ISSN: 1980-055X

MUDANÇAS CLIMÁTICAS: ALGUMAS REFLEXÕES

Pacelli Henrique Martins Teodoro[1] e
Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim[2]

RESUMO

A presente reflexão teve como finalidade analisar os fatores naturais e antrópicos que envolvem as mudanças climáticas e as demais escalas temporais do clima, objetivando contribuir para a discussão da temática. Uma vasta referência foi utilizada, diferindo-se, principalmente, pelas escalas temporais e abordagens. Realmente, há aumento da temperatura média global, em especial nas últimas décadas. No entanto, tal fato não é, ainda, comprovado para os próximos anos, assim como o grau de responsabilidade de cada fator do clima. Pode-se dizer que tanto os fatores naturais, quanto os antrópicos interferem nas variações climáticas, porém, quando há "alarmismo antrópico", esse pode produzir efeitos contrários à sociedade, ao invés de conscientizá-la.

Palavras-chaves: mudanças climáticas; fatores naturais; fatores antrópicos.

ABSTRACT

This reflection was intended to examine the natural and anthropoid factors involving the climate change and the others temporal scale of climate, aiming to contribute to the discussion of the topic. An extensive reference was used, differing principally for the time scales and approaches. Indeed, the global average temperature has increased, especially on last decades. However, this fact isn't yet proven for the coming years, just as the degree of responsibility of each factor of climate. Can affirming that both interfere in the climatic variability, even so, when there is an "alarmism anthropic", this can produce effects contraries to society, rather than to divulge informations.

Key-words: climate change; natural factors; anthropic factors.

[1] Licenciado e Bacharelando em Geografia e bolsista FAPESP de Iniciação Científica – UNESP – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Presidente Prudente. E-mail: pacelli_henrique@hotmail.com
[2] Professora Adjunta do Departamento de Geografia – UNESP – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Presidente Prudente. E-mail: mccta@fct.unesp.br

INTRODUÇÃO

Atualmente, as mudanças climáticas representam um dos temas mais contraditórios no meio científico, pois não existem, até o presente momento, decisões concludentes sobre o grau de participação dos elementos responsáveis (naturais e antrópicos) pelas alterações globais, mesmo com todos os avanços tecnológicos, nos últimos tempos. Tais contradições se agravam, ainda mais, pelo caminho das mudanças no clima: aquecimento global ou nova era glacial?

Desde a formação do Planeta Terra, sempre ocorreram as mudanças climáticas, já que o clima é extremamente dinâmico e depende tanto de fatores internos, quanto de fatores externos. No entanto, outra grande questão é se há mudança homogênea no nível global, ou seja, se todas as partes do mundo estão, paralelamente, se aquecendo ou esfriando.

Com base na existência de diversas opiniões divergentes, esta reflexão objetivou analisar os fatores que envolvem as mudanças climáticas e as demais escalas temporais do clima, visando contribuir para a discussão da presente temática.

Foi utilizada uma extensa bibliografia referente ao assunto, a qual abrange estudos de diferentes escalas temporais e abordagens (opiniões).

DIAGNÓSTICO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A **Figura 1** demonstra, de uma forma geral, as mudanças térmicas globais, desde o século XIX. Percebe-se, com clareza, o predomínio de desvios negativos, caracterizados, também, por terem sido mais intensos; quanto aos positivos, foram mais esparsos e de curta duração. No entanto, observa-se um aumento desses nas últimas décadas.

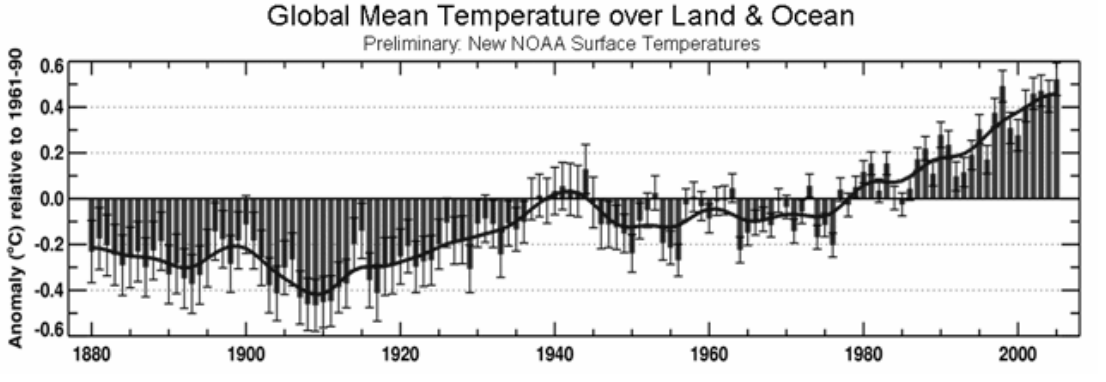

Figura 1. Global mean temperature over land and ocean (1961-90).
Fonte: NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA).

Existem diversos motivos para tais mudanças climáticas - quando também relacionadas às variabilidades e os ritmos climáticos -, que podem ser divididos em fatores naturais e antrópicos. O estudo e a importância desses não devem se limitar em apenas um, já que ambos possuem responsabilidade nas interferências do clima; porém, considera-se, ainda, desconhecido o grau de influência de cada um.

Assim,

> A elevação da temperatura global vem, efetivamente, ocorrendo, mas é indispensável avaliar as causas com base numa investigação abrangente, que leve em conta, não só a ação antrópica, representada pela liberação intensa de gases de efeito estufa, derrubada das florestas tropicais, superexploração da natureza desconsiderando os princípios da sustentabilidade, e outras práticas predatórias, mas, também, os processos naturais de macro-escala, incluindo os da esfera geológica e astronômica. A mudança climática envolve um dinamismo mais complexo do que a simples elevação da média térmica, mesmo porque o clima não se define só pela temperatura. Contudo, a reação em cadeia que se estabelece a partir do aquecimento deve ser avaliada em profundidade. Por outro lado, a alteração do perfil climático do globo, que se manifesta sob forma de tendências, rupturas e ciclicidades, faz parte da história do planeta e está documentado em relevos residuais, em depósitos sedimentares, em paleossolos, em formações vegetais relictuais, além de registros meteorológicos, disponíveis, ainda que em caráter pontual, desde o século XVII (CONTI, 2000, p. 72).

FATORES NATURAIS

O clima é um sistema complexo, regulado por múltiplas interações entre a atmosfera, o oceano, a hidrosfera, a criosfera e a biosfera. Tal sistema tem sofrido, desde a constituição da atmosfera terrestre, alterações em diferentes eras geológicas, visto que está em constante e permanente transformação (dinamicidade), assim como os demais sistemas da natureza.

Segundo a Teoria da Tectônica Global, a configuração dos continentes alterou-se pelos constantes deslocamentos das placas litosféricas, desde a época da Pangéia (200 milhões de anos atrás). Com base nisto, tais movimentos implicam, necessariamente, uma mudança na circulação das correntes atmosféricas - oceânicas e continentais -, interferindo, diretamente, nas características climáticas globais, pois são seus principais sistemas-reguladores.

Os Ciclos de Milankovitch também estão em freqüentes variações cíclicas - macro-escala (fenômenos astronômicos) -, seja pela excentricidade da órbita elíptica do movimento de translação do Planeta Terra; pela obliqüidade do eixo do mesmo; e pela precessão de sua rotação (STRAHLER; STRAHLER, 2000), observadas na **Figura 2**. Essas influenciaram, ao longo das eras, e influenciam na quantidade de energia recebida pelo Planeta, proveniente do Sol, além de a primeira alterar as datas do afélio e periélio (ciclos de 21.000 anos).

Outro fator, que influencia nesta taxa de energia, são os Mecanismos de Retro-alimentação (*feedback*), quando os sistemas subseqüentes voltam a exercer influências sobre os antecedentes, numa perfeita interação entre todo o universo, isto é, a Terra retorna a resposta após a emissão de uma dada informação (a energia) pela fonte primária. Essa resposta constitui-se na energia transformada, devido a (e dependendo dos) diferentes usos da superfície terrestre - atividades humanas -, no decorrer dos anos.

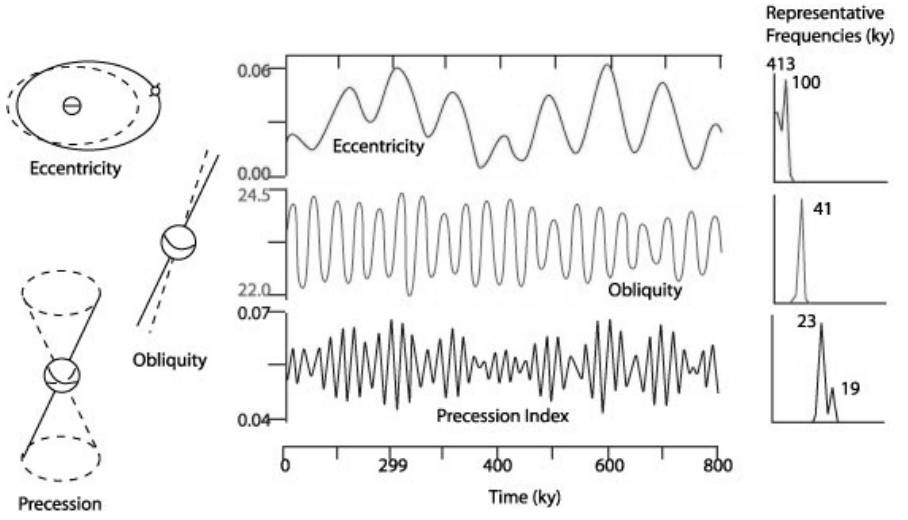

Figura 2. The frequencies of Milankovitch Cycles.
Fonte: UNIVERSITY OF SOUTH CAROLINA (USC).

As atividades vulcânicas emitem, por meio das erupções, uma grande quantidade de gases e cinzas à atmosfera, que afetam o equilíbrio climático de todo um hemisfério, principalmente os processos de absorção, transmissão e reflexão de energia solar. Desta forma, os vulcões são uns dos elementos essenciais para os estudos das mudanças climáticas.

As manchas solares são nós magnéticos ligados entre si, originadas no dínamo magnético do interior do Sol. São ditadas pela grande corrente de transporte de campos magnéticos no Sol, semelhante à corrente de transporte oceânica do Planeta Terra; entretanto, a primeira é responsável pelo gás condutor de eletricidade, enquanto a segunda, de água e calor. Assim, estas interferem no balanço de energia recebida pela Terra, devido às reduções de temperatura e pressão das massas gasosas. A equipe do *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), liderada por Mausumi Dikpati, prevê, com base nos últimos doze ciclos (desde 1880) de manchas solares, o próximo ciclo (2005-2020) de 30% a 50% mais intenso do que o atual **(Figura 3)**, fato que, se confirmar, pode produzir uma alteração substancial da atividade solar, nos anos seguintes.

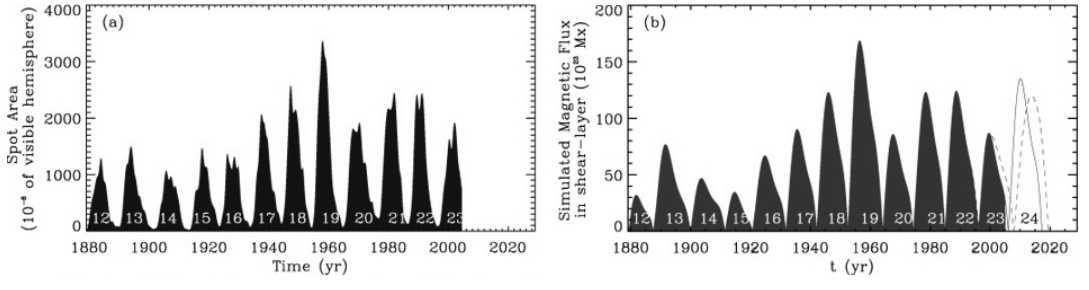

Figura 3. Cycles and computer model of the sunspot.
Fonte: NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH (NCAR).

> [...] considerando que a atmosfera terrestre é aquecida por debaixo, os oceanos são a condição de contorno inferior mais importante para o clima e, certamente, o Pacífico, por ocupar um terço da superfície terrestre, deve ter um papel preponderante na variabilidade climática interdecadal (MOLION, 2005, p. 1).

Desta maneira, embora ainda não se conheçam suas causas e seus impactos no clima, a Oscilação Decadal do Pacífico - ODP (eventos de 20 a 30 anos) deve ser um importante controlador climático, como pode ser conferido na **Figura 4**.

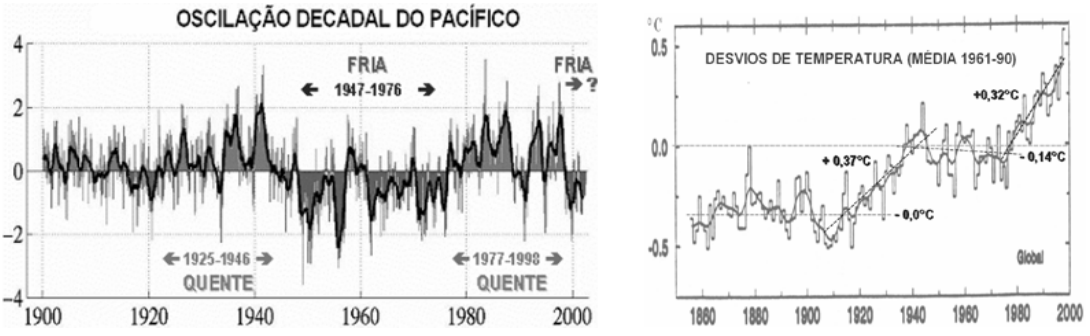

Figura 4. Série temporal da ODP e desvios de temperatura (média 1961-90).
Fonte: MOLION, 2005.

Em sua fase fria, de 1947 a 1976, a ODP influenciou num desvio negativo da temperatura média global (-0,14ºC), o qual aumentou no período seguinte (1977 a 1998) para 0,32ºC, enquanto essa estava numa fase quente. Atualmente, encontra-se numa fase fria, desde 1999 (deverá permanecer por volta de até 2025), e, possivelmente, "o clima global poderá experimentar um resfriamento paulatino nos próximos 25 anos *(-0,15ºC)* se a ODP comprovadamente permanecer em sua nova fase fria. O Brasil também poderá sofrer mudanças climáticas" (MOLION, 2005, p. 04).

É importante ressaltar-se que os fenômenos de El Niño e La Niña (atuações de 6 a 18 meses) são, diretamente, ligados a tal oscilação, já que são provenientes das águas superficiais do oceano Pacífico (Equatorial Oriental e Equatorial Central e Leste, respectivamente), além de serem mecanismos-reguladores fundamentais do clima global.

FATORES ANTRÓPICOS

Ao longo do tempo, o homem alterou, consideravelmente, o ambiente natural (em especial, com a introdução do modo capitalista de produção), desconsiderando, por relações preponderantemente econômicas, o meio ambiente no processo de sua "evolução", a qual foi desassociada aos processos, elementos e recursos naturais. Essas transformações nas paisagens são, também, consideradas dinâmicas.

Segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC (2007), a elevação das temperaturas no planeta é, muito provavelmente, pelo aumento de gases na atmosfera (principalmente, o dióxido de carbono, que responde por

cerca de 60% das conseqüências detectadas), provenientes de atividades antrópicas. Esses intensificam o efeito estufa natural e, em decorrência, as temperaturas médias (até o final deste século, poderá ficar entre 1,5ºC e 6,0ºC, que acarretará um aumento no nível dos oceanos de até 60 centímetros).

Contudo,

> Devemos assim colocar fortes reticências segundo o qual os relatórios do IPCC são preparados por 'centenas de cientistas'. O número anunciado pode iludir e esconder o monolitismo da mensagem. Na realidade, uma pequena equipe dominante impõe os seus pontos de vista a uma maioria sem competências climatológicas. O 'I' de IPCC significa, com efeito, 'intergovernamental'. Significa que os pretensos cientistas são antes, de mais nada, representantes governamentais. O IPCC, em absoluto, não é um organismo de investigação (LEROUX, 2003, não paginado, tradução própria).

Os gases contribuintes do efeito estufa são os dióxidos de carbono (CO_2), metanos (CH_4), óxidos nitroso (N_2O), CFC's, entre outros. Com base no principal, segundo o IPCC (op cit), grande parte do gás carbônico (80%) é proveniente das queimas de combustíveis fósseis, como o petróleo, carvão e gás natural. No entanto, a partir do estudo de Hieb e Hieb (2006), a participação do dióxido de carbono antropogênico é, apenas, de 0,117%, que, quando somado aos outros gases antropogênicos com efeito de estufa, chega-se, ainda, ao pequeno valor de 0,28%. Tal fato é pela abundante concentração de vapor d'água natural na atmosfera (99,999%), retendo, muito mais, o calor do que o dióxido de carbono **(Figura 5)**. Desta forma, o vapor d'água deverá ser, segundo o autores, o único componente atmosférico com potencialidade para aquecer e arrefecer o Planeta Terra.

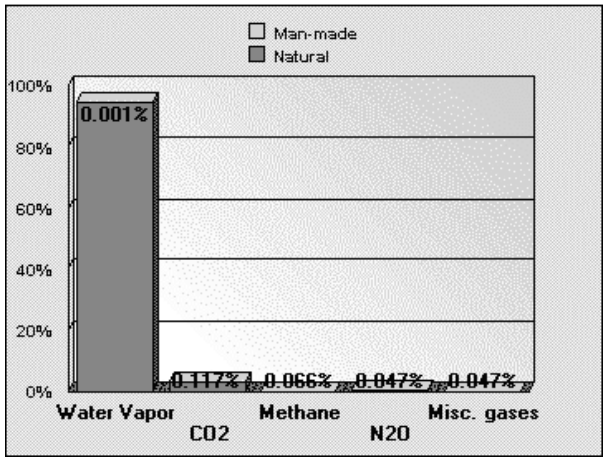

Figura 5. Contribution to the greenhouse effect (including water vapor).
Fonte: HIEB; HIEB, 2006.

Quanto ao caso do aumento dos oceanos pelo derretimento das calotas polares, devem-se colocar algumas considerações sobre as diferenças entre o Ártico e a Antártida. O primeiro é constituído por uma extensa área de gelo flutuante, enquanto a segunda, por áreas congeladas sobre a superfície

terrestre. Assim, o degelo do Ártico não afetaria o nível dos oceanos, já que o volume de água criado seria igual ao volume de água deslocado pelo gelo, quando esse flutua; diferentemente do caso da Antártida. Ainda, estudos detectaram, em 2007, um recorde positivo de gelo na Antártida, desde o início dos dados (1979), realidade oposta no Ártico, que bateu um recorde negativo **(Figura 6)**.

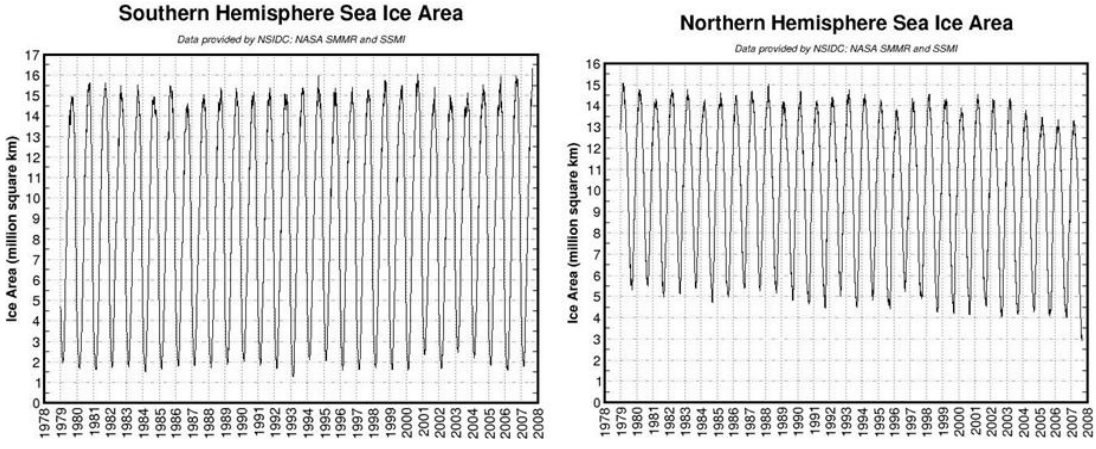

Figura 6. Southern and Northern hemispheres seas ices areas.
Fonte: NATIONAL SNOW AND ICE DATA CENTER (NSIDC).

Há, ainda, ineficiência de previsão climática feita por modelos, que podem ser induzidos por diversas variáveis que o compõem, por exemplo, a escolha da altura das nuvens:

> Nuvens altas tendem a intensificá-lo (efeito-estufa) e, portanto, aquecer o planeta, pois refletem pouca radiação solar de volta para o espaço exterior e aprisionam o calor. Nuvens baixas, ao contrário, refletem mais radiação solar, logo tendem a resfriar o planeta (MOLION, 1995, p. 21-22).

Outra forma de alteração antrópica na atmosfera é pelo processo de urbanização, isto é, nos lugares onde estão construídas as cidades, as condições do ar atmosférico transformam-se em produto com o ambiente urbano edificado pelo homem, que, conseqüentemente, altera o fluxo de energia pela concentração de poluentes e partículas sólidas em suspensão; esse dado espaço terrestre e a urbanização delimitam o clima urbano (MONTEIRO, 1976).

Contribuem para o microclima urbano:

> [...] los edificios, el material y trazado de las calles como componentes específicos de la ciudad; el tráfico y la industria, reflejo de las actividades humanas. Se genera así un entramado complejo de interrelaciones mutuas con las connotaciones de un sistema dinámico específico [..] (GOMEZ; GARCÍA, 1984, p. 6).

A partir de Oke (1987), a atmosfera urbana é, verticalmente, dividida em *UCL - Urban Canopy Layer* (atmosfera urbana inferior, correspondente ao volume de ar entre os edifícios, sendo altamente afetada pelas condições

envolventes), *UBL - Urban Boundary Layer* (atmosfera urbana superior, integra a influência térmica de toda a cidade) e *Roughness Sublayer* (camada inferior da *UBL*, setor que influencia o fluxo pela rugosidade dos elementos). A *RBL - Rural Boundary Layer* (atmosfera rural superior) serve como parâmetro de comparação da qualidade do ar entre o ambiente urbano e rural.

Outra contribuição do autor foi o esboço do perfil de uma ilha de calor, por meio de um desenho atualmente adaptado **(Figura 7)**. As áreas rurais e de culturas agrícolas possuem as menores temperaturas, as quais se elevam quando adentram a cidade. Os parques são as localidades de menores condições térmicas nessa, aumentando, progressivamente, nas áreas residenciais suburbanas e urbanas e comerciais. O centro engloba as maiores temperaturas, podendo formar ilhas de calor e diferenciando-se, termicamente, de seu ambiente circundante.

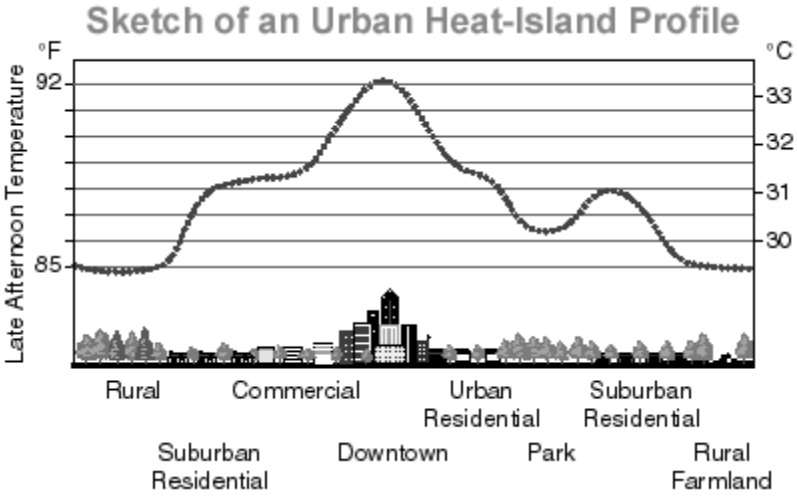

Figura 7. Sketch of an urban heat-island profile.
Fonte: OKE, 1987.

Segundo Landsberg (1981), a cidade muda o clima por meio de alterações em superfície, produzindo um aumento de calor (média anual de 0,5ºC a 1,0ºC a mais) e, complementarmente, modificando a ventilação (20% a 30% menos), a umidade (6% menos) e as chuvas, que tendem a ser mais acentuadas (total de 5% a 10% a mais).

Devido ao crescimento urbano e, conseqüentemente, suas inserções à malha urbana, as estações meteorológicas têm registrado estes efeitos microclimáticos, incorporados, gradativamente, às séries temporais dos elementos climáticos. Com isso, as estações tendem a registrar, por exemplo, temperaturas mais altas, pela soma do calor das ações antrópicas.

De acordo com Molion (1995), este fato questiona algumas considerações sobre o aquecimento global, já que essas são baseadas em tais séries, registradas em diversas partes do globo (principalmente, por estações do hemisfério Norte, países que sofreram, no século passado, grandes transformações em suas paisagens). Além disso, a heterogeneidade espacial e temporal das séries, as mudanças nas instrumentações e as transferências de localidades dos abrigos meteorológicos dificultam, significamente, certas comparações e conclusões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, as mudanças climáticas precisam ser distinguidas em seus níveis de escalas: as que ocorrem na escala geológica de tempo (em milhares e milhões de anos); daquelas que ocorrem num curto período de tempo (em anos, décadas e séculos). Evidentemente, apenas a segunda é perceptível à escala humana.

A história climática do Planeta Terra é, em especial, caracterizada por períodos frios, já que os períodos quentes são curtos e esparsos. Geralmente, em cada 100.000 anos, 80% prevalecem de temperaturas mais baixas, enquanto o restante, por temperaturas mais elevadas.

De fato, a temperatura média global tem aumentado desde o final da Pequena Idade do Gelo (séc. XIX), principalmente nos últimos trinta anos. Influentes ou não nessa realidade, os gases do efeito estufa alteram a composição química da atmosfera.

Com base no diagnóstico das mudanças climáticas, caso haja mesmo relação entre o aumento de temperatura e a emissão de "gases-estufas", porque ocorreu um declínio na temperatura média global em décadas posteriores à Segunda Guerra Mundial, quando o processo de industrialização se "alastrou" por quase toda parte do mundo e, conseqüentemente, aumentou a concentração de gases poluentes na atmosfera?

Atualmente, nos encontramos no final de um período interglacial (mais quente), que começou há cerca de 15.000 anos. Os modelos paleoclimáticos direcionam-se para a chegada de uma nova era glacial, não evidenciados pelos atuais recordes de calor nos verões, mas sim, pelos recordes de frio nos invernos.

As discussões em torno das mudanças climáticas culminam num principal ponto: as escalas **(Tabela 1)**. No âmbito global (generalização), não se verifica, aparentemente, o aquecimento em todas as localidades do mundo, enquanto no local (especialização), confirmam-se as modificações microclimáticas, as quais têm uma relação direta ao ambiente circundante.

Tabela 1. Articulação das escalas geográficas do clima.

	ESCALA ESPACIAL	ESCALA TEMPORAL	GÊNESES	PROCESSOS
GENERALIZAÇÃO	Global	Mudança	Natural	Movimentos astronômicos, Glaciações, Vulcanismo, Tectônica de Placas
ORGANIZAÇÃO	Regional	Variabilidade	Natural e Antrópico	Sazonalidade, Padrões e Ciclos naturais, Mudanças da paisagem (desmatamento, poluição, etc.)
ESPECIALIZAÇÃO	Local	Ritmo	Antrópico	Uso do solo, Expansão Territorial Urbana, Cotidiano

Fonte: SANT'ANNA NETO, 2007.

Considerando a dinamicidade do clima (todos seus elementos estão em constantes e múltiplas interações) e das atividades antrópicas (diferentes e intensas mudanças ao longo da existência humana), torna-se impossível comparar dados de longas séries temporais, devido às diferenças espaciais de cada período. Desta maneira, não há como fazer previsões confiáveis sobre as mudanças climáticas, visto que as comparações só podem ser realizadas, para esta reflexão, com escalas espaciais e temporais iguais (ou, no mínimo, semelhantes). Além disso, as médias dos dados camuflam a realidade, pois não consideram as especificidades de cada lugar.

As previsões do IPCC não seguem este pensamento, criando uma abordagem catastrófica em torno do futuro do clima global. No diagnóstico apresentado, os desvios negativos e positivos, desde o século XIX, não passaram de 0,6ºC, enquanto o órgão governamental prevê, até no final do século XXI, um aumento de 1,5ºC a 6,0ºC - ou seja, do "alívio" a "catástrofe" mundial.

Infelizmente, tais "Cavalheiros do Apocalipse" influenciam, significamente, na população leiga, feito obtido pelo sensacionalismo veiculado por meios de comunicação em massa **(Figura 8)**, minimizando a discussão e favorecendo, economicamente e politicamente, determinados e limitados atores sociais.



Figura 8. Como os jornais brasileiros noticiaram o relatório do aquecimento.
Fonte: METSUL METEOROLOGIA, 2007.

É relevante salientar que não se deve, em hipótese alguma, desconsiderar as modificações antrópicas no ambiente natural, em especial na atmosfera; contudo, o "alarmismo" exagerado pode produzir efeitos contrários à sociedade, ao invés de conscientizá-la.

REFERÊNCIAS

CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista GEOUSP**, São Paulo, n. 16, p. 70-75, 2000.

GOMEZ, A. L.; GARCÍA, F. F. La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano. **Estudios Geográficos**, Madrid, ano XLV, n. 174, p. 5-34, jan./mar. 1984.

HIEB, M.; HIEB, H. **Water vapor rules the greenhouse system**. 2006. Disponível em: <http://mysite.verizon.net/mhieb/WVFossils/greenhouse_data.html>. Acesso em: 18 ago. 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007**: the physical science basis. Summary for Policy Makers (SPM). Gênova: WMO/UNEP, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>. Acesso em: 23 jun. 2007.

LANDSBERG, M. E. **The urban climate**. New York: Academia Press, 1981. 276 p.

LEROUX, M. Réchauffement global: une imposture scientifique! **Revue Fusion**, Paris, n. 95, mar./abr. 2003. Disponível em: <http://www.revuefusion.com/images/Art_095_36.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2007.

METSUL METEOROLOGIA. **IPCC AR4**: como os jornais brasileiros noticiaram o relatório do aquecimento. Disponível em: <http://www.metsul.com/secoes/visualiza.php?cod_subsecao=33&cod_texto=549>. Acesso em: 25 jul. 2007.

MOLION, L. C. B. Um século e meio de aquecimento global. **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 107, p. 20-29, mar. 1995.

_____. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Revista Climanálise**, Cachoeira Paulista, v. 3, n. 1, p. 1-5, ago. 2005.

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

NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH. Disponível em: <http://www.ncar.ucar.edu>. Acesso em: 20 jun. 2007.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Disponível em: <http://www.noaa.gov>. Acesso em: 20 jun. 2007.

NATIONAL SNOW AND ICE DATA CENTER. Disponível em: <http://nsidc.org>. Acesso em: 23 set. 2007.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. Londres: Routledge, 1987. 435 p.

SANT'ANNA NETO, J. L. Cambio climático y calentamiento global: entre la tragedia y la farsa. In: CONGRESO DE GEOGRAFÍA DE UNIVERSIDADES NACIONALES, 1., Junio 2007, Río Cuarto. **Palestras**... Río Cuarto, 2007. 62 p.

STRAHLER, A. N.; STRAHLER, A. H. **Geografía física**. 3. ed. Barcelona: Omega, 2000. 550 p.

UNIVERSITY OF SOUTH CAROLINA. Disponível em: <http://strata.geol.sc.edu>. Acesso em: 21 jun. 2007.