

# Noções teóricas complementares à questão climática atual: discutindo hierarquia, escala e variabilidade.

Antonio Carlos da S. Oscar Júnior  
Professor Auxiliar do Departamento de Geografia da FEUDUC

## Resumo

Hodiernamente as mudanças climáticas é uma das temáticas mais presentes nos debates e encontros científicos, tanto pela importância do tema para o desenvolvimento da sociedade, quanto pelas incertezas associadas aos argumentos-chave da hipótese. Vislumbrando a necessidade de continuidade crítica na análise da temática é que este artigo versa a respeito desse tema tão polêmico, trazendo para o horizonte de discussão, conceitos muito bem desenvolvidos no campo dos Sistemas Ambientais (Hierarquia, Escala e Variabilidade), enriquecendo, portanto a discussão e trazendo-a esta para o campo geográfico e da geocologia.

## Abstract:

*Nowadays the "climatic changes" is the theme more present in scientific meetings and discussions, both by its importance to the society development, as by the uncertainties associated to the key-arguments of hypothesis. Comprising the necessity of critical view to analyze the thematic, this paper discusses about a polemic theme, bringing for the debate, concepts well established at knowledge field of Environmental Systems (Hierarchy, Scale and Variability), enriching the discussion and bringing it to the geographic and geocological field.*

Recebido 09/2012

Aprovado 10/2012

Palavras-chave: geossistemas; aquecimento; distúrbio; CO<sub>2</sub>.

Key words: *geosystem; warming; disturbances; CO2.*

thony.oscar@gmail.com

## Introdução

A partir de 1970, após um período de resfriamento, surge a hipótese de que a temperatura média global da superfície estaria aumentando em função da interferência antrópica. Fundamenta-se essa hipótese em três pilares centrais: a série global de dados da temperatura do ar na superfície observada nos últimos 150 anos, o aumento observado na concentração de gás carbônico a partir do início do século XIX e os resultados obtidos com modelos numéricos de simulação do clima que indicam uma elevação na ordem de 3° C a 6° C da temperatura média da troposfera para os próximos 100 anos.

Porém, muitas incertezas e críticas estão associadas a essa hipótese. Segundo seus defensores evidências não faltam, além do degelo em ambos os hemisférios também há a significativa elevação do nível do mar, excepcionais pluviométricas e barométricas, intensificação dos processos de desertificação, entre outros. Mas para a vertente considerada cética, essas são provas frágeis e refutáveis, sobretudo, pela má qualidade das estações e dados climáticos a nível mundial e pela ainda ineficiência dos modelos numéricos de previsão climática.

Além disso, somam-se aos seus argumentos, estudos como do Professor Giorgio Giacaglia, que em uma pesquisa dos anos 1970, indicou a probabilidade de o globo estar caminhando para uma nova idade do gelo em decorrência de alterações nas atividades solares (Giacaglia, 1974). As grandes incertezas constantes nos relatórios do IPCC creditadas a alta variabilidade natural do clima, principalmente em nível regional, endossa ainda mais esse ceticismo.

Contudo, os estudos a nível local já constatarem a eficiência antrópica na produção de alterações climáticas, decorrente, sobretudo das alterações nos balanços energéticos entre o sistema superfície-atmosfera, lideradas pelas mudanças de uso do solo e as alterações químicas na baixa atmosfera proporcionadas pelo *input* e acúmulo de gases inerentes das atividades humanas. Mesmo assim, aqueles céticos à temática, apesar de reconhecer essa capacidade, alegam que frente ao sistema climático planetário essas alterações assumem insignificância.

Deixando o sensacionalismo e catastrofismo de lado, atenção deve ser dada para o fato de que os desastres naturais têm se tornado, de fato, cada vez mais frequentes e intensos. Como resultado disso, catalogam-se numerosas e recorrentes perdas econômicas e humanas (BLAIKIE et al, 1994; DILLEY *et al*, 2005), característica que corrobora as previsões feitas pela ONU desde 1990 quanto aos impactos provocados pelas mudanças do clima.

Para Marengo (2010), como resultado das mudanças climáticas, a frequência dos eventos extremos aumentou, tanto em termos de quantidade quanto de intensidade, tornando não só o homem como o espaço geográfico despreparado para os fenômenos atmosféricos. No caso brasileiro, muito nos interessa as previsões para o campo pluviométrico, uma vez que seus impactos são os mais significativos e parecem estar longe de deixar o protagonismo dos danos ao espaço e à população.

Segundo previsões do IPCC/ONU (2007), estima-se uma tendência de aumento da precipitação horária e sua frequência em várias porções do planeta, sobretudo nas áreas mais úmidas, mesmo em um quadro de poucas décadas (SEN ROY, 2009). Essa previsão torna-se alarmante quando

nos deparamos com o despreparo institucional e da infraestrutura brasileira, e de forma geral das áreas tropicais, para lidar com esses novos insumos climáticos.

Baseando-se tanto na possibilidade de potencialização dos impactos naturais decorrentes das possíveis mudanças do clima, quanto nas incertezas científicas a respeito da temática é que se devem estimular iniciativas que tragam o tema para uma discussão crítica e consubstanciada. No campo geográfico, essa ganha força à medida que devem ser consideradas como agentes potenciais de remodelagem da paisagem e influenciadora do ordenamento e gestão territorial.

Desse argumento surge o objetivo principal deste artigo, o qual discutirá as mudanças climáticas a partir de conceitos muito bem abordados no campo dos Sistemas Ambientais – Hierarquia, Escala e Variabilidade. Oferece-se assim um novo olhar, a partir de uma análise teórico-conceitual, a respeito dessa temática ainda tão contraditória no universo científico, servindo também para reafirmar a importância e contribuição da Geografia para a temática.

Nesse âmbito, a Teoria Sistêmica é significativa na medida em que estimulou a necessidade de se avaliar a organização como um todo e não somente por setores. Para esta proposta, as variáveis, sejam externas ou internas, de alguma forma influenciam o todo e interferem nos processos existentes na organização. Outro fator também de importância são as trocas (*feedback*) inerentes a todo o processo, sendo assim, assume-se que todas as partes de um sistema estão inter-relacionadas dando suporte para a integridade deste.

Graças à complexidade e originalidade da proposta, tão logo foi aplicada nas ciências ambientais, principalmente na Climatologia e Geomorfologia. Sua aplicação nessas áreas conduziu ao desenvolvimento de estudos que passaram a considerar a dinâmica, funcionamento e hierarquia, incorporando não somente o potencial ecológico e a exploração biológica, mas também a ação antrópica (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A partir desses esforços permitiu-se o desenvolvimento de um arcabouço teórico e metodológico para a análise do ambiente e sua associação com os fatos humanos, bases às quais recorreremos nesse artigo para atingir seu mote principal.

### **Hierarquia e escala: questões básicas de consistência**

Em diversas obras tem-se avaliado que a perspectiva da Teoria Geral dos Sistemas (T.G.S) veio em resposta ao esgotamento das perspectivas analíticas e não reducionistas baseadas em princípios mecânicos-causais (ARNOLD; RODRIGUEZ, 1990). Propõem-se então uma evolução de paradigma, centrando-se agora na noção de conjunto orgânico do todo.

Compondo esse conjunto, existem os elementos em inter-relações, ora mais ou menos estáveis, que constituem a estrutura do sistema. De acordo com Buckley (1970), as interligações das classes desses elementos constituem a estrutura particular do sistema, permitindo atingir um ponto de “totalidade” com certo grau de continuidade e limitação.

Nesta nova estrutura conceitual, o problema do fracionamento das partes de um todo sistêmico é secundário, afinal o que importará são as relações entre elas, que no final conduzirão à organização funcional desse todo (MONTEIRO, 1976). Assim, abandona-se a hipótese de que a soma das partes representa o todo, afinal as inter-relações fazem desse todo algo muito mais complexo.

Por essa característica dos sistemas, a noção de hierarquia pode ser avaliada como um dos princípios fundamentais dessa teoria. Essa máxima pode ser constatada na obra de Monteiro (1976) que a considera como a primeira questão de consistência para sua proposição teórica do Sistema Clima Urbano.

Koestler (1969) *apud* Monteiro (1976), em seu trabalho pioneiro a respeito da T. G. S., faz uma esclarecedora analogia a respeito da noção de hierarquia, comparando-a a uma árvore viva. Segundo a avaliação desse autor, hierarquicamente, temos um multinivelado, estratificado e esgalhado padrão de organização.

Assim, os sistemas não devem ser vistos apenas como agregados de partes elementares refletindo-se taxonomicamente através dos estratos, mas sim como subconjuntos em vários níveis de hierarquia definindo sua organização. Serão, pois, esses níveis que definirão a profundidade e complexidade do sistema.

Segundo Simon (1962) *apud* Urban *et al* (2006) os sistemas hierarquicamente organizados podem ser decompostos em componentes funcionais discretas operantes em escalas diferentes. Assim sendo, podem ser organizados em níveis de acordo com sua funcionalidade, definindo um reticulado interdependente, onde cada nível similar e em interação tornar-se-á um agregado funcional para o nível superior.

A partir dessa estrutura permitimo-nos pensar na ocorrência de fluxos de dois tipos: horizontais e verticais. No primeiro caso, os componentes dos agregados interagem mais frequente e intensivamente entre eles mesmos do que com os componentes de outros agregados, sendo por tanto, trocas limitadas a um mesmo nível. Já as do segundo tipo, ocorrem entre os diferentes níveis, nesse caso, as interações entre componentes de um nível refletem-se no comportamento das componentes do nível imediatamente superior (URBAN *et al*, 2006).

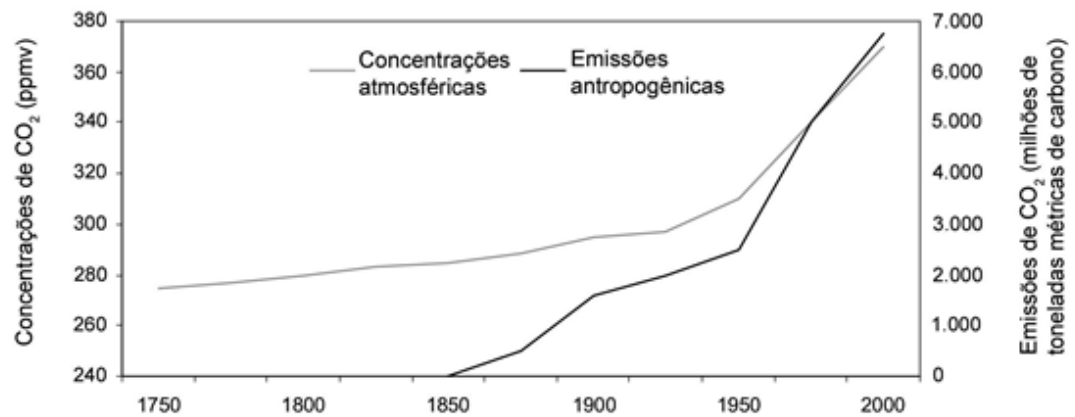
Resgatando esse conhecimento e aplicando-o à questão climática atual, vemos que teoricamente, os níveis inferiores, através dos fluxos verticais, podem ser capazes de provocar alterações no comportamento dos níveis superiores e vice-versa. Dessa forma, alterações que ocorrem na escala do local e/ou regional, poderiam repercutir nos níveis climáticos superiores culminando em alterações nos padrões climáticos globais.

É consensual que as atividades antrópicas, capitaneadas principalmente pelas alterações nos padrões de uso do solo, inserindo novos elementos no meio, podem provocar repercussões no balanço energético local. Podemos citar o exemplo do asfalto, elemento ícone do progresso e modernidade urbana, que devido seu albedo promove pouca reflexão da energia e grande acúmulo, favorecendo o aquecimento.

Outro fato inerente aos centros urbanos e fortemente vinculado à hipótese do aquecimento global é reflexo direto do modelo econômico vigente, que se baseando no modelo industrial com matriz energética dependente do carvão mineral e petróleo, intensificou a concentração de gases na atmosfera, dentre eles o CO<sub>2</sub>, visto hoje como o grande vilão climático.

Segundos os relatórios do IPCC (2007), a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera começou a aumentar no final do século XVIII, quando se iniciou a revolução industrial. Desde então, a concentração atmosférica desse gás passou de 280 p.p.m (partes por milhão) no ano de 1750 para 389,6 p.p.m em 2010, representando um incremento de aproximadamente 39%, conforme verificamos no gráfico 01.

Gráfico 01 Evolução da Concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera terrestre.



Fonte: IPCC Quarto Relatório, Grupo de Trabalho III. Maio de 2007

Ao nível climático local, essas transformações e novos elementos introduzidos no ambiente tem favorecido a ocorrência de alterações significativas na baixa atmosfera. Em 1981, Landsberg já tentava quantificar como essas transformações repercutiam no clima local e chegou à conclusão que o meio urbano caracteriza-se pela maior concentração de poluentes, uma menor radiação, maior nebulosidade e precipitação pluviométrica, além das maiores temperaturas.

Tomando então o clima como um sistema orgânico e hierarquizado, com intensas trocas verticais entre os níveis, pressupõe-se que as alterações provocadas no agregado do nível local provoquem também alterações/perturbações no comportamento à nível regional e consequentemente planetário, contudo, decaindo a intensidade conforme se aumenta de nível (SHUGART, 2006).

Dessa leitura, facilmente encontraríamos alguma correlação entre o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na baixa atmosfera, decorrente da intensificação das atividades antrópicas produtoras desse gás, e suas repercussões no clima global. Estaríamos, portanto a poucos passos de concluir alguma causalidade antrópica do fenômeno.

Outras informações ratificam essa conclusão. Segundo Ayoade (2010), a atmosfera é uma mistura mecânica de gases, sendo assim, alterações da composição atmosférica, dependendo do grau, certamente provocarão reflexos nos mecanismos de circulação atmosférica e no balanço da radiação.

As críticas, porém apontam para insignificância da representatividade desse aumento de 39% de CO<sub>2</sub> apontado pelo IPCC, já que frente a dimensão planetária a escala da vida humana limita-se a parcela ínfima da superfície da Terra (FELÍCIO, 2012), introduzindo por tanto a questão escalar na discussão. Por isso, concordamos, em partes, com este autor que as previsões atuais são alarmantes, catastróficas e superestimadas.

Mas a inquietação vem da contribuição de Wiens (2006) que advoga pela necessidade constante de desconfiança a respeito da estabilidade de um sistema. Sendo assim, não podemos

saber ao certo o limiar de equilíbrio ao qual se encontra o sistema climático, mas certamente também não devemos limitá-lo a uma correlação espúria e direta com a concentração de um único gás, já que outras variáveis, tais como as atividades solares, vulcânicas, oceânicas e afins, influenciam tanto quanto o clima global.

A partir da sistematização da problemática à luz da Teoria Hierárquica, permitimo-nos a priori não concluir da total impotência antrópicas em provocar alterações climáticas. Permitimo-me entendê-las como oriundas da cumulatividade de distúrbios provocados no comportamento de níveis inferiores, sendo, porém esses distúrbios mais significativos nos níveis basais, por isso a importância do Clima Urbano.

Caso as críticas à teoria das mudanças climáticas por causas antropogênicas limitassem-se apenas a cumulatividade de efeitos ao longo dos níveis climáticos, certamente vislumbraríamos com essa argumentação certa redução dos impasses. Apontaríamos assim para a possibilidade de mudanças, só que não tão acentuadas como as divulgadas até o presente momento, visto as escalas envolvidas na temática.

Conforme aponta Molion (2007) mais de 97% das emissões de gás carbônico são naturais, provenientes dos oceanos, vegetação e solos, cabendo a sociedade menos de 3%, total que seria responsável por uma minúscula fração do efeito estufa atual, algo em torno de 0,12%, mostrando a superestimação das expectativas. Mas para esse autor a hipótese não é superestimada, mas sim completamente inválida à medida que há uma subversão no papel atribuído ao CO<sub>2</sub>.

Isso porque esse gás não pode ser considerado um gás antropogênico, e nem tão pouco vilão causador da intensificação do efeito-estufa. Esse é um gás natural e graças a ele plantas fazem fotossíntese, produzindo açúcares, amidos e fibras que mantêm vivos outros seres heterotróficos (AYOADE, 2010).

Críticas ferozes são atribuídas também às técnicas utilizadas na obtenção das medições pretéritas, baseadas nas bolhas de ar das geleiras, que segundo muitos glaciologistas, devido às intensas reações químicas e difusão de ar que ocorrem nas bolhas, causadas pelas elevadas pressões que estão submetidas (mais de 300 vezes superiores às da atmosfera), a composição química e isotópica original do ar sofre intensas transformações.

Portanto, o solucionamento dessa questão não é tão simples quanto parece. Sendo necessários estudos mais precisos que apontem a real eficiência do CO<sub>2</sub> como indutor de aquecimento. Para Ayoade (2010), esse gás faz parte de um conjunto daqueles que absorvem, refletem e difundem tanto a radiação solar como a terrestre, sendo, portanto, influenciador da balança de calor do sistema terra-atmosfera e da estrutura térmica da atmosfera, afetadas diretamente pela quantidade e distribuição daqueles.

Sendo assim, contrariando aqueles céticos, não podemos desconsiderar que alterações na quantidade de quaisquer gases na atmosfera podem culminar em certas alterações nos mecanismos de circulação e absorção/distribuição da radiação. Porém, a atenção deve estar concentrada na escala e intensidade dos distúrbios, já que o Sistema Climático Global, facilmente absorveria oscilações na ordem de 0,12% de CO<sub>2</sub>.

Percebe-se então que a compreensão dos níveis componentes do sistema climático e suas escalas (temporal e espacial) relativas são fundamentais para o reconhecimento das alterações que podem ser provocadas e seus rebatimentos climatológicos. Alertamos aqui pela não confusão a respeito dos termos escala e nível.

Conforme advoga King (2006) quando falamos de níveis, estamos nos referindo aos níveis de organização de um sistema hierarquicamente organizado, o qual não é definido por suas dimensões físicas, exceto em alguns casos particulares. Já escala, na leitura desse mesmo autor, restringe-se a dimensão física espacial e temporal de um objeto ou evento.

Já na Geografia a escala é tratada como uma estratégia de aproximação do real que inclui a inseparabilidade entre tamanho e fenômeno (CASTRO, 2006). Eis que as ordens de grandezas relacionadas a essas dimensões tempo-espaciais, já taxonomicamente classificadas por inúmeras iniciativas, podem nos oferecer subsídios para compreender os elementos e fenômenos subjacentes a cada nível de organização. Por mais que não sejam a mesma coisa, destacamos, contudo a complementaridade entre nível e escala, sendo, portanto esta outra questão de consistência.

Outro indicio que revela a expressiva associação entre clima e unidade espacial está no fato deste se posicionar no espaço concreto, tridimensional da superfície terrestre através daquilo que lhe constitui o arcabouço – as formas do terreno. Sendo, portanto obvias as razões pelas quais as unidades espaciais do clima estão muito ligadas às unidades geomorfológicas (MONTEIRO, 1976). Por isso, permitimo-nos, do ponto de vista de um Geógrafo, enquadrar o clima naquela particularidade mencionada por King (2006), já que sua dimensão espacial implicará na sua organização.

Sendo assim, tomamos como base a destacável iniciativa do Professor Monteiro (1976), que se baseando em critérios taxonômicos, expressos no quadro 2 (ordens de grandeza entre as partes do sistema climático) e os critérios de níveis de organização do SOHO (*Self-regulating Open Hierarchic Order*) de Koestler (1967) baseando-se nos hólons<sup>1</sup>, propõem uma interessantíssima classificação hierárquica do clima.

Segundo o Geógrafo brasileiro: “Parece-me que, ao longo de um escalonamento taxonômico, os níveis que atravessam e constituem a hierarquia de sua organização funcional revestem-se, eles próprios, de um caráter peculiarmente variável em ordem crescente na organização funcional.” (MONTEIRO, 1976: 115). E concluiu afirmando que:

“Num primeiro nível (**zonal**), parece-me que as propriedades agem no sentido de diversificação do todo, passando, num segundo nível (**regional**), à organização propriamente dita, capaz de manter os hólons em missões e desempenhos de maior solidariedade funcional. Num terceiro (**local**), parece que se produz uma definição no sentido da especialização.” (Monteiro, 1976: 115. **Com complementos nosso**)

Assim, teríamos três níveis climáticos prioritários e com funções bem estabelecidas, sendo eles:

### **1º: Nível Zonal – Função: diversificação**

Os principais fatores que atuam nesse nível de organização climática são: latitude, altitude, continentalidade e o próprio movimento de rotação da Terra. Torna-se, pois, nesse nível, importante a estruturação do globo em faixas ou grandes zonas climáticas (faixas latitudinais). Aparecem, no entanto, climas azonais, e esse grau de azonalidade, resultam principalmente da influência da altitude, induzindo (por exemplo)

<sup>1</sup> Segundo Koestler (1967), são formas intermediárias de organização que influenciam tanto nas propriedades autônomas quanto naquelas dependentes das partes.

Quadro 2 **Categorias taxonômicas da organização geográfica do Clima e suas articulações com o Clima Urbano**

Ordens de Grandeza	Unidades de Superfície	Escala Cartográfica de tratamento	Espaços Climáticos	Espaços Urbanos	Estratégias de Abordagem		
					Meios de Observação	Fatores de Organização	Técnicas de Análise
	-	-	-	-			
<b>II</b>	106 (milhões de km)	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites Nefanálises	Latitude; Centros de Ação.	Caracterização geral Comparativa
<b>III</b>	104	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas, Sondagens, rede meteorológica de superfície.	Sistemas Meteorológicos	Rede Transectos
<b>IV</b>	10 <sup>2</sup> (centenas de metros)	1:1.000.000 1:500.000	Sub-regional (fácies)	Megalópole, grandes áreas metropolitanas.		Fatores Geográficos	Mapeamento Sistemático
<b>V</b>	10 (centenas de km)	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana, MetrÓpole.	Posto Meteorológico; rede complementar.	Integração Geoecológica, Ação Antrópica.	Análise Espacial
<b>IV</b>	10 <sup>2</sup> (Centenas à milhares de metros)	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidades grandes ou subúrbio de MetrÓpole.	Registros Móveis (episódicos)	Urbanismo	
<b>VII</b>	Dezenas de metros	1:10.000	Topoclima	Pequena cidade. Fácies de Bairro/ subúrbio de cidade	Detalhe (Arquitetura)		Especiais
<b>VIII</b>	Metros	1:2.000	Microclima	Grade edificação-setor de habitação	Bateria de Instrumentos Especiais		Habitação



o aparecimento dos climas de montanha ou de neves constantes, muitas vezes dentro da própria zona equatorial.

Do equilíbrio resultante entre a recepção diferencial de calor entre as varias faixas de latitude, dos deslocamentos dos ventos para Oeste provocados pelo movimento de rotação da Terra e da distribuição das terras e águas, resultam os Climias zonais.

### **2º: Nível Regional – Função: organização**

À medida que passamos a desdobrar os Climias Zonais em unidades menores, surgem novos fatores que assumem importância e que passam a interagir com aqueles citados anteriormente. No nível regional é necessário esclarecer que a grandeza escalar (tamanho ou extensão espacial) varia bastante, na realidade surgem muitas vezes “Climias intrarregionais” dependendo da combinação resultante entre os vários fatores.

Como variáveis importantes a serem levadas em conta nos estudos de Clima de caráter regional, a exposição, forma e orientação do relevo assumem um papel destacado. É também nesse nível que as variações, ano a ano na localização e frequência dos centros de alta e baixa pressão, organizadas em células de circulação geral, definem o ritmo de variação anual, sazonal, e mensal dos principais elementos climáticos. Resultam, pois, da interação entre os fluxos tropicais e extratropicais, o maior ou menor grau de irregularidade climática sobre uma determinada região.

### **3º: Nível Local – Função: especialização**

A influência das alterações provocadas pelas atividades do homem no clima exige dos estudos nesse nível, a introdução de novos instrumentos de análise. Para Monteiro (1978) o homem, com sua ação modificadora, age em grau crescente da escala taxonômica, criando, portanto as menores unidades e alterando as subsequentes, ao agir sobre as propriedades extensivas do clima.

O estudo do clima local, dificilmente pode ser feito sem se apoiar em outras áreas do conhecimento geográfico, tais como: Geomorfologia, Geografia Urbana, Pedologia, Biogeografia, os quais são influenciados e influenciam o clima, promovendo sua especialização. Por outro lado, temos ainda que considerar as grandezas intermediárias, já que, entre o nível regional e o nível local, existem climias intrarregionais com subsistemas atmosféricos diferenciadores do clima. Convém, ainda, salientar que a definição dos tipos de tempo, se faz principalmente no nível da organização climática regional, que influenciará diretamente nesse nível e na especialização climática.

Reconhecemos que existem ainda outros níveis abordados na obra de Monteiro (1976), sendo eles o Meso, Topo e Microclima. Contudo permito-me avalia-los como desdobramentos do clima local, tendo igual função deste, de especialização, quando comparados ao sistema climático planetário, sendo, portanto sua omissão neste caso, não significativa.

Em rápida avaliação dessa organização hierárquica apresentada, os fluxos preferencialmente ocorrem do nível superior (L+1) atingindo conseqüentemente os níveis inferiores (L e L-1). Essa perspectiva pode ser explicada pelo fluxo principal energético – solar – ocorrer nessa ótica, e, além disso, os grandes forçantes climáticos localizam-se no nível zonal, sendo por isso, esse nível reconhecido o mais importante para a diversificação climática.

Contudo, a emergência do Homem como possível forçante no nível local, pode conforme viemos discutindo até aqui, redirecionar fluxos e alterar o comportamento dos elementos na ordem inversa, ou seja, dos níveis inferior (L-1) para os superiores (L e L+1). Relembramos, porém, que as forçantes antropogênicas promovem mais intensas repercussão de distúrbios ao sistema climático local.

Vendo a recente extensão e magnitude do fenômeno urbano, hoje alcançando a escala regional através das metrópoles e megalópoles, permito-me questionar a respeito da capacidade do homem de causar distúrbios diretos e cada vez mais intensamente no nível climático regional. Esse destaque é importante à medida que na compreensão de Monteiro (1976), o nível regional pode ser visto, como um nível fundamental da organização do sistema climático.

Encontramos também nos argumentos de Pédalaborde (1969), alguma afinidade com o nível regional quando o autor atribui a essa “*o máximo de generalidade compatível com o máximo de verdade concreta*”. Permite-se então, mais uma vez, não condenar aqueles que creem na interferência cada vez mais ativa do homem no clima planetário.

Assim sendo, em breve avaliação, do ponto de vista teórico, as causas antrópicas das mudanças climáticas podem ser avaliadas como coerentes e racionais, porém os métodos de aferição, a qualidade dos dados e os escândalos a respeito da ética de alguns cientistas envolvidos testemunham contra a legitimidade da hipótese. Mas, talvez a maior fragilidade da hipótese, resida justamente no problema da escala, visto que os dados e as previsões (catastróficas) mostram-se em diacronia.

### Entre variabilidade e mudanças climáticas

Outra questão, também associada à escala, e vista como conceito base da Climatologia, concentra-se na variabilidade climática, na qual muitos se baseiam para contestar a hipótese em questão. Porém, na avaliação de Nunes e Lombardo (1995), esse é um objeto ainda sem consenso, já que diversos autores o abordaram de forma arbitrária. Credita-se isso ao fato de o sistema climático ser de tal modo complexo em termo de dinâmicas e processos interescares que as técnicas e o próprio conhecimento são ineficientes e parciais.

Roncato et al (2002) advoga que a variabilidade climática é melhor representada como sendo a maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro. Complementando o conceito, Sant’Anna Neto (1998:122 e 123) salienta que, “a extrema variabilidade dos fenômenos meteorológicos, antes de ser encarada como anormalidade, é a essência da própria irregularidade natural do clima”, sendo assim “flutuações que ocorrem de ano para ano, condições de tempo severas ou estações mais quentes ou secas do que o usual, por exemplo, fazem parte da variabilidade climática, sendo apenas menos frequentes” (Nunes, 2009:56). Deste modo, como avalia Brandão (1987:26) “tão importante quanto a definição dos termos, é a questão da escala de tempo considerada no estudo da variabilidade climática.”

Hermann Flohn (1977) *apud* Brandão (1987:26) nos apresenta uma importante distinção entre os três conceitos de suma importância para a climatologia, e que nesse momento de maior vislumbre das questões climáticas, acabam pela rotineira utilização sendo vulgarizados. Segundo ele, o termo mudanças climáticas deve ser restrito a mudanças maiores, enquanto que variação climática deverá ser empregada no que se refere às mudanças, as quais têm sido observadas usando médias de um período de trinta anos (normais climatológicas). Já o termo flutuações climáticas tem melhor aplicação para os desvios de curta duração.

Alguns estudos referem-se à existência de ciclos climáticos, ou seja, padrões cíclicos de concatenação climática que personificam bem a questão da Variabilidade do Clima. Contudo, nesses estudos atribui-se esse comportamento às forçantes de grande escala dos níveis superiores, tais como as manchas solares (BRANDÃO, 1987; TALBONY, 1979).

Nesta perspectiva o homem enquadrar-se-ia, portanto, na escala das variações e flutuações climáticas e intervenções no nível climático local, não sendo, a priori, qualificado para impactar dessa forma o clima planetário. Seríamos capazes de alterar os atributos climáticos locais, que como já defendemos pode afetar cumulativamente os níveis superiores, porém os mecanismos genéticos do clima, concentrados em níveis superiores não podem ser alterados pelas atividades antropogênicas, sendo a partir daí difícil concordar com a hipótese antropogênica ao nível global.

A questão complica-se quando nos deparamos com a afirmação de Sant'Anna Neto (op.cit) que as anomalias fazem parte da variabilidade natural do clima tanto quanto os eventos habituais. Entramos aí em uma clara lacuna a ser trabalhada neste campo científico, o que podemos considerar como habitual ou anômalo quando trabalhamos com um sistema altamente dinâmico e complexo? Como equacionar uma equação no qual a relação linear não se aplica, e que os algoritmos devam considerar padrões de variações inabituais quase imprevisíveis?

Ao longo do conhecimento dos mecanismos atmosféricos e do comportamento do clima alguns fenômenos outrora apontados como anomalias hoje são lidos como intrinsecamente naturais e relativos ao comportamento das dinâmicas naturais, entre eles o El Niño e La Niña, que provocam alterações significativas em algumas porções do planeta e já em outras, a priori não apresentam qualquer significância.

Em estudos desenvolvidos por Oscar Júnior *et al* (2010) e Monteiro (1998), o primeiro para o caso do município de Duque de Caxias (RJ) e o outro para o caso de Porto Serra Pilar (Porto), os autores avaliaram a inexpressividade do fenômeno na variabilidade termo-higrométrica nas áreas supra citadas. Já outros estudos, correlacionam as disritmias positivamente ao fenômeno, deixando claro que os controladores climáticos regionais, locais e globais, diante de uma pressão qualquer têm comportamentos diferenciados e com alto grau de imprevisibilidade.

Aproveitamos a oportunidade para destacar que a variabilidade respeita também os padrões de hierarquia organizacional do sistema climático, sendo assim, as variações nos níveis inferiores, com maior dinamismo e volatilidade, é o que repercute diretamente na escala humana, vide os exemplos das catástrofes hidrometeorológicas ocorridas no Rio de Janeiro, altamente concentradas no tempo e espaço. Já fenômenos tal qual o El Niño/La Niña, atuante em escala regional e global, afeta de forma mais irregular e menos intensa o cotidiano social.

Em breve avaliação pode-se dizer que a variabilidade climática, em especial as anomalias inerentes a esta, característica dos níveis climáticos inferiores afetam mais os sistemas inter-relacionados ao climático, tal como o complexo de paisagens e o sistema urbano, por exemplo, do que a própria estrutura do sistema climático, ao passo que a variabilidade climática de padrões regionais e globais gera uma força maior sobre a estrutura de seu próprio sistema (o climático), mas que na escala de vida das pessoas não tem uma repercussão tão imediata, direta e incisiva.

Nessa linha, Kandel (2002) organizando as idéias associadas às Mudanças do Clima nos dá uma valorosa contribuição ao afirmar que a vida das pessoas não mudou por causa do (re) aquecimento, mas antes em virtude das novas tecnologias de produção industrial, transporte e telecomunicações, dos progressos nas áreas de saúde pública e da medicina, do desenvolvimento econômico e das guerras, que ocorrem na escala do cotidiano. Talvez seja a hora então, de ao invés de questionarmos a respeito de Mudanças físico-químicas *stritu-senso* da atmosfera, culminando em Mudanças do Clima, trazer a problemática para o campo socioambiental.

Defendemos isso, visto que nosso modelo econômico gera forçantes sociais que expõem cada vez mais a população e o substrato físico às situações vulneráveis, esboçando a partir daí situações de risco, mesmo a qualquer oscilação natural do clima, vide a proposta de Nunes (2009) da necessidade de reconsiderar o conceito de eventos extremos, já que nossas estruturas têm-se mostrado frágeis aqueles eventos tradicionalmente considerados habituais. Assumindo essa perspectiva, de qualquer forma o Homem assume proeminência na temática, sendo ele, portanto importante ator para compreensão da realidade e dos fenômenos espaciais.

### Considerações finais

Assumimos assim que essa temática ainda está longe de ser solucionada cientificamente, isso porque nossos conhecimentos a respeito da atmosfera e do clima, e conseqüentemente os modelos de prognósticos estão bem aquém da complexidade inerente ao sistema climático. Tentamos neste artigo abordar a questão a luz de alguns conceitos fundamentais da Teoria Geral dos Sistemas que permitiu-nos algumas conclusões:

1. há uma coerência teórica em pensar na possibilidade antropogênica de mudanças climáticas, contudo a escala, representatividade e inconfiabilidade dos dados mostram que as previsões são superestimadas e catastróficas, sendo, portanto estes os principais pontos fracos da hipótese;
2. o nível climático local apresentou-se nessa argumentação como o merecedor de atenção, sendo este o que mais sofre com as ações humanas e igualmente mais faz-se sentir no cotidiano da sociedade, tornando, nessa escala, incontestável a interferência humana nos parâmetros climáticos;
3. os estudos a respeito dos ciclos climáticos tem demonstrado a estreita relação do nível climático superior com forçantes além da escala da vida humana, sendo controlados pela ordem cósmica e dos oceanos, restringindo mais uma vez o fato antrópico à mudanças no nível local;
4. a expressão do fato urbano pode representar alguma interferência no nível climático secundário, o regional, merecendo esse fato atenção já que se a interferência humana conseguir impactar diretamente esse nível, que tem a funcionalidade de organização climática, possivelmente interferirá ativamente na produção mudanças climáticas nos níveis superiores;

Essa temática e questões correlatas merecem o apreço da Geografia à medida principalmente que tomamos a paisagem como um dos conceitos fundamentais deste campo. Para qualifica-la assumimos a contribuição de Bertrand (1968):

“A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução”.

Portanto, a questão climática atual, trazendo-nos a possibilidade de mudança é significativa para pensar esse complexo que é o sistema de paisagem. De acordo com Christofolletti (1999) “o geossistema resultaria na combinação de um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), uma exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e uma ação antrópica, não apresentando, necessariamente, homogeneidade fisionômica, e sim um complexo essencialmente dinâmico”.

Dessa mutualidade, mudanças (diretas e indiretas) ocorridas ao longo desse complexo repercutem sobre o suporte biogeofísico e finalmente atingem a sociedade, que depende e modifica fortemente este. Sendo, portanto imperativo o pensar dessa questão para subsidiar o planejamento e ordenamento do território, com vistas à diminuição dos riscos e vulnerabilidades e aumento das oportunidades. Dessa forma a Geografia cumpre sua função privilegiada de discutir o espaço e a paisagem e de fomentar a produção de políticas de organização territorial.

Quando pensamos nos reflexos de mudanças já ocorridas nos Climas Globais e Regionais, com indícios paleontológicos, observamos que elas influenciaram também nas características da paisagem. Entre outros exemplos, destacamos o clima do Nordeste brasileiro que na transição do Pleistoceno/Holoceno para o atual se apresentava mais úmido e relativamente mais frio que o presente, influenciando no domínio de uma densa floresta tropical nesta área (Oliveira *et al* 2005) fito-fisionomicamente muito diferente da atual. Aproveitamos esse exemplo para destacar, portanto a também importância dessa temática para a compreensão do complexo de paisagens e em especial para a Geoecologia.

### Agradecimentos

O autor agradece primeiramente à Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Brandão, por anos de dedicação e orientação esmerando-se no desenvolvimento de um jovem cientista questionador e inquieto. Também à Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Luiza Coelho Netto, que alimentou-me durante alguns meses com aportes teóricos que fundamentaram essa discussão. E finalmente, aos avaliadores, pessoas invisíveis e dedicadas, que contribuíram para a qualidade da contribuição e questionamentos que se pretende passar nesta obra.

### Referências bibliográficas

- ARNOLD, M.; RODRÍGUEZ D., - “*Sociedad y teoría de sistemas*”. Santiago de Chile (CL): Editorial Universitaria; 1990.
- AYOADE, J. O. - “*Introdução à climatologia para os trópicos*”. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 332 p: 2010.
- BERTRAND. G. – “*Paysage et Géographie Physique Globale : esquisse méthodologique*”. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, v.39, n.3, p. 249 – 272. 1969.
- BLAIKIE, P. et al – “*At Risk: Natural hazards, people’s vulnerability and disasters*”. London: editora Routledge, 284. 1994.
- BRANDÃO, A.M.P.M. - “*Tendências e oscilações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro*” – Dissertação de Mestrado em Geografia Física USP – São Paulo, 1987.
- BUCKLEY, W. - “*A sociologia e a moderna teoria dos sistemas*”. São Paulo: Cultrix, 1970.
- CASTRO, I. E. de. - “*O Problema da Escala*”. In: Geografia Conceitos e Temas. CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. (Org.). Rio De Janeiro: Bertrand Brasil, p. 117-140. 2006.
- CHRISTOFOLETTI, A.,- “*Modelagem de sistemas ambientais*”. 1ª edição – São Paulo: Blucher, 236 p., 1999.
- DILLEY et al. - “*Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*”. Washington: World Bank Publications: 2005.
- FELÍCIO, R. – “Verdades e Mentiras sobre o aquecimento global” Palestra proferida no Clube de engenharia, Rio de Janeiro: 22/05/2012.
- GIACAGLIA, G. E. O. - “*A Terra caminha par anova era glacial*”. O Estado de São Paulo, São Paulo. 30/06/1974.
- KANDEL, R – “*Lε réchauffement climatique*”- Paris: Presses Universitaires de France, 2002.

- INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATIC CHANGE – IPCC – “*Climatic Change: The IPCC scientific assessment*”. HUGHTON, J. T.; JENKINS, G. J.; EPHRAUMS, J. J. (Eds). Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- \_\_\_\_\_ - “*Mudanças do Clima 2007: a base das Ciências Físicas*”. MAC CARTHY, J. J. et al (Eds), Cambridge: Cambridge University Press. MAC CARTHY, J. J. et al (Eds), Cambridge: Cambridge University Press. Tradução MCT, 2007, disponível em: < [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0021/21811.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0021/21811.pdf)> acesso em 10/08/2011.
- KING, A. W., - “*Hierarchy theory and the landscape... level? or Words do matter.*” In: WIES, J. A.; MOSS, M. R. et al. Foundation papers in Landscape Ecology, New York: Columbia University Press: p.p.:29-35, 2006.
- LANDSBERG, H. E. – “*The urban climate*”. New York: Maryland Academic Press, 1981.
- MARENGO, J. A. – “*Mudanças Climáticas, Condições Meteorológicas Extremas e Eventos Climáticos no Brasil*”. In: FBDS (org) Mudanças Climáticas Eventos Extremos no Brasil. p: 05-19. FBDS & LLOYD’S. 2010.
- MOLION, L. C. B. - “*Desmistificando o Aquecimento Global*”. Intergeo, v. 5, p. 13-20, 2007.
- MONTEIRO, A. - “*Os mitos do aquecimento global e do El Niño ou a alienação colectiva do homem relativamente aos impactes que gera no ecossistema*” – Boletim informativo da rede Portuguesa de Educação Ambiental, Nº7. Portugal:Março de 1998.
- MONTEIRO, C.A.F. - “*Teoria e Clima Urbano*”. IGEO-USP, Instituto de Geociências, USP, Série Teses e Monografias, 25, São Paulo, 181 pp. 1976.
- MONTEIRO, C. A.F. - “*Clima e Excepcionalismo*”. Florianópolis: UFSC, 241p. 1991.
- NUNES, L. H. – “*Mudanças climáticas, extremos atmosféricos e padrões de risco a desastres hidrometeorológicos*” In: HOGAN, D. J. & MARANDOLA JR, E. (org) Populações e mudanças climáticas: dimensões humanas das mudanças ambientais globais, p: 29-52 – CAMPINAS: NEPO/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2009.
- NUNES, L. H.; LOMBARDO, M. A. - “*A questão da variabilidade climática: Uma reflexão crítica*”. Instituto Geológico. São Paulo, n. 16 (1/2) jan/dez, p. 21 – 31. 1995.
- OLIVEIRA, P. E. de. et al., - “*Paleovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil*”. In: SOUZA, C. R.; SUGUIO, K. et al (orgs), Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora: 2005.
- OSCAR JÚNIOR, A. C da S. e BRANDÃO, A. M de P. M. – “*Ocorrência de El Niño e Alterações Climáticas: estudo aplicado ao município de Duque de Caxias/RJ*”. In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, ABClima: Recife, 2010.
- RONCATO, R. A. e SANTOS, M. J. Z. – “*Variabilidade e Tendência Climática na Região de Campinas (SP) e sua Relação com o Uso do Solo*”. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, V, 2002, Curitiba. Anais... Curitiba: Mídia Curitiba, 2002.
- SANT’ANNA NETO, J. L. – “*Clima e Organização do Espaço*”. Boletim de Geografia, v.15, nº 01, p:119 – 131. UEM: Maringá, 1998.
- SEN ROY, S. – “*A spatial analysis of extreme hourly precipitation patterns*” In India. International Journal of Climatology. 29: 345–355, 2009.
- SHUGART, H. H – “*Equilibrium versus non-equilibrium landscape*”. In: WIES, J. A.; MOSS, M. R. et al. Foundation papers in Landscape Ecology, New York: Columbia University Press: p.p.:36 – 41, 2006.
- WIENS, J. A., - “*Spatial scaling in ecology*”. In: WIES, J. A.; MOSS, M. R. et al. Foundation papers in Landscape Ecology, New York: Columbia University Press: p.p.:291-301, 2006.
- URBAN, D. L.; O’NEILL, R. V.; SHUGART JR, H. H. - “*Landscape Ecology: A hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns*”. In: WIES, J. A.; MOSS, M. R. et al. Foundation papers in Landscape Ecology, New York: Columbia University Press: p.:265-273. 2006.
- TALBONY, R. C. - “*A spectral and filter analysis of long period rainfall records in England and Wales*”. Meteorological Magazine, 108 (1281): 97-118. 1979.