

A QUESTÃO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA

Uma reflexão crítica

Luci Hidalgo NUNES
Magda Adelaide LOMBARDO

RESUMO

O artigo discute a questão da variabilidade climática através da consideração de diversos artigos que de alguma forma são voltados a essa temática. Tais estudos foram elaborados de maneira não sistemática, à luz de diferentes propósitos, técnicas e áreas de abrangência. Conclui-se não haver consenso quanto à questão, de modo que o grande número de trabalhos voltados ao tema não vem contribuindo para uma estrutura comum que leve a um conhecimento amplo desse objeto.

ABSTRACT

The paper discusses the subject climatic variability as treated in a number of papers elaborated not systematically, which means they had different purposes, and used different techniques in different areas. Despite the number of papers, there is no consensus concerning climatic variability.

INTRODUÇÃO

Embora a variabilidade seja uma componente conhecida da dinâmica climática, seu impacto, mesmo dentro de limites esperados, pode ter reflexos significativos nas mais diversas atividades humanas, como agropecuária, indústria e produção de energia.

As sociedades e os recursos tecnológicos estão relativamente adaptados a um certo nível de variabilidade climática, além do qual as anomalias podem provocar profunda desestruturação no sistema ambiental e sócio-econômico. Segundo muitos cientistas, mudanças globais – notadamente climáticas – já estariam em curso, devido ao aumento da atividade industrial, que levou à maior concentração de gases de efeito estufa (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso) ao mesmo tempo em que o sistema ambiental, que dá o suporte à manutenção da vida no planeta, encontra-se profundamente desestruturado, devido à exploração insustentável dos recursos naturais. Como consequência, estariam ocorrendo mudanças no padrão de precipitação e ventos, esgotamento de vários

ecossistemas, desaparecimento de inúmeras espécies, redução de disponibilidade de água fresca e aumento do nível dos oceanos (THE NAIROBI DECLARATION ON CLIMATE CHANGE, 1990).

Apesar do grande esforço empreendido por pesquisadores interessados na questão da variabilidade climática, deve-se salientar que o sistema climático é de tal modo complexo em termos de variáveis intervenientes, interações dinâmicas e processos interescares, que até hoje é apenas parcialmente conhecido. Contribui para isso o fato de que as próprias ferramentas de análise utilizadas para a compreensão da variabilidade climática são claramente deficientes no tratamento de aspectos altamente dinâmicos e fruto de interação de processos tão diferentes, como os que compõem o clima.

O presente trabalho apresenta uma discussão quanto às formas de tratamento que vêm sendo usadas para essa questão. Longe de se propor a esgotar o tema, pretende-se apresentar um panorama parcial dos estudos voltados à análise da variabilidade climática, demonstrando que o desenvolvimento dessa temática vem

se dando de forma não sistemática, dificultando a troca de informações entre os diversos estudos e, conseqüentemente, conclusões mais gerais que possibilitem uma apreensão global do tema.

2 OS TRATAMENTOS DADOS À TEMÁTICA

Contribuições isoladas têm sido dadas ao tratamento da variabilidade climática. Geralmente, são estudos de casos desenvolvidos para atender propósitos específicos, elaborados à luz de técnicas e escalas temporal e espacial condizentes com essas pesquisas.

A maior parte dos trabalhos selecionados foram elaborados a partir do final da década de 70, em diferentes continentes, por pesquisadores com variadas formações e utilizando distintas formas de tratamento.

Os aspectos conflitantes entre os artigos analisados serão apresentados por temas. O primeiro a se destacar é a diferença quanto ao tratamento escalar da variabilidade climática. Seguem discussões das técnicas utilizadas na elaboração dos estudos, impactos da variabilidade climática na sociedade e qualidade dos dados utilizados na elaboração das pesquisas. Observam-se não apenas pontos de vista diferentes, mas também interesse menor ou até inexistência de discussão de aspectos de mister importância, especialmente relacionado aos dois últimos temas.

HARE (1985) discute interações escalares, salientando a dificuldade em se detectar eventuais mudanças e como seria difícil que os processos globais fossem afetados por fatos ocorrentes em outras escalas. Essa idéia já havia sido explorada por MONTEIRO (1978) ao ressaltar que a ação modificadora do homem agiria em grau crescente da escala taxonômica (criando as menores unidades e alterando as médias, ao agir sobre as propriedades extensivas do clima), ainda que não dominando a dinâmica intrínseca da atmosfera, de onde emanam os mecanismos geradores da sucessão de seus estados. CLARK (1985), ao avaliar interações entre clima, ecossistemas e sociedades, põe em evidência as diversas ordens de magnitude espacial e temporal envolvidas nesses estudos e ressalta a dificuldade em se combinar escalas de acordo com os processos e modelos envolvidos. Em seu estudo de caráter ambiental, LOMBARDO (1985) atesta a significância da atividade urbana no processo de alteração climática local, observando existência de ilha de calor na metrópole paulistana, com maior temperatura no centro comercial e declínio no limite rural-

urbano. Para a compreensão das mudanças globais que vêm afetando o ambiente como um todo, WOODMANSEE (1988) salienta que são necessárias avaliações não apenas na escala local, mas no ambiente global. Esse autor classifica os fenômenos ambientais em dois tipos: fenômenos universais (*universal phenomena*), que seriam uniformes ao longo de todo o globo (ex., concentração de certos gases, como CO₂ e NO₂ na atmosfera) e fenômenos disjuntivos (*disjunctive phenomena*), que seriam locais ou regionais, mas presentes de alguma forma em diferentes partes do globo (ex. contaminação de água subterrânea, erosão e sedimentação, etc.).

Há autores que questionam em diferentes graus a validade de trabalhos elaborados na escala local para a compreensão da variabilidade global, afirmando que variações locais e regionais do tempo e clima não poderiam ser compreendidas sem a consideração do globo todo. PARKER & FOLLAND (1988) manifestam essa idéia, embora admitindo que a variabilidade climática é dependente não só da complexa dinâmica atmosférica e seus processos de troca com os oceanos e biosfera, mas também de influências externas, como mudanças solares, erupções vulcânicas e poluição produzida pelo homem.

COUGHLAN & NYENZI (1991), ao sumariarem os tipos de tendências e variabilidades climáticas a que uma área pode estar sujeita, enfatizam a importância de se dirigir estudos para os níveis local e regional, onde seus impactos serão mais sentidos. Ressaltam, também, a existência de modelos de teleconexão de anomalias climáticas sistemáticas e contemporâneas em diferentes partes do globo. Entretanto, RIEBSAME & MAGALHÃES (1991) enfatizam o fato de que muitos estudos de casos individuais de avaliação da variabilidade climática, embora compondo rica base de conhecimento local, não têm contribuído para uma estrutura conceitual comum que seja mais do que a soma das partes. Já GREGORY (1993) preocupa-se com a repercussão em diferentes níveis escalares de processos apontados como globais, ao salientar que essas alterações podem estar repercutindo de forma diferenciada ou até serem inexistentes a nível local, o que justificariam estudos nessa escala de maior detalhe. Investiga dados históricos de temperatura e chuva de Sheffield, Inglaterra, num período de 100 anos (1891-1990), a nível anual e sazonal, concluindo não haver para essa área evidências de mudanças, embora apareçam algumas tendências, especialmente para a temperatura. Ao encontro dessa idéia, PITTOCK já manifestara, em 1978, que algumas áreas

seriam sensíveis às mudanças no padrão mais geral da circulação atmosférica do que outras.

Vários outros autores, ao elaborarem estudos para escala de maior detalhe, associam as variabilidades encontradas a processos atmosféricos de escala global e controles locais. Entre estes, ALDAZ (1971) conclui que a dinâmica da atmosfera superior exerceria predomínio sobre o regime de chuvas no Brasil, sendo que fatores como topografia e insolação teriam também papel decisivo nas diferentes configurações. PITTOCK (1978) assinala que padrões de flutuação climática em escala espacial e temporal de detalhe são em certa extensão organizados em escala global, ainda que feições fisiográficas (ex. topográficas) influenciem a expressão local desses padrões de flutuação de larga escala. MOTHÁ *et al.* (1980) concluem que as variações espaciais da seca na África Ocidental se devem à posição da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ), também variável devido à influência de fatores zonais. TALBONY (1981) apresenta os padrões de anomalia de chuva mais importantes na Europa, que se associariam tanto a fatores locais (orografia) como a eventos de grande escala (gradiente Norte-Sul). MOLTENI *et al.* (1983) apontam a relação entre alguns tipos de circulação na baixa troposfera da Europa e evolução de tempo diário no Norte da Itália. GOMES (1984), analisando a variabilidade da chuva na bacia hidrográfica do Alto Tietê, associa sistemas atmosféricos e fatores locais que produzem os tipos de tempo dominantes na área. NICHOLSON (1986) se apóia em estudos de fenômenos de escala zonal para a compreensão das anomalias de elementos do clima em setores áridos da África.

Por outro lado, BÄRRING (1987) aponta o inter-relacionamento entre fatores locais como orografia e interações ar-mar, de abrangência espacial bem maior, para a compreensão da chuva no Quênia. BRANDÃO (1987) associa a tendência da chuva e, principalmente, temperatura na região metropolitana do Rio de Janeiro, a fenômenos de grande escala (períodos de maior aquecimento correspondendo a período de máximas manchas solares). EHRENDORFER (1987) atesta também a influência de eventos de grande abrangência espacial na compreensão da variabilidade da pluviometria na Áustria. Conforme WIGLEY & JONES (1987), a circulação atmosférica de grande escala seria o principal controle da variabilidade da chuva em regiões da Inglaterra e País de Gales. Em estudo voltado à compreensão da variabilidade da chuva na Europa mediterrânea, MAHERAS (1988) comprova a associação de

fatores causais ligados à circulação atmosférica de grande escala e efeitos regionais/locais. Para a compreensão das diferenças espaciais da pluviosidade na Croácia, PANDIZIC (1988) atesta a importância de aspectos ligados à circulação atmosférica abrangendo grandes áreas (passagem de ciclones, anticiclones e frentes frias).

Em estudo da chuva por 30 anos nos Pampas argentinos, KREPPER *et al.* (1989) avaliam a variabilidade temporal (interanual, anual e intra-anual) e espacial pelo emprego, respectivamente, de função empírica ortogonal e análise espectral. Notam tendência a aumento das chuvas e picos máximos de 12-, 6- e 7-meses. Flutuações da chuva anual para Queensland, Austrália, são detectadas por GREGORY (1991) relacionadas a temperaturas da superfície do oceano Pacífico Tropical Oriental. Discorrendo sobre a grande variabilidade natural do clima regional, SHUKLA (1991) ressalta que as anomalias climáticas de curto período seriam manifestações de interações entre atmosfera e biosfera e entre atmosfera e oceano em escalas regional e global. SUGAHARA (1991) atesta que a Oscilação Sul afetaria as chuvas no Estado de São Paulo, associando-se tanto a anomalias positivas como negativas. WARD & NUNES (1993) sugerem que o padrão da temperatura da superfície do mar, que influencia as chuvas na área tropical norte da África, interferem também nas chuvas do período mais seco de São Paulo, com claro sinal, portanto, de teleconexão. A influência de eventos fortes de El Niño na organização espacial da chuva de outono no entorno da cidade de São Paulo é demonstrada por XAVIER *et al.* (1995).

Muitos estudos têm sido conduzidos tendo por propósito principal ou secundário identificar padrões de variação climática que se configurem como permanentes em anos mais recentes. Com base em valores de precipitação anual para Barcelona entre 1866 e 1970, ALBENTOSA (1975) assinala que, principalmente a partir de 1911, teria se iniciado nessa área um período bem mais chuvoso, não tendo sido possível demonstrar estatisticamente se estaria ocorrendo mudança climática no local. TYSON *et al.* (1975), analisando tendências e oscilações na chuva da África do Sul entre 1910 e 1972, concluem não haver evidência de que a área estaria passando por processo de ressecamento, ainda que a mesma apresente oscilações fracas, de 16 a 20 anos, 10 a 12 anos e *quasi-biennial*, que afetariam diferentes setores desse país. RATCLIFFE *et al.* (1978), analisando anomalias de pressão em superfície em boa parte do Hemisfério Norte, temperatura na parte central

da Inglaterra e em três outras estações britânicas e chuvas na Inglaterra e País de Gales em períodos de tempo reduzidos (de 5 a 1 ano), não encontram tendência significativa no aumento da variabilidade dos elementos analisados. Pelo estudo de MORAES (1979), não se registra periodicidade para os valores anômalos da chuva no Estado de São Paulo.

TALBONY (1979) observa o predomínio de flutuações randômicas, em seu estudo sobre a chuva para a Inglaterra e País de Gales identificando, também, periodicidades regulares (2,1 e 2,4, 3,9, 5 e 6 anos). Ainda esse autor (1981), interpretando dados de 182 estações de chuva no continente europeu no período de 1861 a 1990 e período anterior, detecta existência de ciclos. A análise da temperatura e chuva anuais e sazonais na área contígua dos Estados Unidos permite a DIAZ & QUAYLE (1980) inferir que houve um decréscimo de temperatura e aumento de chuva no lado oriental, com padrão de modificação de leste para oeste. KARL & RIEBSAME (1984) identificam flutuações de 10 e 20 anos tanto na temperatura como na precipitação pluviométrica na área contígua dos Estados Unidos, a nível sazonal e anual. ELDREDGE *et al.* (1988) discutem mudanças no padrão da chuva no setor ocidental do Sudão e, a nível de total pluviométrico anual, demonstram ter havido decréscimo de chuva nos últimos 20 anos, com período bem mais úmido entre 1931-1960.

PARKER & FOLLAND (1988) apontam exemplos de variação climática para períodos longos (*long-term variations*) como aquecimento global de terras e oceanos entre 1910 e 1940, resfriamento no Hemisfério Norte entre 1945 e 1970 para os continentes e entre 1955 e 1975 para os oceanos e aquecimento global mais recente, mais evidente no Hemisfério Sul e trópicos. Avaliando a variação da temperatura do ar em quatro estações de Portugal, MACHADO (1988) encontra evidências de variações climáticas em período de 108 anos, sendo o mais notável uma tendência à subida da temperatura a partir de 1888, ligado tanto a causas globais como a crescimento urbano. Estimando a variação no tempo e espaço do volume da chuva em Israel ao longo de 54 anos -1931 a 1984-, STANHILL & RAPAPORT (1988) não encontram nenhuma periodicidade significativa, evidenciando a natureza randômica da distribuição da pluviometria. ROWLING (1989), ao constatar maior frequência de inundações nos anos mais recentes em uma bacia na Escócia Central (Allan Catchement), conclui que o aumento nas chuvas no outono entre o período de 1931 a 1985 teria influenciado o

aumento das chuvas anuais. No período de 1941 a 1987 teria ocorrido aumento estatisticamente significativo de até 20% no total anual da chuva no Estado de São Paulo em todos os meses (exceção de fevereiro), especialmente de setembro a dezembro (PINTO *et al.*, 1989). WOOD (1989), ao examinar a variabilidade sazonal da pluviometria no período de 1921 a 1987 em Londres e Plymouth (Sul da Inglaterra), conclui não haver tendência à mudança climática. Os resultados das análises de OTTERMAN *et al.* (1990) para o Sul de Israel, entre 1942 e 1988, sugerem aumento nos totais de chuva em toda estação chuvosa nessa área (outubro a abril), especialmente em seu início.

Estudo de STOCKTON (1990) baseado em variação do nível d'água em alguns lagos dos Estados Unidos indicam variabilidade climática atingindo nível regional, com tendência a maior umidade, em oposição a outras áreas do globo, como o Norte da África. A análise de TASE & NAKAGAWA (1990), a partir de 68 estações com séries acima de 70 anos, no Japão indica decréscimo na chuva nos últimos 20-30 anos. OLANIRAN (1991) analisa variação na intensidade da chuva diária da Nigéria. Identifica três tipos de variação: 1. no Sul, chuvas moderadas e fortes relacionadas a oscilações de alta frequência; 2. chuvas leves no Norte, ligadas à variação multianual (decenal) que apresentaram, portanto, caráter de flutuação e 3. chuvas moderadas no Sahel, apresentando evidência de mudança climática. O autor relaciona as secas prolongadas nessa última área a uma grande diminuição na incidência de chuvas moderadas e fortes durante a estação úmida. TARDY & PROBST (1991) acreditam haver um fenômeno de compensação que regularia a evolução das temperaturas e precipitações pluviométricas e, portanto, o débito dos rios. Observam superposições de flutuações com períodos variados e que, nos rios da Europa e Ásia, as ondas de seca se propagariam de Oeste para Leste, enquanto que rios americanos, de Norte a Sul.

SANT'ANNA NETO & BARRIOS (1992) analisando as chuvas na região de Presidente Prudente, Estado de São Paulo (1971-1990), verificam tendência à diminuição da chuva, especialmente na primavera e verão. Ao estudar o padrão da precipitação pluviométrica no Sul de Israel, BEN GAI *et al.* (1994) avaliam que essa área passou a registrar aumento da pluviosidade e diminuição no coeficiente de variação nos anos mais recentes, devido ao aumento da irrigação. Levantam, também, a hipótese de que a área estaria passando por um processo de

antidesertificação, com mudança significativa da temperatura da superfície do oceano no Atlântico, indicando que uma mudança global poderia estar afetando essa região.

Muitos cientistas têm relacionado fenômenos da interação ar-mar a alterações temporárias do sistema climático, que afetariam em diferentes graus, formas e períodos várias partes do globo. ROPELEWSKI & HALPERT (1987, 1989) procuram descrever a extensão geográfica, magnitude, fase e duração do evento El Niño-Oscilação Sul (ENOS), em diferentes locais do globo. CAVIEDES (1988), assinalando que o ENOS é uma anomalia da circulação tropical, analisa os efeitos de algumas ocorrências em setores da América do Sul observando a influência diferenciada segundo a área e o evento. NICHOLS (1988) confirma que a variabilidade pluviométrica é maior em áreas de atuação da ENOS. CHU (1991) assinala correlação entre a atuação da ENOS e alteração da pluviometria no Norte, Nordeste e Sul do Brasil.

Assim como o fenômeno ENOS, que repercute fortemente nos oceanos Pacífico e Índico, o Atlântico Tropical apresenta, também, um fenômeno que se caracteriza por alteração nos parâmetros oceânicos e atmosféricos sendo, entretanto, bem mais raro e menos documentado. Suas ocorrências mais recentes foram verificadas em 1963 e 1984. As manifestações e características deste último foram estudadas por vários pesquisadores. HISARD *et al.* (1986) notam grande diferença entre o ciclo anual do Atlântico Tropical de 1983 e 1984 no campo de variação termal e correntes, com maior aquecimento na camada mais superficial do oceano no setor Leste e aparecimento de uma corrente em superfície de Leste em 1984, o que poderia ser atribuído ao decréscimo dos ventos em superfície nesse período. HOREL *et al.* (1986) constatam que na segunda metade de 1983 verificou-se notável mudança na circulação atmosférica sobre o Atlântico Equatorial, com redução dos alísios de superfície, decréscimo de pressão superficial e aumento da nebulosidade e chuva no oceano e Nordeste do Brasil. Essas mudanças regionais coincidiriam com um ajuste planetário na atmosfera tropical.

KATZ *et al.* (1986) atestam que no período correspondente ao inverno no Hemisfério Norte de 1983-1984 registrou-se um grande aumento no nível do mar na costa africana, com nivelamento da superfície do mar para Oeste e um relaxamento dos ventos de Leste no Equador. LAMB *et al.* (1986) apontam que as condições meteorológicas no Atlântico Tropical de 1983 e 1984 foram anômalas, mas constituem-se em

padrão importante na compreensão da variação da temperatura da superfície do mar no Atlântico Tropical. Comparam situações ocorridas nesse período na África subsaariana e Nordeste do Brasil. Ainda, WEISBERG & COLIN (1986) observam grande distanciamento dos anos de 1983 e 1984 quanto ao padrão usual de temperatura e ventos no Atlântico Tropical e equatorial, com desaparecimento do gradiente zonal de temperatura da superfície do oceano ao longo do equador entre junho e agosto de 1984, período em que normalmente ele deveria apresentar seu valor máximo. Alterações diversas na circulação atmosférica como mudança nos ventos e diferenciações importantes na pluviometria em setores como o Nordeste do Brasil são atribuídas por MECHOSO & LYONS (1988) a anomalias registradas na temperatura da superfície do mar.

Quanto às técnicas utilizadas para análise da variabilidade climática, observa-se nos anos mais recentes um uso mais intensivo de estatística multivariada (análises de cluster e de componentes principais – ACP) e análise de série temporal. Elas aparecem, de certa forma, em substituição a técnicas de medida de variabilidade a partir da tendência central. Nesse último caso, pode-se citar para exemplificar os estudos de SHARON (1965) que mapeou a variabilidade da chuva em Israel por meio de coeficiente de variação e SILVA (1981) que utilizou o mesmo processo para o Estado da Bahia. No primeiro caso, são exemplos os estudos de: GREGORY (1975, 1991) ambos usando ACP para regionalização respectivamente da Grã-Bretanha e Austrália, TALBONY (1981) apresentando padrões de anomalia na Europa pelo uso de ACP, AOUDAD (1983) elaborando classificação climática para a Bahia pelo uso de análise de cluster e ACP, MOLTENI *et al.* (1983) que avaliaram a distribuição espacial da chuva a nível diário (evolução de tempo ciclônico) com uso de ACP, MARTÍN & FEYT (1984) que, igualmente utilizando ACP, estudam a variabilidade da chuva na Europa, BÄRRING (1987) que avalia a chuva na área central do Quênia com uso de análise de fatores, EHRENDORFER (1987) classificando a Áustria em regiões homogêneas utilizando para isso ACP, MAHERAS (1988) cujas conclusões quanto à variabilidade da chuva na Europa mediterrânea baseiam-se em estudos elaborados com o uso de ACP, PANDIZIC (1988) que também usa ACP para estudos da pluviometria na Croácia, KREPPER *et al.* (1989) que utilizam análise espectral para avaliar a variabilidade temporal e função empírica ortogonal para análise da variabilidade espacial da chuva nos

pampas argentinos, e SÁ *et al.* (1989) e ZULLO *et al.* (1989) que, trabalhando como equipe, estudam a distribuição da chuva em São Paulo para reavaliar o cronograma agrícola através do emprego de ACP.

Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) oferecem grande potencial para estudos voltados para a compreensão da variabilidade de fenômenos no tempo e espaço e vêm sendo utilizados em ciências atmosféricas de modo a desenvolver modelos que retratem a evolução dos elementos climáticos para uma determinada área, influências na variabilidade climática e predição de alterações no meio ambiente. LEE & PIELKE (1993) expressam a importância dos SIG's para acoplar de forma comparativa vários modelos que possam atestar alterações no clima em suas variações no tempo e espaço. DALY & TAYLOR (1993) utilizam-se do programa PRISM (precipitation-elevation Regressions on Independent Slopes Model) para a construção de mapas de variabilidade da chuva em áreas montanhosas. EASTMAN & FULK empregam ACP para avaliação das anomalias e tendências da pluviosidade na África, com uso de SIG. A fim de investigar os efeitos em escala espacial sobre a precipitação numa bacia hidrográfica no Estado do Colorado (Gunnison River Basin) HAY *et al.* (1993) utilizam um sistema com quatro componentes, entre os quais um SIG.

Outra preocupação que aparece em trabalhos que analisam a variabilidade climática é aquela voltada aos impactos que ocorrências extremas e eventuais mudanças permanentes do clima teriam na sociedade. MONTEIRO (1978) assinala a necessidade de se produzir estudos voltados às relações entre os aspectos naturais, econômicos e sociais (modelos de avaliação). HEATHCOTE (1985) faz um exaustivo estudo de análise de eventos extremos, considerando sua natureza, seus impactos, possíveis ajustes e adaptações. Para HARE (1985), o aumento da população faz com que a sociedade e os recursos naturais necessários a sua manutenção se tornem mais vulneráveis a impactos climáticos. A escala das atividades humanas envolvidas e o nível de desenvolvimento econômico de uma região/nação seriam, para MAUNDER & AUSUBEL (1985), entraves para se identificar a sensibilidade dessas áreas com relação à variabilidade da chuva. Já RIEBSAME & MAGALHÃES (1991) ressaltam que a maior integração econômica e desenvolvimento reduzem a vulnerabilidade a impactos climáticos. Segundo CLARK (1985), certos padrões do comportamento humano levam à degradação ambiental enquanto outros resultam em desen-

volvimento sustentável. Seria necessário, portanto, estabelecer como são moldados os comportamentos humanos relevantes e como outros devem ser alterados a fim de gerenciar as alterações em grande escala e no longo prazo entre as pessoas e seus ambientes.

Por fim, KARL *et al.* (1993) discutem problemas relacionados à acurácia das medidas, que levam a conclusões errôneas quanto à variabilidade e mudanças climáticas (ex., mudança de postos, calibração de instrumentos, métodos usados para avaliação de mudanças, etc.). A própria Organização Meteorológica Mundial já discorreu quanto a problemas relativos à homogeneidade de dados, atribuindo como principais causas mudanças de localização das estações ou na exposição dos aparelhos (1966). HUTCHINSON (1993) apresenta modelo para avaliação da variabilidade espacial da chuva nessa área com dados falhos a partir de modelo corrigido por funções estatísticas.

3 CONCLUSÕES

A breve revisão do tratamento que vem sendo dado à questão da variabilidade climática atesta não haver consenso entre cientistas voltados às ciências atmosféricas. De um lado, há aqueles que acreditam que apenas a consideração do ambiente global poderia levar a uma compreensão geral do tema. Esses estudos se baseiam em modelos de circulação geral que têm sido construídos a fim de prever cenários futuros. Os críticos desses estudos alegam que, graças à escala em que são elaborados, esses modelos negligenciam feições locais, dificultando a relação entre climas globais, regionais e locais. Colocam, também, que é a nível local e regional que o efeito dos impactos, devido à variabilidade climática, será sentido. Estes, portanto, seriam os níveis de estudo mais importantes.

Críticas também são dirigidas a estudos de casos individuais, apontados como menos aplicáveis ao complexo natural.

Pesquisas elaboradas por diferentes cientistas/equipes, utilizando diferentes técnicas, mas com o propósito de detectar se localmente estaria se efetuando alguma alteração no comportamento climático, apresentam, conforme assinado, conclusões diversas. Evidencia-se aqui que, pelos resultados obtidos por estudos locais para várias partes do globo, não parece estar ocorrendo nenhuma forma de mudança climática nessas áreas, ainda que modelos globais apontem nítida tendência global a aumento de temperatura e chuva.

Parece claro também que alguns temas de fundamental importância ligados à variabilidade climática não têm sido explorados com a intensidade necessária, como aqueles ligados à confiabilidade da rede de dados climáticos a nível internacional, mecanismos de troca entre a atmosfera e a sociedade, envolvendo abrangência espacial, velocidade de resposta, nível de sensibilidade dos diferentes grupos sociais a essa variabilidade, etc.

Ressalta-se aqui o problema da qualidade dos dados, que pode comprometer seriamente resultados de muitos trabalhos baseados em pressupostos corretos e elaborados com grande sofisticação matemática. São comuns problemas como descontinuidade espacial e temporal dos dados, má distribuição dos postos de coleta, dificuldade em se manter equipamentos em áreas inóspitas ou perigosas, mudança dos mesmos para sítios bem diferenciados das condições iniciais, leituras comprometidas (desconhecimento técnico, instrumentos com problemas), falta de verba para instalação e/ou manutenção de equipamentos, etc.

Apesar de tantos desencontros, dúvidas e necessidades a serem providas, a comunidade científica parece estar de acordo com algumas questões: se dados e análise existentes são

incompletos, dificultando uma análise mais ampla da questão, o atual conhecimento científico, ainda que falho, justifica preocupações que levam a elaborar estudos de variabilidade climática, dadas as possíveis implicações sociais e econômicas das mudanças ambientais do globo, que antevêm, entre outros aspectos, aumentos da variabilidade climática. Deve-se ter em mente que a pressão da população crescente do planeta, associada à forma como se dá o pretenso processo de desenvolvimento econômico, quase que totalmente desarticulado dos custos ambientais, tem gerado profundas alterações, num ritmo muito mais acelerado que as mudanças naturais que afetaram o globo até então. Esforços têm sido devotados para que haja um denominador comum entre os pesquisadores. Com isso, espera-se que em futuro próximo haja maior colaboração mútua e ferramental comum de modo a promover uma compreensão mais geral da questão relativa à variabilidade climática e suas consequências.

4 AGRADECIMENTO

Aos revisores anônimos, que enriqueceram o trabalho com suas sugestões e comentários.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBENTOSA, L.M. 1975 La aplicación del método estadístico en Cimatología: 105 años de lluvias en Barcelona (1866-1970). *Revista de Geografía*, 9 (1-2): 59-77.
- ALDAZ, L. 1971 Caracterização parcial do regime de chuvas no Brasil. Rio de Janeiro, DMET, SUDENE, OMM, 107 p. (Publicação Técnica, 4).
- AOUAD, M. dos S. 1983 Tentativa de classificação climática para o estado da Bahia – uma análise quantitativa dos atributos locais associada à análise qualitativa do processo genético. Rio de Janeiro FIBGE, 78 p. (Série Recursos Naturais e Meio Ambiente, 9).
- BARRING, L. 1987 Spatial patterns of daily rainfall in Central Kenya: applications of principal component analysis, common factor analysis and spatial correlation. *Journal of Climatology*, 7:267 - 289.
- BEN-GAI, T; BITAN, A.; MANES, A.; ALPERT, P. 1994 Long-term changes in annual rainfall patterns in Southern Israel. *Theoretical and Applied Climatology* 49 (2): 59-67.
- BRANDÃO, A.M. 1987 Tendências e oscilações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro. São Paulo. Dissertação de mestrado, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo 314 p. mais encarte de mapas.
- CAVIEDES, N. 1988 The effects of ENSO in some key regions of The South American Continent. In: GREGORY, S. Recent Climatic Change, Belhaven Press, p. 252-266.
- CHU, P.S. 1991 Brazil's climate anomalies and El-Niño. In: GLANTZ, M.H. et al. Teleconnections linking worldwide climate. Cambridge University Press, p. 43-71.
- CLARK, W.C. 1985 Scales of Climate impacts. *Climatic Change*, 7 (1): 5-27.
- COUGHLAN, M.J. & NYENZE, B.S. 1991 Climate trends and variability In: CLIMATE CHANGE: SCIENCE, IMPACT AND POLICIES. 2nd WORLD CLIMATE CONFERENCE. Proceedings, p. 71-81.
- DALY, C. & TAYLOR, G.H. 1993 Development of a new Oregon precipita-

- tion map using The PRISM Model. In: SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE/WORKSHOP ON INTEGRATING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM AND ENVIRONMENTAL MODELLING. Breckenridge, Annals, s/pg.
- DIAZ, H.F. & QUAYLE, R.G. 1980 The climate of the United States since 1985: spatial and temporal changes. *Monthly Weather Review*, 108 (3): 249-266.
- EASTMAN, J.R. & FULK, M. 1993 Long sequence time series evaluation using Standardized Principal Components. *Photogrammetric Engineering, and Remote Sensing* 59 (8): 1307-1312.
- EHRENDORFER, M. 1987 A regionalization of Austria's precipitation climate using principal component analysis. *Journal of Climatology*, 7: 71-89.
- ELDREDGE, E.; KHALIL, S. EL S.; NICHOLS, N.; ABDALLA, A.A.; RYDYESKI, D. 1988 Changing rainfall patterns in Western Sudan. *Journal of Climatology*, 8: 45-53.
- GOMES, A.M. 1984 Distribuição espacial da precipitação e sua variação na bacia hidrográfica do Alto Tietê. Dissertação de mestrado, Departamento de Meteorologia, Universidade de São Paulo 123 p. mais apêndices.
- GREGORY, S. 1975 On the delimitation of regional patterns of recent climatic fluctuations. *Weather*, 30: 276-287.
- 1991 Spatial patterns of annual July-June rainfall fluctuations in Tropical Queensland, 1900/01 to 1979/80. *Australian Geographical Studies*, 29 (1): 93-113.
- 1993 A hundred years of temperature and precipitation fluctuation at Sheffield, 1891-1990. *Geography*, 78 (349): 241-249.
- HARE, F.K. 1985 Climatic variability and change. In: KATES, R.W. et al. *Climate Impact Assessment*. John Wiley & Sons Ltd., p. 37-68 (Scope).
- HAY, L.; KNAPP, L.; BROMBERG, J. 1993 Integrating Geographic Information Systems, scientific visualization system, and an orographic precipitation model for a hydroclimatic study of the Gunnison River Basin, Southwestern Colorado. In: SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE/WORKSHOP ON INTEGRATING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM AND ENVIRONMENTAL MODELLING. Breckenridge, Annals, s/pg.
- HEATHCOTE, R.L. 1985 Extreme event analysis. In: KATES, R.W. et al. *Climate Impact Assessment*. John Wiley & Sons Ltd., p. 369-401 (Scope).
- HISARD, P.; HENIN, C.; HOUGHTON, R.; PITTON, B.; RUAL, P. 1986 Oceanic conditions in the Tropical Atlantic during 1983 and 1984. *Nature*, 322: 243-256.
- HOREL, J.D.; KOUSKY, V.E.; KAGANO, M. 1986 Atmospheric conditions in the Atlantic sector during 1983 and 1984. *Nature*, 322: 248-251.
- HUTCHINSON, M.F. 1993 Interpreting rainfall means-getting the temporal statistics correct. In: SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE/WORKSHOP ON INTEGRATING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM AND ENVIRONMENTAL MODELLING. Breckenridge, Annals, s/pg.
- KARL, T.R.; QUAYLE, R.G.; GROISMAN, P. Ya. 1993 Detecting climate variations and change: new challenges for observing and data management systems. *Journal of Climate*, 6: 1481-1493.
- & RIEBSAME, W.E. 1984 The identification of 10- to 20- year temperature and precipitation fluctuations in the contiguous United States. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23 (6): 955-966.
- KATZ, J.E. HISARD, P., VERSTRAETE, J.M.; GARZOLI, S.L. 1986 Annual change of the sea surface slope along the Equator in 1983-1984. *Nature*, 322: 245-247.
- KREPPER, C.M.; SCIAN, B.V.; PIERINI, J.O. 1989 Time and space variability in Central-east Argentina. *Journal of Climate*, 2:39-47.
- LAMB, P.; PEPPER, R.A.; HASTENRATH, S. 1986 Interannual variability in the Tropical Atlantic *Nature*, 322: 238-240.
- LEE, T.J. & PIELKE, R. 1993 A GIS and atmospheric modelling: a case study. In: SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE/ WORKSHOP ON INTEGRATING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM AND ENVIRONMENTAL MODELLING. Breckenridge, Annals, s/pg.

- LOMBARDO, M.A. 1985 Ilha de calor nas metrópoles – o exemplo de São Paulo. Hucitec, 244 p.
- MACHADO, M.S. 1988 Variações Climáticas, Lisboa, Serviço de Meteorologia, Divisão de Hidrometeorologia, 28 p (Monografias de Meteorologia e Geofísica).
- MAHERAS, P. 1988 Changes in precipitations conditions in the western Mediterranean over the last century. *Journal of Climatology*, 8: 179-189.
- MARTIN, S. & FEYT, G. 1984 Étude des variations pluviométriques par un modèle d'analyse de la variance a deux facteurs Europe Occidentale (42° a 50° latitud nord). Période 1886-1960. *Revue Geographique de Lést*, 1: 27-45.
- MECHOSO, C.R. & LIONS, S.W. 1988 On the atmospheric response to SST anomalies associated with Atlantic warm event during 1984. *Journal of Climate*, 1: 422-428.
- MAUNDER, W.J. & AUSUBEL, J.H. 1985 Identifying climate sensibility. In: KATES, R.W. et al. *Climate Impact Assessment*. John Willey & sons Ltd., p. 85-101 (Scope).
- MOLTENI, F.; BONELLI, P.; BACCI, P. 1983 Precipitation over northern Italy: a description by means of principal component analysis. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, (22) 10: 1738-1752.
- MONTEIRO, C.A. de F. 1976 Teoria e Clima Urbano. São Paulo, IGEGO-USP, 181 p. (Série Teses e Monografias, 25).
- 1978 Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE A UNIDADE BIOLÓGICA, TURÍSTICA E ECONÔMICA. São Paulo, p. 43-74 (Academia Brasileira de Ciências, Publicação 14).
- MORAES, M. de. 1979 Variabilidade na precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo. São Paulo. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 178 p.
- MOTHA, R.P.; LEDUC, S.K.; STEYAERT, L.T.; SAKAMOTO, C.M. 1980 Precipitation patterns in West Africa. *Monthly Weather Review*, 108 (10): 1567-1578.
- NICHOLS, N. 1988 El Niño Oscilation and rainfall variability. *Journal of Climate*, 1: 418-421.
- NICHOLSON, S.E. 1986 The spacial coherence of African rainfall anomalies: interhemispheric teleconnections. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25 (10): 1365-1381.
- OLANIRAN, O.J. 1991 Evidence of climate change in Nigeria based on annual series of rainfall of different daily amounts, 1919-1985. *Climatic Change*, 19: 319-341.
- OTTERMAN, J.; MANES, A.; RUBIN, S.; ALPERT; STARR, DO'C. 1990 An increase of early rains in Southern Israel following land-use change? *Boundary-layer Meteorology*, 53 (4): 333-351.
- PANDIZIC, K. 1988 Principal component analysis of precipitation in the Adriatic-Pannonian area of Yugoslavia. *Journal of Climatology*, 8: 357-370.
- PARKER, D. R.; FOLLAND, C. K. 1988 The nature of climatic variability. *The Meteorological Magazine* 117 (1392): 201-210.
- PINTO, H.S.; ZULLO, Jr. J.; ZULLO, S.A. 1989 Oscilações pluviométricas temporais no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, VI, Maceió, Resumos. Maceió, p. 29-33.
- PITTOCK, A.B. 1978 Pattern of variability in relation to the general circulation. In: PITTOCK, A.B. *Climate change and variability – a Southern Perspective*. Cambridge, p. 167-179.
- RATCLIFFE, R.A.S.; WELLER, T; COLLINSON, P. 1978 Variability in the frequency of unusual weather over approximately the last century. *Royal Meteorological Society*, 104 (440): 243-255.
- RIEBSAME, W.E. & MAGALHÃES, A.R. 1991 Assessing the regional implications of climate variability and change. In: CLIMATE CHANGE: SCIENCE, IMPACT AND POLICES. 2nd WORLD CLIMATE CONFERENCE. Proceedings. p. 415-430.
- ROPELEWSKI, C.F. & HALPERT, M.S. 1987 Global and regional scale associated with El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115 (8): 1606-1626.

- ROPELEWSKI, C.F. & HALPERT, M.S. 1989 Precipitation pattern associated with the High index phase of the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 2:268-274.
- ROWLING, P. 1989 Rainfall variation and some implications for flooding in the Allan Catchment, Central Scotland. *Weather*, v. 44, n.4, p. 146-154.
- SÁ, T.D. de A.; PINTO, H.S.; ZULLO, S.A.; ZULLO JR., J.; HOTA, L.K. Avaliação espacial e cartografia das chuvas de primavera no Estado de São Paulo através de técnicas de análise multivariada como subsídio ao estabelecimento de cronogramas agrícolas regionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, VI, Maceió, 1989. Resumos. Maceió, p. 24-28.
- SANT'ANNA NETO, J.L. & BARRIOS, N.A.Z. 1992. Variabilidade e tendência das chuvas na região de Presidente Prudente. *Revista de Geografia*, 11: 64-76.
- SHARON, D. 1965 Variability of rainfall in Israel - a map of the relative standard deviation of the annual amounts. *Israel Explorat. Journal*, 15: 169-176.
- SHUKLA, J. 1991 Short-term climate variability and predictions. CLIMATE CHANGE: SCIENCE, IMPACT AND POLICIES. 2 ND. WORLD CLIMATE CONFERENCE. Proceedings, p. 203-210.
- SILVA, B.C.N. 1981 Contribuição à metodologia da cartografia temática: o exemplo da variabilidade das precipitações anuais no Estado da Bahia. *Geografia*, 6 (11-12): 179-197.
- STANHILL, G. & RAPAPORT, C. 1988 Temporal and spatial variation in the volume of rain falling annually in Israel. *Israel Journal of Earth Sciences*, 37: 211-221.
- STOCKTON, C.N. 1990 Climatic variability on the scale of decades to centuries. *Climatic Change*, 16: 173-183.
- SUGAHARA, S. 1991 Flutuações interanuais, sazonais e intra-sazonais da precipitação no Estado de São Paulo. São Paulo. Tese de doutoramento. Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, 146 p.
- TALBONY, R.C. 1979 A spectral and filter analysis of long period rainfall records in England and Wales. *Meteorological Magazine*, 108 (1281): 97-118.
- TALBONY, R.C. 1981 A principal component and spectral analysis of European rainfall. *Journal of Climatology*, 1 (3): 283-294.
- TARDY, Y & PROBST, J.L. 1991 Secheresses et crises climatiques /Apostila de curso de Pós-Graduação na disciplina Climate History of the Earth Planet Global Environmental Changes. Xerocopiado.
- TASE, N. & NAKAGAWA, S. 1990 Spatial and temporal characteristics of precipitation in Japan. Long term trends of annual precipitation. *Ann. Rep. Int. Geos.*, p. 17-21.
- THE NAIROBI DECLARATION ON CLIMATE CHANGE. 1990 International Conference on Global Warming and Climatic Change: African Perspectives, Nairobi, 33 p.
- TYSON, P.D.; DYER, T.G. J.; MAMETSE, M.N. 1975 Secular changes in South African rainfall: 1880-1972. *Quaternary Journal of Royal Meteorological Society*, 101 (430): 817-833.
- WARD, M.N. & NUNES, L.H. 1993 Southern Brazil dry season rainfall: relationships with worldwide climate and potencial predictability, 12 p. (Hadley Centre Technical Note, 45).
- WEISBERG, R.H. & COLIN, C. 1986 Equatorial Atlantic Ocean temperature and current variations during 1983 and 1984. *Nature*, 322: 240-243.
- WIGLEY, T.M.L. & JONES, P.D. 1987 England and Wales precipitation: a discussion of recent changes in variability and an update to 1985. *Journal of Climatology*, 7: 231-246.
- WOOD, N.L.H. 1989 Rainfall variability at London and Plymouth - 1921-1987. *Weather*, 44 (5): 202-208.
- WOODMANSEE, R.G. Ecosystem process and global change. In: ROSWALL, T. *et al.* 1988 Scales and global change. Spatial and temporal variability in biospheric and geospheric processes. John Willey and sons, p. 11-27.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1966 Some methods of climatological analysis. WMO N° 199 TP 103, Geneva, 53 p.
- XAVIER, T. de M.B.S.; DIAS, M.A.F.S.; XAVIER, A.F.S. 1995 Impact of ENSO episodes on the autumn rainfall patterns near São Paulo, Brazil. *International Journal of Climatology*, 15 (5): 571-584.

ZULLO, S.A.; HOTTA L.K.; PINTO, H.S.;
SÁ, T.D. de A.; ZULLO JR. T. 1989
Aplicação de técnicas de análise multiva-
riada na avaliação espacial da precipita-

ção pluviométrica no Estado de São
Paulo. Apresentado à XV Reunião
Regional da Associação Brasileira de
Estatística, Juiz de Fora, ICE/UFJF.

Endereço das autoras:

Luci Hidalgo Nunes – Secretaria do Meio Ambiente – Instituto Geológico – Avenida Miguel Estéfano, 3.900 – Água Funda – 04301-903 –
São Paulo, SP – Brasil. (E-mail: lhidalgo @ usp. br.)

Magda Adelaide Lombardo – Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo – Caixa Postal 8105 – São Paulo, SP – Brasil.