

## MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS: UMA QUESTÃO DE ESCALA

Paulo Cesar Zangalli Junior  
UNESP, Campus de Presidente Prudente  
pauloczangalli@gmail.com

João Lima Sant'Anna Neto  
UNESP, Campus de Presidente Prudente  
joaolima@fct.unesp.br

### CLIMATOLOGIA: APORTES TEÓRICOS, METODOLÓGICOS E TÉCNICOS.

#### Resumo:

Este trabalho tem o intuito de debater a questão da escala na perspectiva dos discursos das mudanças climáticas globais. A questão da escala é algo ainda pouco debatido e tem fundamental importância para compreensão real do problema, uma vez que somente com uma relação interescalar pode-se compreender e contribuir de fato para o debate sobre as questões referentes às mudanças climáticas. O problema da escala neste trabalho foi debatido através de elementos da compreensão de uma análise geográfica do clima, e elucidada através da modelagem climática global encontrada em artigos científicos publicados no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2008 nos periódicos “Theoretical and Applied Climatology” e “Climatic Change”. Conclui-se que os modelos de simulação do clima são falhos, pois necessitam dessa relação multiescalar ainda pouca realizada, além de que extrapolar o discurso para a escala global é desviar o foco dos reais problemas climáticos e suas repercussões espaciais buscando reafirmar um modelo de produção hegemônico, através de um discurso único e globalizado.

**Palavras Chave:** Mudança Climática, Escala, Geografia do Clima.

#### Abstract:

This paper aims to discuss the issue of scale within the discourses of global climate change. The question of scale is something rarely discussed and yet is of fundamental importance for understanding the real problem, since only a relationship with interescalar can actually understand and solve such issues concerning climate change. The question of scale in this work was discussed by elements of understanding of a geographical analysis of the climate, and elucidated by modeling global climate. We conclude that the climate simulation models are flawed because they require multiscale these relationships still held little besides that extrapolate to the global discourse is shifting the focus from the real problems and their climatic implications spatial seeking to reaffirm a production model hegemonic discourse through a unique global.

**Keywords:** Climatic Change, Scale, Climate Geography

#### Introdução e Justificativa

Estamos voltando ao determinismo geográfico já superado por La Blache, na metade do século XIX. La Blache foi um dos primeiros a estabelecer relação entre homem e natureza, deixando de lado o caráter determinista proposto por Ratzel colocando o homem como ser ativo das interações com a natureza, assim as necessidades humanas ao mesmo tempo em que é condicionada pela natureza, também a condiciona. Mas essa relação vem retrocedendo novamente para um determinismo fatalista das relações, pois essa interação entre sociedade e natureza vem sendo minimizada pelo enredo de que

o homem está causando o Aquecimento Global, negando de certa forma o caráter processual e dinâmico da natureza, pelo menos no âmbito da divulgação científica e na adoção dos discursos proclamados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

Este trabalho tem o intuito de discutir algumas dessas imposições deterministas que vem sendo adotado para consolidar um discurso hegemônico na construção de uma história global a cerca do clima do planeta. Debater as questões de escala é fundamental para compreender as dinâmicas e os processos naturais do clima e sua interação com as ações humanas e com o contexto social ao qual estamos inseridos. Essa discussão será estabelecida para que não se perca a real dimensão do problema e para que essa não extrapole uma dimensão generalizante que impeça que o debate indique uma solução adequada para o problema, se é que ainda há essa possibilidade.

Para isso tomamos como base uma análise geográfica do clima, buscando estabelecer relação com o contexto econômico, político e social que permeia o âmbito do discurso climático na escala global, buscando compreender dentro da ótica da Geografia do Clima (SANT'ANNA NETO, 2008) como se estabelece as relações do homem com o meio, ou seja, da produção do espaço com a dinâmica climática e quais suas possíveis repercussões.

Para dar base ao trabalho foi realizada uma ampla pesquisa em dois expressivos periódicos científicos internacionais no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2008: “Theoretical and applied Climatology” e “Climatic Change”, o que possibilitou entender e analisar os discursos que estão sendo produzidos pela ciência. Esses dados compreendem artigos científicos que fazem menção direta à escala de análise ou a interação dessas escalas como será discutido a seguir. A escala nesses artigos é abordada quase sempre na apresentação da complexidade dos modelos de simulação do clima global e na ineficácia ou não de suas aplicações em diversas escalas de análise.

## **Resultados e Discussões**

A escala é um fator essencial e ainda pouco discutido dentro de todo o processo que envolve a elaboração dos discursos do Aquecimento Global, isso porque quando se aborda a própria questão dos modelos climáticos caímos no problema da escala e na repercussão dos resultados, pois os modelos ainda não conseguem convergir em resultados satisfatórios sem que ocorra uma relação entre estes modelos e diferentes escalas, o que pouco se tem visto na literatura.

Para elucidar as questões da escala não podemos cair na armadilha de encará-las apenas como dimensões espaciais ou temporais, mas “como processos dinâmicos dotados de atributos altamente sensíveis aos ritmos, variações e alterações de todas as forças terrestres, atmosféricas e cósmicas que de alguma forma exercem, ou provocam qualquer tipo de interferência no sistema climático. Incluindo-se também, as interferências de origem antrópica e socioespacial” (SANT'ANNA NETO, 2010). Os processos estão relacionados tanto no tempo longo, quanto no tempo curto, expressas na condição de milhares de anos e em eras geológicas, com transformações do clima provocadas por

manchas solares, processos astronômicos, por exemplo, enquanto que o tempo curto faz referência ao tempo histórico, este sim evidencia a presença do homem e sua interferência e capacidade de modificação da paisagem (regional e local).

Para representar tais processos utilizamos alguns conceitos chave como mudança, variabilidade e ritmo climático (figura 1), e estes fazem referência à duração, velocidade, intensidade dos mecanismos que fazem com que o tempo e o clima tenham uma dinamicidade extremamente complexa. Se todo fenômeno geográfico se manifesta num determinado tempo e espaço em diferentes magnitudes, as variações climáticas também podem afetar o tempo e o clima de diferentes regiões em diferentes magnitudes, ou seja, uma alteração nos padrões de circulação atmosférica pode afetar diferentes regiões de diferentes formas, com um aquecimento ou resfriamento, com aumento dos padrões pluviométricos ou diminuição.

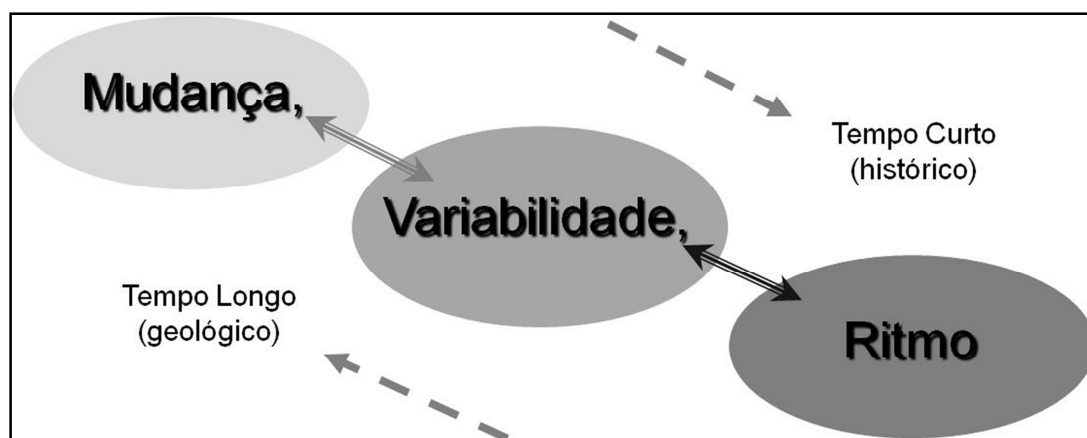


Figura 1. Escalas geográficas do clima (tempo longo e tempo curto). Fonte: Sant'Anna Neto, 2010.

A escala climática global faz referência a uma primeira ordem de grandeza, onde os processos e as dimensões da escala são determinados por uma lógica da circulação geral da atmosfera, da associação com a dinâmica dos oceanos, processos que determinam diferentes padrões climáticos para a superfície da terra. Fenômenos como as teleconexões (Oscilação do Atlântico Norte) e os ENOS proporcionam quando relacionado a fatores complexos da atmosfera diferentes climas como modificação dos padrões das correntes de jato, pela fase quente do El Niño, o que provoca aumento de precipitação no sudeste da América do Sul e secas no nordeste do Brasil. Porém, como a unidade de superfície é muito extensa, em sua representação cartográfica há uma limitação feita com correlações generalizantes (SANT'ANNA NETO, 2010). É nessa escala generalizante, onde o estabelecimento das relações entre os processos e dinâmicas climáticas são extremamente complexos e, portanto simplificados que vem se estabelecendo o debate e o discurso das questões climáticas atuais, porém a proposta deste trabalho é a superação dessa escala de análise. Para muitos cientistas, por exemplo, o ciclo de Milankovitch, responsável por mudanças nos padrões orbitais, explicaria, associado a outros fenômenos como os períodos de glaciação, toda essa mudança climática global verificada no período atual.

A escala regional se apresenta muito mais complexa, e para a pesquisa pode ser um ponto chave na concepção dos discursos científicos, pois é o resultado da interação multiescalar que procura eliminar ou aperfeiçoar os erros que ainda persistem na constatação de um discurso hegemônico sobre as mudanças climáticas globais. A escala regional, portanto, “resulta de uma combinação de dinâmicas e processos atmosféricos, tanto da ação da circulação geral, quanto da circulação secundária (ou seja, as áreas de pressão e o domínio dos sistemas atmosféricos)” (SANT’ANNA NETO, 2010).

A escala regional é um elemento extremamente complexo para a análise geográfica, pois se configura no palco da repercussão e definição dos processos climáticos, pois existem efeitos como o da continentalidade, as diferenças de relevo, fatores geográficos, que atuam com grande influência na conformação dos climas regionais. Não há, portanto, um limite geográfico determinado por uma extensão de km<sup>2</sup>, mas sim determinado pela diferença estabelecida entre células climáticas regionais, fruto da combinação de processos e fatores associados as particularidades dos fatores geográficos intervenientes.

Cabe lembrar que a intensificação e modificação das estruturas geográficas (espaço) pelo homem atuam também na conformação do clima regional, portanto, é nessa escala que se repercute e observa a ação antrópica, principalmente no clima. Porém, como mostrou a Figura 1, quando se debate as mudanças climáticas essas são representadas na escala global. O desafio, portanto é articular as questões globais com as regionais, relacionar os elementos da mudança com a variabilidade climática, mas até que ponto a ciência consegue suprimir os erros e compreender a complexidade e dinâmica dos processos e questão?

O gráfico a seguir mostra a quantidade de artigos científicos que abordam o conteúdo dos modelos climáticos nas diferentes escalas. Optou-se por abordar os modelos, pois muitas vezes, são eles que deveriam articular e fundamentar a análise multiescalar necessária para diminuição das incertezas, mas será mesmo que isso acontece?

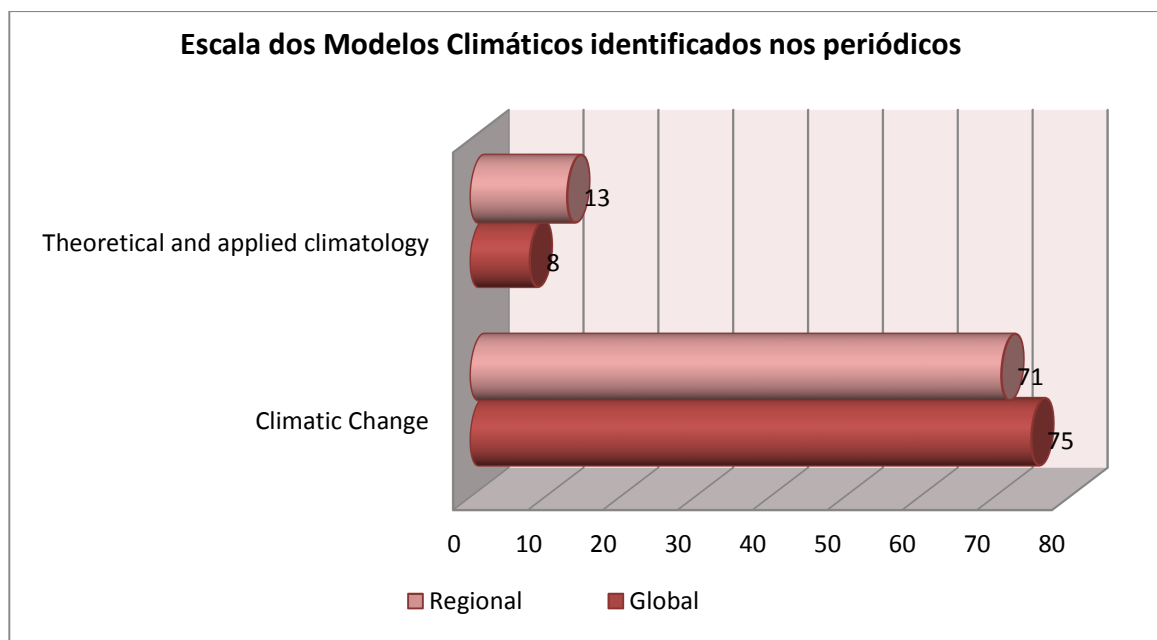


Gráfico 1. Quantidade de artigos que apresentam modelos climáticos em diferentes escalas

Nota-se que não há uma distribuição lógica entre as diferentes escalas de análise. Há certo equilíbrio entre as escalas climáticas por si só, pois um periódico científico apresenta um número maior de artigos na escala do regional enquanto o outro na escala global, mas se ficarmos preso a esses números podemos cair na armadilha de não identificar os tipos de modelos e muito menos a sua interação necessária entre mudança e variabilidade. Cabe, portanto ressaltar cinco pontos de grande importância: a) a utilização de modelos globais (AGCMs) para simular característica de climas regionais; b) a sobreposição de modelos globais com modelos regionais para melhoria das simulações; c) a presença de falhas; d) modelos econômicos, que simulam impactos e responsabilidades de mercados; e) artigos mostrando resultados satisfatórios quando trabalhados na escala regional.

O primeiro ponto a ser discutido é a utilização da modelagem climática global para caracterizar mudanças e impactos na escala regional. O modelo mais utilizado para trabalhar as mudanças climáticas são os Modelos Gerais de Circulação da Atmosfera (GCMs), representados na sua versão mais moderna pelo Modelo Geral de Circulação Atmosfera/Oceano (AOGCMs), são esses modelos que apontam para uma mudança nos padrões climáticos no tempo curto, mas geralmente expressam as condições globais mais genéricas. No entanto constatou-se que grande parte dos artigos que fazem menção a estes modelos globais estão expressando condições e impactos do clima regional. De fato há a interação das escalas, um processo não é independente do outro, o que justificaria a utilização desses modelos de circulação geral para simular o clima em escalas inferiores. Mas essa interação não é completa se não for expressa nos modelos as condições que fazem com que as forçantes globais atuem naquela determinada célula climática daquela forma, portanto a utilização de modelos globais para expressão do clima regional é falha e desconsidera a complexidade dos processos envolvidos.

Há, na literatura, artigos que comprovam e evidenciam isso, a interação de modelos climáticos globais, estes representando os processos e dinâmicas mais gerais da interação oceano atmosfera, com as particularidades de cada região e, portanto de cada célula climática regional. Essa interação é representada muitas vezes pela interação dos AOGCMs com modelos de evapotranspiração, ou modelos que usam como variáveis a vegetação por exemplo. O artigo publicado na revista *Climatic Change* intitulado *The Challenges of Modeling Climate Variability and Change in West Africa* (JENKIS; ADAMOU; FONGANG, 2002), evidencia a necessidade da interação dos modelos. Para os autores os modelos climáticos regionais apresentam uma melhor capacidade de representação da realidade, e essa interação pode resultar na diminuição das falhas ainda persistentes na modelagem e simulação do clima.

As falhas inclusive são outro fator essencial de se debater, pois cada modelo por si só não consegue representar, nem espacial e muito menos temporalmente os processos de configuração do clima. O próprio IPCC (2007) assume que a representação dos modelos ainda está longe de findar-se por completa, pois a complexidade do sistema climático acaba por tornar incógnitas, elementos que muitas vezes só são representados em escalas ainda menores, como é o caso das nuvens, dos aerossóis, das oscilações oceânicas, vegetação. Praticamente todos os artigos que buscavam aplicação, melhoria ou discussão de modelos climáticos apresentam em seus resultados ressalvas de que há, ainda, falhas significativas que sugerem melhoria e compreensão dos dados.

Mas, um fator em particular chama a atenção quando se trabalha a escala e os modelos, que é a questão dos modelos econômicos. Há no mínimo oito artigos que apresentam efetivamente modelos econômicos, os que apresentam desde potenciais impactos para a economia, com análise da produtividade agrícola, até modelos de custos-benefícios para as ações de mitigações propostas pelas mais diferentes entidades e formas. Um artigo em especial merece destaque, o artigo ‘World trade as the adjustment mechanism of agriculture to climate change’ (JULIÁ; DUCHIN, 2007) debate através de modelos com base em variáveis econômicas globais para calcular a capacidade da suficiência alimentar do planeta, indicando que a flexibilidade do comércio mundial seria suficiente para suprir a necessidade alimentar do planeta, mesmo que os impactos sobre a agricultura diminua as áreas produtivas e a variedade de produtos, mas indica que algumas áreas do planeta certamente passarão por escassez de alimentos. A resposta para essa questão inequívoca que se levanta diante de tal constatação é: Sim. A desigualdade provocada pelo sistema capitalista, este mesmo que se sugere responsável por tamanha mudança climática fará com que a população pobre e conseqüentemente países mais pobres sofram as conseqüências da possível escassez de alimentos. Mas ao mesmo tempo serão tais territórios que, possivelmente, se estabelecerão como os maiores produtores mundiais de alimentos.

Voltando à questão das escalas, há que se considerar a escala do local, de quarta a sexta ordem de grandeza. A redução da escala para o nível da especialização, onde a ação transformadora do homem altera de forma drástica o meio natural, faz com que a dinâmica e os ciclos temporais

aconteçam com velocidades variadas, ou seja, quanto menor a escala maior a complexidade, pois maior é a quantidade de elementos e processos envolvidos. É nessa escala em particular que o homem possui maior capacidade de transformar o clima criando, por exemplo, os microclimas (SANT'ANNA NETO, 2010).

O microclima apresenta-se na ordem dos metros quadrados, nos níveis do urbano, na modificação da paisagem rural. Os aspectos mais dinâmicos atmosfera são minimizados e com isso toma papel fundamental a radiação solar e sua interação com o nível dos detalhes, onde os aspectos da paisagem urbana e rural adquirem maior destaque. A conformação dos elementos da cidade, por exemplo, alteram o albedo, a refletância e absorção de calor o que altera o clima drasticamente em diferentes áreas da cidade, conformando fenômenos como as ilhas de calor Figura 2.

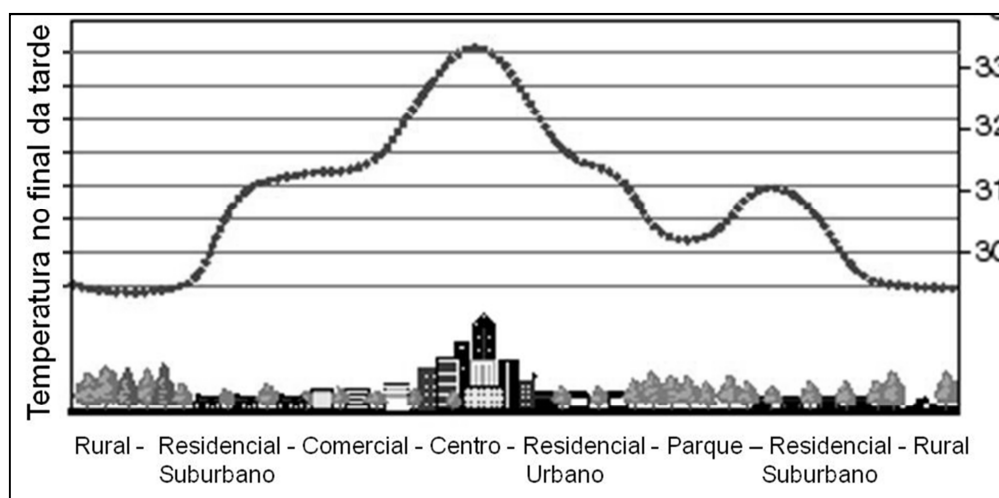


Figura 2. Perfil da ilha de calor urbana (temp. em °C). Fonte: Sant'Anna Neto, 2010.

O que cabe destaque, quando reduzimos a essa escala, é o fato da maior parte das estações meteorológicas utilizadas para compor a série histórica do IPCC estarem localizadas em áreas urbanas e, portanto, sob forte influência dos elementos e processos que conformam o clima urbano. Considerar esse fator na ordem de 0,06°C, como aparece nos relatórios do IPCC é, de certa forma, negar a própria ação antrópica sobre o clima. Se o homem transforma o meio natural e consequentemente transforma o clima local (mesoclima, topoclima e microclima) é nessa escala de análise que deveria estar o foco da discussão, e não como faz o IPCC, praticamente negar a existência e influência de tal escala na elaboração de seus relatórios.

A complexidade dos elementos da escala regional e local deve no mínimo assustar aqueles formuladores de políticas climáticas, pois analisar de forma análoga e genérica implica em medidas únicas, globais, e como sabemos faz parte de todo o processo capitalista negar a existência de especificidades locais para de certa forma padronizar os interesses e discursos locais. Negar as especificidades locais como fator de influência na série histórica e, portanto na própria conformação do Aquecimento Global é mais uma vez padronizar ações e praticas no intuito da consolidação de um mundo cada vez mais globalizado e hegemônico.

Em suma uma análise geográfica dos elementos do clima seria interessante na escala do local ou regional, pois:

“enquanto as escalas globais permitem apenas a generalização dos elementos e processos, as regionais possibilitam a compreensão das suas formas de organização, que podem ser verificadas de maneira especializada, e mais complexa, nas escalas locais (SANT’ANNA NETO, 2010).

### **Considerações Finais**

Em suma a análise global do clima nos coloca num entrave metodológico, pois a complexidade dos processos e das dinâmicas climáticas nos coloca numa padrão genérico que de certo modo impede ações efetivas que vão ao encontro de uma solução para o problema.

Os modelos globais são falhos e necessitam de uma interação multi escalar para que se estabeleça uma maior confiabilidade aos mesmos, fato que grande parte dos pesquisadores que utilizam destes modelos climáticos, dentre eles o próprio IPCC, reconhecem em suas publicações.

Debater os problemas ambientais, e conseqüentemente os problemas climáticos, na escala global é atuar na consolidação de um discurso hegemônico para reafirmar as lógicas capitalistas de produção, essas mesmas que são responsabilizadas por parte dessa mudança climática. Isso só se faz porque a generalização do debate promove barreiras que impedem o rompimento com o processo de produção capitalista, pois ao negar as especificidades locais e regionais inibem medidas reais de transformação dos discursos políticos e econômicos e conseqüentemente de suas praticas.

### **Referencias Bibliográficas.**

IPCC. **Climate change 2007: the physical science basis**. Cambridge, New York; Cambridge University Press, 2007.

JENKIS, G. S; ADAMOU, G; FONGANG, S. **The Challenges of Modeling Climate Variability and Change in West Africa**. Climatic Change, vol.52, nº 3, fevereiro de 2002. p. 263-286.

JULIÁ, R.; DUCHIN, F. **World trade as the adjustment mechanism of agriculture to climate change**. Climatic Change, vol.82, nº 3-4, 2007, p.393-409

ONÇA, Daniela S. **Quando o sol brilha, eles fogem para a sombra: a ideologia do Aquecimento Global**. São Paulo, 2011. Tese apresentada ao departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

SANT’ANNA NETO, João Lima. **A climatologia dos geógrafos: a construção de uma abordagem geográfica do clima**. In: Uma geografia em movimento. 1ed. São Paulo: Expressão Popular, v.1, 2010, p. 295-318.



\_\_\_\_\_. **Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático.** Revista Terra Livre. São Paulo: AGB, v.1, n.20, p.51-63, jan/jul., 2003.