidade) que os diversos grupos sociais têm para defenderem-se de suas ações” [...] (Idem, p.60).

A fim de relacionar as considerações dadas pelos autores citados anteriormente, há necessidade de retroceder novamente no tempo e recuperar o significado atribuído ao clima por Sorre (1934) a partir do trabalho de Monteiro (1971), com a proposição do método de análise climatológica “análise rítmica”, cuja finalidade repousa na tentativa de integração escalar (espacial e temporal) do fato geográfico/climatológico:

[...] o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo [...] (Idem, p.09) [...] Só a análise rítmica detalhada ao nível de “tempo”, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região [...] (Idem, p.12) Na análise rítmica as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissoluvelmente ligadas à gênese ou qualidade dos mesmos e os parâmetros resultantes desta análise devem ser considerados levando em conta a posição no espaço geográfico em que se define [...] (Idem, p.13).

A partir dos enunciados acima, fica clara que (1) a gênese (causa, origem) dos diversos fenômenos e eventos climáticos deve ser buscada nos níveis escalares imediatamente acima, de maior amplitude espacial e temporal, (2) existe articulação entre os objetos nos diferentes níveis escalares (hierarquia) e (3) a “expressão quantitativa” da variação dos elementos do clima e de aspectos da sua repercussão sobre o meio (impacto) descreve a dimensão do problema e, portanto, do estabelecimento de prioridades ao se pensar na sua resolução.

A base sobre a qual gestava a “análise rítmica” remonta trabalhos anteriores desse autor (MONTEIRO, 1969) ao considerar como os tipos de tempo se articulam e se sucedem no decorrer das diferentes estações do ano quando discute a gênese e repercussão das chuvas associados à ação da frente polar no sudeste do Brasil.

Isso é demonstrado pelo papel da Frente Polar Atlântica na gênese das precipitações na fachada sul-oriental do Brasil (eixo Porto Alegre - Florianópolis - Curitiba - São Paulo - Rio de Janeiro - Caravelas). Os ritmos de ação dos fluxos de invasões polares apresentaram uma acentuada diferença, implicando em variações nas distribuições das chuvas no espaço regional. No inverno de 1957, avanços sucessivos fizeram deslocar a ação da Frente Polar Atlântica para a altura do trópico, resultando em elevada pluviosidade no território paulista. No inverno de 63 a fraqueza dos avanços polares e, sobretudo, aos longos intervalos entre eles permitiram o domínio da Massa Tropical Atlântica, que respondeu por longos episódios de tempo estável, reduzindo sensivelmente as chuvas no território paulista, enquanto a Frente Polar Atlântica, recuada sobre Santa Catarina e Rio Grande do Sul, concentrava lá as precipitações.

Monteiro (1969) considera, também, dois níveis de abordagem: (1) nível de abordagem meteorológico, dado pela circulação atmosférica e individualização dos climas regionais, onde não se estabelece relações com os demais elementos do quadro geográfico; (2) o nível de abordagem geográfico é alcançado dado pela análise dos tipos de tempo em seqüência contínua, desde a análise comparativa de vários anos tomados como padrões da circulação de um continente, nas variações sazonais dentro de um ou alguns anos numa região, até a análise episódica de um fenômeno local.

Enquanto os climas regionais respondem pelo nível da “uniformização” e o nível microclimático ao da “especialização”, o clima local responde pela “individualização” dos espaços climáticos (MONTEIRO, 1999). Nesse sentido, é possível verificar o estabelecimento de um sistema atmosférico qualquer, sob uma ampla região e, no entanto, a partir dos dados colhidos junto às estações meteorológicas, verificarem-se diversos tipos de tempos, simultaneamente, representativos de diversas realidades climáticas locais. O avanço do eixo principal da Frente Polar Atlântica, simultaneamente

sobre a amplitude dos territórios dos estados do Mato Grosso do Sul e São Paulo, repercute de forma diferenciada nas diversas localidades: em algumas é notado apenas enquanto aumento da nebulosidade, em outras, por episódios de chuva leve e contínua e, em outras ainda, por copiosos aguaceiros seguidos de enchentes e inundação (isso não significa, necessariamente, que haja inundação, uma vez que há vários outros componentes envolvidos, como a topografia do leito do canal fluvial, uso da terra etc.).

Resultados

A concentração de chuvas em determinados meses do ano (notadamente o verão) é um traço comum às regiões de clima tropical, sendo os meses de inverno habitualmente secos. Esse caráter sazonal na distribuição das chuvas é fato bem marcado em grande parte do centro-oeste e parte do sudeste brasileiro, onde se inclui Minas Gerais. Embora comporte inúmeras variações, há progressiva supressão do período de seca no inverno da região nordeste em direção ao sul do país: tropical semi-árido do nordeste, marcado por prolongado período de seca e irregularidade na distribuição das chuvas; tropical sazonal no estado de Minas Gerais (alternância estacional na distribuição das chuvas); tropical úmido com sub-seca em São Paulo e Paraná (embora ocorra diminuição nos totais de chuva, não se define período de seca); e permanentemente úmido no Rio Grande do Sul (regime subtropical com totais de chuva bem distribuídos o ano todo).

De forma particular, as chuvas no território mineiro têm origem complexa e, de acordo com Nimer (1989), Vianello e Alves (1991) e Dias e Marengo (2002) deve ser buscada na ação dos sistemas frontais (Frente Polar Atlântica), no estabelecimento de linhas de instabilidade, na formação de sistemas convectivos associados à influência da massa equatorial continental e ao forte aquecimento basal das massas de ar (atividade convectiva), seguidas pelo estabelecimento ocasional (durante a primavera e principalmente no verão) da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), caracterizadas por vários dias seguidos de chuva. Deve-se acrescentar, conforme destaca Tarifa (1994), a participação do relevo como fator de causa e reforço no desenvolvimento de instabilidades (efeito orográfico), assumindo particular importância no estado de Minas Gerais (na verdade em quase todo o sudeste brasileiro, muito mais do que em qualquer outra região do país).

A análise de séries meteorológicas de vários anos indica desvios importantes na variação dos elementos climáticos. Conforme análise preliminar de Machado et al. (2012), se for fixado de forma arbitrária os totais de chuva iguais ou superiores a 100 mm num intervalo de 24 horas, conforme indicam os dados das estações Carlos Prates (1942-1957), Instituto Agrônomo (1941-1970) e Caixa de Areia (1941-2009), todas localizadas no município de Belo Horizonte, verifica-se a ocorrência de três eventos desse tipo na primeira estação, seis na segunda e quarenta e três na terceira.

A partir das considerações anteriores identificou-se como “desvio”, já que se tratou de um evento “atípico”, marcado por transtornos à vida do cidadão belo-horizontino, o episódio de chuva ocorrido em novembro de 2010 quando choveu ao redor de 400 mm durante o mês, em especial no dia 23/11 entre 00 e 07 horas, conforme dados da estação do INMET-Pampulha, cujo total assinalou 147 mm (o total médio para o mês de novembro, de acordo com as normais climatológicas de 1961-1990, indica 228 mm de chuva). Essa mesma estação registrou no mês de novembro 427,2 mm e a estação da Av. do Contorno 396,6 mm (nesta última, entre os dias 22 e 23/11, acumularam-se 106,3 mm).

A condição geral de instabilidade (figura 01) sobre grande parte do país naquela ocasião foi dada pela presença de núcleos térmicos de baixa pressão, estabelecimento de zona de convergência de umidade (ZCOU) e o desenvolvimento de Linhas de Instabilidade, principalmente sobre os estados de Goiás, Minas Gerais e sul da Bahia, assinaladas na carta sinótica de superfície do INPE (figura 01). Deve-se acrescentar, segundo informações do boletim meteorológico do INPE referente à análise da carta sinótica de altitude de 250 hPa (00Z do dia 23/11), a participação da corrente de jato (Jato Subtropical) cuja ondulação forçava a difluência do ar em altitude sobre essa ampla região, favorecendo a ascensão do ar de superfície e, conseqüentemente, reforçando os sistemas convectivos.

As chuvas que ocorreram na madrugada do dia 23/11 atingiram principalmente as bacias dos córregos Pampulha, Cachoeirinha e Ribeirão do Onça. Foi registrado nesse dia um caso de óbito (margens do córrego do Onça, na altura da Rua Cinquenta, no bairro Ouro Minas, na região da Pampulha), alagamentos em diversos pontos da cidade, principalmente na Avenida Cristiano Machado, e escorregamentos de solo (uma criança e dois adultos ficaram feridos depois que um barranco cedeu na manhã de terça-feira do dia 23/11 e atingiu uma casa no bairro Ouro Preto). Esse tipo de ocorrência foi registrado, também, no bairro Buritis no dia 26/11.

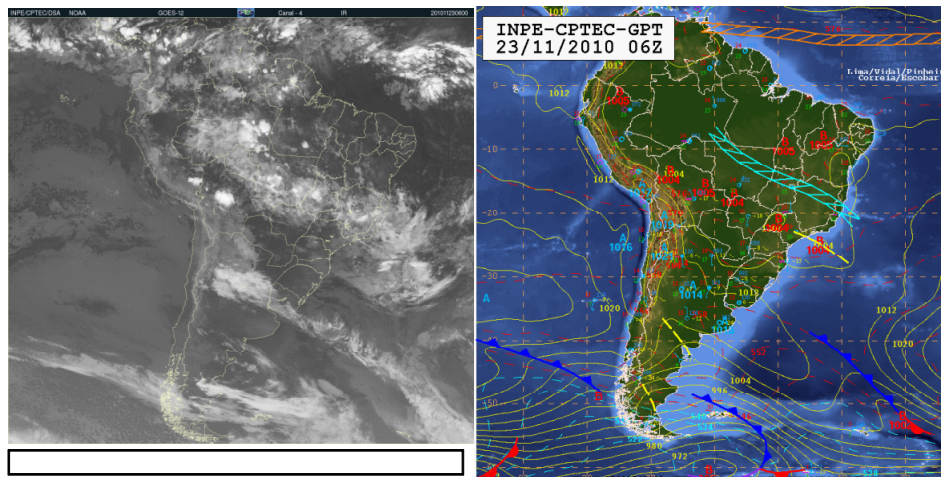
Em relação aos episódios de escorregamentos, o relevo de Belo Horizonte, caracterizado por colinas e pontuado por morros, associado a rochas do tipo gnaisses e filitos, sobre as quais se desenvolve espessa cobertura de solo e de rochas alteradas quimicamente (alterita, saprolito), típicas de regiões tropicais úmidas, somado a intervenções antrópicas mal conduzidas (cortes ao longo das vertentes, precariedade das edificações etc.) e do intenso impacto pluvial, seguida pela saturação e rompimento dos valores de poro-pressão-neutro-negativa do solo/saprolito, acaba por favorecer a ocorrência desse tipo de processo. Além desses aspectos, Parizzi et al. (2004) identificou em bairros de Belo Horizonte ausência de fundações em moradias precárias, construídas sobre material inconsolidado de origem coluvial e de depósitos de vertente (tálus), além de aterro e lixo, em taludes com declividades elevadas ($>30^\circ$), altamente susceptíveis à escorregamentos.

No que se refere à ocorrência de pontos de alagamentos na Av. Cristiano Machado deve-se assinalar a extensão dessa via (estende-se por aprox. 13 km, da área central para o norte da cidade, em direção ao Minas Caixa) e o fato de interceptar indistintamente, em vários pontos, juntamente com a malha urbana que a acompanha, o caminho preferencial de escoamento das águas superficiais, tanto em trechos sobre as planícies fluviais (córregos Arrudas, Cachoeirinha, Pampulha, Guarujá etc.), sujeitas a enchentes/inundações periódicas, quanto ao longo dos topos e encostas dos divisores dessas inúmeras bacias hidrográficas. A intensa impermeabilização da superfície nesse trecho da cidade, já que nenhuma área verde de dimensão significativa encontra-se nas proximidades imediata a essa avenida é outro fator que influencia tanto na maior disponibilidade quanto no incremento de velocidade de escoamento das águas superficiais em direção a essa via (as áreas verdes ocorrem, principalmente, na forma de pequenas praças e elementos pontuais arbóreos ao longo das vias de circulação de pedestres e veículos).

Em outra situação, de forma diferenciada, mas, ainda sim identificado como desvio nas variações dos elementos climáticos, o evento de veranico ocorrido entre janeiro e fevereiro de 2011 remonta outra faceta nas variações dos elementos climáticos e, diferentemente do exemplo anterior, de repercussão espacial não pontual, abrangendo múltiplos espaços à escala local e regional.

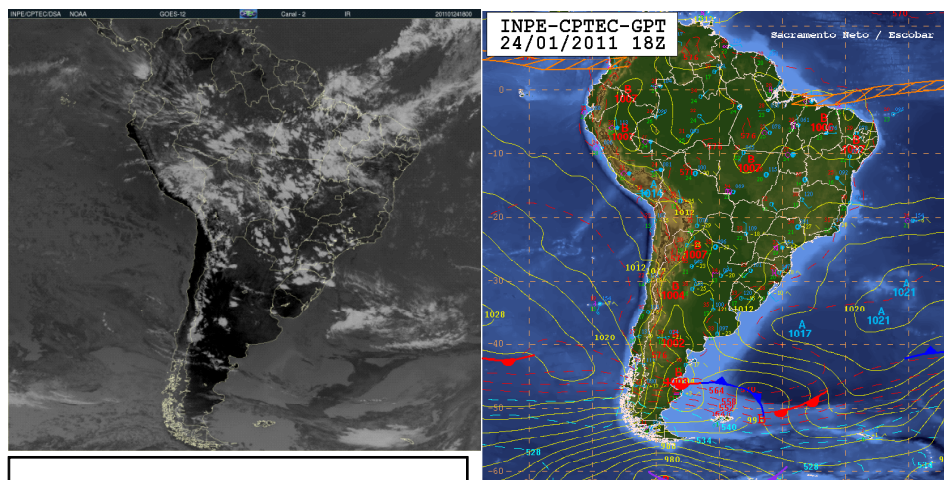
Quando se instalou o veranico em Belo Horizonte não houve registro de chuvas entre os dias 19/01 e 22/02/2011 (35 dias) conforme assinalam os dados da estação INMET Pampulha. De acordo com informações do Boletim Agrometeorológico Decendial (www.inmet.gov.br) para o período entre 21/01 a 28/02/2011, uma situação de bloqueio atmosférico manteve os sistemas frontais entre Santa Catarina e São Paulo (figura 02), que foram posteriormente desviados para o oceano, inibindo a atividade convectiva em quase toda região sudeste e parte da Bahia.

Figura 01 Imagem de satélite e carta sinótica do dia 23/11/2010, retratando aspectos da circulação atmosférica durante o episódio de chuva intensa



Fonte: <http://www.cptec.inpe.br/>

Figura 02. Imagem de satélite e carta sinótica do dia 24/01/2011 ilustrando situação representativa do veranico



Fonte: <http://www.cptec.inpe.br/>

Um exame das imagens de satélite e cartas sinóticas do período mostra a ação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (figura 02), propiciando situações com dias muito quentes, temperaturas habitualmente superiores a 30,0°C, pouca nebulosidade e ventos fracos. Esse mecanismo, como resultado da subsidência do ar, origina em superfície um campo de alta pressão, decorrente do “empilhamento” do ar em superfície, que dificulta a aproximação de outras massas de ar. Lembrar que a estrutura dinâmica dos anticiclones, segundo o Meteorological Office (1991), é marcada pela convergência horizontal do ar em altitude e divergência horizontal próximo à superfície. O processo de subsidência ou descida do ar em direção à superfície é acompanhado do aquecimento dinâmico do ar (processo adiabático), queda nos valores de umidade relativa e aumento da estabilidade estática do ar.

A recorrência desse tipo de evento, a partir de exame de séries temporais mostra meses habitualmente chuvosos com totais abaixo da média, que é indício da ocorrência de veranicos. Conforme dados da estação do Instituto Agrônômico (tabela 01), o mês de janeiro de 1953 registrou 35,8 mm e janeiro de 1956, 10,8 mm. Entre os meses de janeiro e fevereiro de 1953, houve períodos de uma a duas semanas sem chuva e, para o mesmo período no ano de 1956, houve intervalo de mais de 30 dias sem chuva. O mês de março de 1963 registrou apenas 2,6 mm no segundo dia desse mês. De acordo com as Normas Climatológicas 1961-1990, os meses de janeiro, fevereiro e março registram, respectivamente, 296,3 mm, 188,4 mm e 163,5 mm. Verifica-se, portanto, a recorrência desse tipo de evento.

Os impactos relacionados ao veranico envolvem perdas na agricultura, principalmente entre os pequenos agricultores que dependem quase inteiramente das condições de tempo. Carvalho et al. (2000), citando Espinoza et al. (1980) relata perdas para a cultura do milho entre 20 a 70% para as variedades mais resistentes ao déficit hídrico, com veranico ocorrendo na época de reprodução. As culturas de café e soja também são afetadas em Minas Gerais. Segundo Minuzzi et al. (2005) [...] “É nesta época que as culturas estão em pleno desenvolvimento, coincidindo com elevada demanda evaporativa da atmosfera e, portanto, alto consumo de água”.

Há que se destacar, também, problemas que afetam o desempenho humano decorrentes da elevada temperatura e baixa umidade do ar. Uma variação positiva de 5,0°C pode implicar, dependendo das condições iniciais de temperatura e de disponibilidade de umidade, na redução em 20% de umidade relativa do ar. O ar mais seco comporta maior quantidade de material particulado (interior de áreas florestais como a Amazônia verificou-se 300 partículas/m³; dias secos de inverno na capital paulista assinalam mais de 4500 partículas/m³) e, quando abaixo de 60%, pode provocar irritações na mucosa do nariz e faringe, além de favorecer a proliferação de formigas e cupins.

Tabela 01 Totais mensais e anuais de chuva em Belo Horizonte, destacando os "desvios" em relação à média.
Estação instituto agrônômico – Belo Horizonte

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	total/média
1941	338,9	105	136,6	165,8	69,6	0,6	64,6	0	98,3	86,9	164,9	301,7	1532,9
1942	319,1	105,1	197,8	190,7	14,6	5,2	0	0	97,1	196,3	275,1	433,4	1834,4
1943	453,3	243,7	260,2	30,7	4,3	26,4	12,9	52,6	38,9	124,9	164,6	377	1789,5
1944	201,2	221,7	295,6	70,2	1,7	0	0	1,8	2,8	132,3	183,8	301,6	1412,7
1945	548,3	126,8	366,3	150	13,8	27,5	0	2,5	32,4	252,3	276,6	437,5	2234
1946	134,2	74,1	179,1	138,2	7	1,7	6,6	0	50	32,9	308	156,5	1088,3
1947	241	172,8	266,4	14,5	18	1,6	7,5	59,4	33,1	126,8	176,6	458,3	1576
1948	79,4	274,6	136	6,8	5,4	0	0	0,5	15,2	87,4	260,4	564,7	1430,4
1949	472,6	400,9	49,2	74	5,4	24	0	0	0	93,2	182,8	557	1859,1
1950	170,4	116,2	168,2	42,1	0	0,6	0	0	26,7	102,9	358,8	218,4	1204,3
1951	233,4	265	214,1	26	2,8	2	0,2	0	4	48	58,1	204	1057,6
1952	475,9	270,7	339,8	60,8	0	12,8		6,6	20	105,9	228,8	216,6	1737,9
1953	35,8	193,7	211,1	100,5	1,2	0	0	12,4	44,8	226,8	218,3	363,1	1407,7
1954	70,2	247	81	59,7	51,3	1	0	0	0	50,8	199,6	247,1	1007,7
1955	376,8	92,7	34,8	90,8	53,4	18,8	0	0	0	187,9	212	486,2	1553,4
1956	10,8	134,6	241,2	31,6	58,4	65,8	15,4	0	8,4	69,7	133,8	543	1312,7
1957	254	292,2	123,4	175,4	90,4	0	0	0	90,4	36,4	317	458,4	1837,6
1958	269	148,2	57,6	92,8	27,8	0	50,4	0	74,4	176,6	171,4	198,8	1267
1959	201,7	58,4	169	0	0	0	0	0	13,9	142	200,2	196,2	981,4
1960	413,8	137,7	294,2	12,4	29	23,2	0,8	0	29,4	33,2	248,2	294,5	1516,4
1961	760,4	244	224,2	46,6	13,1	3,4	7,8	0	0	35,4	156,7	138,6	1630,2
1962	605,8	261,8	80,2	49,9	8,5	12,4	0	2	35,5	132,2	139,6	531,9	1859,8
1963	51,6	135,1	2,6	8	0	0	0	0	0	28	151,2	107	483,5
1964	355,6	339,1	71,4	25,3	28,8	25,6	61	1	2,4	249,2	297,4	410	1866,8
1965	312,3	428,8	219,2	25,9	22,8	0	9	50,7	59,2	437,7	200,6	189,3	1955,5
1966	483	179,4	126,3	13,3	49,9	0,6	2,5	0	26,8	129,7	147	369,5	1528
1967	248,6	216	171,9	32,5	0	6,4	2	0	5,4	52,6	289,4	271,1	1295,9
1968	217,5	231,9	74,4	106,3	27	0	0,4	30,4	20	186,1	234,5	275	1403,5
1969	314,8	131,3	63,3	40,6	20,6	35,9	8,7	17,2	33,7	207,9	278,4	204,7	1357,1
1970	256,6	103,6	13,3	53,6	1	4,2	15,5	29	58,4	195,1	182,2	200,6	1113,1
Média	296,9	198,4	162,3	64,5	20,9	10,0	8,8	8,9	30,7	132,2	213,9	323,7	1471,1

Fonte: www.ana.gov.br

Considerações finais

A partir da discussão desenvolvida foram tecidas considerações sobre a relação entre clima e impactos ambientais:

(1) A compreensão de fenômenos e/ou eventos climáticos diferenciados (temporal e espacialmente) exigem metodologias diferenciadas. A não observação desse aspecto pode levar a conclusões errôneas ao se tomar como indicador de mudanças em larga escala dados colhidos pontualmente (e vice versa).

O fato de cidades grandes espalhadas pelo mundo afora mostrarem elevação da temperatura ou tendência de mudanças no padrão de chuvas ao longo de vários anos não significa, necessariamente, que o clima em escala zonal ou global esteja se modificando, haja vista que tais mudanças guardam estreita relação com fatores à escala da própria cidade (sítio urbano, adensamento populacional, porte dos edifícios, serviços, quantidade de automóveis em circulação, propriedades térmicas dos materiais utilizados na construção civil etc.). Muitos eventos climáticos considerados como “provas” ou “evidências” do aquecimento global, como a ocorrência de tornados ou de geadas em áreas onde estes seriam (supostamente) escassos ou de períodos de secas em localidades habitualmente chuvosas, constituem-se em desvios em relação aos valores médios e estão inclusos nas características de clima de qualquer localidade espalhada pelo mundo, indicando a variabilidade natural desse sistema.

O ano de 1963, conforme mostra a tabela 01, pode ser considerado a “atípico” quando o total anual de chuvas em Belo Horizonte, dado pela estação do Instituto Agrônomo, registrou 483,5 mm. Entretanto, no ano anterior, em 1962, foram registrados 1859,8 mm e no ano seguinte, em 1964, 1866,8 mm, quando a média anual indicada pelas Normais Climatológicas (1961-1990) é de 1491,3 mm. Nota-se, portanto, que no intervalo de tempo imediatamente anterior e posterior a 1963, os totais situaram-se acima da média. Se por um lado a variabilidade do clima é fato, como demonstram os dados, bem como a recorrência de extremos de chuva e episódios de veranico, até que ponto a sociedade está suficientemente organizada para absorver esses diferentes tipos de impacto? Se aquele mesmo episódio de seca de 1963 se repetisse atualmente, como Belo Horizonte reagiria a isso? Se o emprego de artifícios tecnológicos é capaz de reduzir a dependência da sociedade em relação à natureza, o mesmo não se pode dizer em relação aos eventos extremos (“climate hazards”). Daí a necessidade de compreendê-los melhor.

(2) Se a gênese das condições de tempo e/ou de um dado evento climático é diversificada, a sua repercussão (ou impacto) sobre os diferentes ambientes também assume essa característica. Sobre os biomas florestais tropicais úmidos a ocorrência de episódios de chuva acima da média não traz grandes repercussões, constituindo-se, até certo ponto, em fato benéfico, já que esse sistema se estruturou ao longo do tempo evolutivo para absorver e conter o máximo possível de água (um simples teste com o infiltrômetro em solo florestal, comparado a áreas rurais nas proximidades, revela isso). Por outro lado, em áreas urbanas, impactos pluviais menos expressivos do que aqueles aqui descritos são, por vezes, suficientes para produzir enchentes/inundações e/ou pontos de alagamentos pela cidade.

Isso leva a pensar que, no caso de Belo Horizonte, seja mais importante considerar uma política de ampliação de áreas verdes, eficiência na limpeza urbana, melhoria no transporte público etc., do que alterar o plano diretor da cidade a fim de construir mais prédios e, conseqüentemente, satisfazer preferencialmente os anseios de um segmento da sociedade que são as grandes empreiteiras.

(3) Considerando que o clima é resultado da conjunção de diversos e diferentes fatores, desde o evento atmosférico, passando pela relação deste com componentes em superfície (relevo, uso da terra etc.), até aqueles referentes a decisões políticas no que diz respeito ao estabelecimento de prioridades (e, portanto, de destino do dinheiro público), a análise deve orientar-se no sentido de avaliá-los em conjunto.

Referências bibliográficas

- BELTRAME, A. da V. *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994.
- CARVALHO, D. F.; FARIA, R. A.; SOUSA, S. A. V.; BORGES, H. Q. *Espacialização do período de veranico para diferentes níveis de perda de produção na cultura do milho, na bacia do rio verde grande, MG*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, n.2, p.172-176, 2000.
- CONTI, J. B. *Considerações sobre mudanças climáticas globais*. In. SANT' ANNA NETO, J. I.; ZAVATINI, J. A. (Orgs.) *Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas*. Maringá: Eduem, 2000.
- CONTI, J. B. *Resgatando a "fisiologia da paisagem"*. Revista do Departamento de Geografia, n.14, p. 59-68, 2001.
- CUPOLILLO, F.; PRATES, J. E.; BRITES, R. S. *Espacialização de veranico em Minas Gerais – período de 1968 – 1988*. In. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002. Extraído de: < <http://www.cbmet.com/cbm-files/11-e483527f6dfd5679147c3.pdf>>. Acesso: out/2011.
- DIAS, P. L. S.; MARENGO, J. A. *Águas atmosféricas*. In. REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.) *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras Editora, 2002.
- GEIGER, R. *Manual de microclimatologia*. O clima da camada de ar junto ao solo. 4a. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961.
- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Florianópolis: Ed. Organic Trading, 2006.
- MACHADO, F. V. L.; MONTEIRO, H. C.; JARDIM, C. H. *gênese e repercussão espacial de episódios de veranico e eventos extremos de chuva em Belo Horizonte – MG*. In: XVII Encontro Nacional de Geógrafos, 2012, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: IGC-Depto. Geografia-UFMG. UFMG, 2012. 1 CD-Rom.
- METEOROLOGICAL OFFICE. *Meteorological Glossary*. 6.ed. Londres: HMSO, 1991.
- MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. M. N. *El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, n.3, 2005.
- MONTEIRO, C. A. F. *A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil)*. Tese de doutorado. IGEOG-USP, Série teses e monografias, n.01, 1969.
- MONTEIRO, C. A. F. *Análise rítmica em climatologia. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho*. Climatologia, São Paulo, n.01, p.1-21, 1971.
- MONTEIRO, C. A. F. *O estudo geográfico do clima*. Cadernos Geográficos, Florianópolis, n.1, 1999.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- PARIZZI, M. G.; SOBREIRA, F. G.; GALVÃO, T. C. B.; ELMIRO, M. A. T. *Chuvas e escorregamentos de taludes em Belo Horizonte, MG*. In. Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1, 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis, GEDN/UFSC, 2004. p.29-43. (CD-ROM).
- ROSEGUINI, W. F. F. *Ocorrência de eventos climáticos extremos e sua repercussão sócio-ambiental no litoral norte paulista*. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP, 2007.

SANT'ANNA NETO,
J. L. *Da complexidade física
do universo ao cotidiano
da sociedade: mudança,
variabilidade e ritmo
climático*. Terra Livre, São
Paulo, vol.1, n.20, p.51-
63, 2003.

SORRE, M. Objeto e
método da climatologia.
In: _____ *Traité de
Climatologie Biologique
et Médicale*. Tradução de
José Bueno Conti. Paris:
M. Piery Masson et Cie
Éditurs, 1934. v.1, p.1-9.
Original em francês.

TARIFA, J. R. *Alterações
climáticas resultantes
da ocupação agrícola
no Brasil*. Revista do
Departamento de
Geografia - USP, São
Paulo, n. 8, p. 15-27,
1994.

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